



УЧЕБНИКИ И УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ДЛЯ СТУДЕНТОВ  
ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ



В. П. КОВРИГО, И. С. КАУРИЧЕВ,  
Л. М. БУРЛАКОВА

# ПОЧВОВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ГЕОЛОГИИ

Под редакцией  
доктора сельскохозяйственных наук,  
профессора **В. П. Ковриго**

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



МОСКВА «КОЛОС» 2000

УДК 631.41 (075.8)

ББК 40.3я73

К56

Редактор *А. С. Максимова*

Рецензент доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Т. В. Вологжанина*  
(Пермская государственная сельскохозяйственная академия)

К56 **В.П.Ковриго, И. С.Кауричев, Л. М.Бурлакова**

Почвоведение с основами геологии. — М.: Колос, 2000. — 416 с.: ил. — (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).

ISBN 5—10—003135—2.

Обобщены современные вопросы почвоведения как научной базы устойчивого земледелия. Изложены происхождение и состав минеральной части почв, общая схема почвообразовательного процесса. Приведены состав, свойства почв и почвенные процессы, обуславливающие плодородие. Описаны почвенные зоны, генезис, классификация, агрономическая характеристика почв, пути повышения их плодородия. Освещены рациональное использование, агроэкологическая характеристика почв и их охрана.

Для студентов вузов по агрономическим специальностям.

УДК 631.41 (075.8)

ББК 40.3я73

Учебное издание

Ковриго Вячеслав Павлович, Кауричев Иван Сергеевич, Бурлакова Лидия Макаровна

## ПОЧВОВЕДЕНИЕ С ОСНОВАМИ ГЕОЛОГИИ

*Учебник для вузов*

Художественный редактор *Т. И. Мельникова.*

Технический редактор *Н. А. Зубкова.* Корректор *М. Ф. Казакова*

Лицензия № 010159 от 06.03.97

Сдано в набор 03.12.99. Подписано в печать 06.03.2000. Формат 60×88<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная. Гарнитура Ньютон. Печать офсетная. Усл. печ. л. 25,48. Усл. кр.-отт. 25,48. Уч.-изд. л. 28,57.

Изд. № 110. Тираж 5000 экз. Заказ 1238 «С» № 013.

Федеральное государственное ордена Трудового Красного Знамени  
унитарное предприятие «Издательство «Колос»,  
107807, ГСП-6, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Типография ОАО «Внешторгиздат», 127576, Москва, Илимская, 7.

ISBN 5-10-003135-2



9 785100 031352

ISBN 5—10—003135—2

© Издательство «Колос», 2000

## ПРЕДИСЛОВИЕ



Почвоведение — наука об образовании (генезисе), строении, составе и свойствах почв, закономерностях их географического распространения, о путях рационального использования и повышения плодородия почв с целью получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур и охраны земельных ресурсов. Это одна из основных естественных и агрономических дисциплин.

Почвоведение изучает почвы как природные образования и средство сельскохозяйственного производства. Именно почва является той средой обитания сельскохозяйственных растений, которая обеспечивает получение их урожая. Мощность почвенного покрова в большинстве случаев составляет до 150 см. Этот тончайший слой суши земного шара в основном и кормит, и одевает все человечество. Несмотря на всю важность почвенного покрова для жизни людей, а также большую его общепланетарную роль, почвы часто используют неэффективно, загрязняют и разрушают. А ведь это невозобновляемый дар природы и главное национальное богатство любой страны.

Почвы — важнейший компонент экологической среды, их образование в природе происходит на протяжении десятков и сотен тысяч лет. Человек превратил часть целинных земель в пашню и прервал течение естественных почвенных процессов. Теперь от его агрономической деятельности полностью зависят судьба пахотных почв, их развитие, плодородие и производительность. В настоящее время накоплено много знаний о почвах, позволяющих использовать их с большой эффективностью.

Почвоведение как научная дисциплина сформировалось в России в конце XIX в. благодаря трудам выдающихся русских ученых В. В. Докучаева, П. А. Костычева и Н. М. Сибирица.

Первое научное определение почвы дал В. В. Докучаев. Он считал, что почвой следует называть «дневные» или наружные горизонты горных пород (все равно каких), естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых. Из этого определения становится очевидным, что основой почв являются рыхлые осадочные обломочные горные породы, которые, превращаясь в почвы, претерпели большие изменения под воздействием прежде всего растений и микроорганизмов. При этом возросли доступность и концентрация элементов зольной пищи растений в верхних горизонтах по-

роды, в них появились соединения азота, со временем их содержание стало удовлетворять потребность высших растений в азотном питании.

В почвах образовался гумус — сложное органическое вещество специфической природы, получили развитие поглотительная способность почв, способность почвы обеспечивать растения водой и т. д. Разнообразие растительности и сопутствующих ей живых организмов, климата, рельефа и почвообразующих пород привело к формированию разных почв в природе. В связи с тем что изменения этих природных факторов наблюдаются на равнинных территориях в основном в направлении с севера на юг, а в горных областях зависят от высоты над уровнем моря, сформировались горизонтальные (широтные) и вертикальные почвенные зоны с преобладанием в них определенных типов почв с характерными внешними признаками и агрономическими свойствами.

Почва, по определению П. А. Костычева, — это верхний слой земли до той глубины, до которой доходит главная масса корней растений. Именно на эту глубину поверхностные осадочные обломочные породы претерпели наиболее существенные химические, физические, физико-химические и другие изменения, в результате которых этот слой обеспечивает растения элементами питания и водой.

Почва является сложной системой, состоящей из твердой, жидкой, газовой и живой фаз.

*Твердая фаза* почв (песчаная, супесчаная, суглинистая и глинистая) представляет собой комплекс первичных и вторичных минералов и органического вещества — гумуса. Каждый минерал является природным неорганическим химическим соединением, а гумус — сложным природным органическим соединением.

*Жидкая фаза* почв — это почвенный раствор. Чистой воды в почвах нет. В почвенном растворе находятся элементы питания растений в ионной форме, анионы неорганических и органических кислот и другие компоненты.

*Газовая фаза* почв, или почвенный воздух, близка по составу к атмосферному по содержанию азота и кислорода, но отличается от него постоянным, более высоким содержанием диоксида углерода, наличием в некоторых почвах сероводорода, метана и других газов. Почвенный воздух играет большую роль в питании растений и в окислительно-восстановительных процессах.

*Живая фаза* почв представлена корневыми системами растений, микроорганизмами, насекомыми и животными. В почве протекает активная жизнь. Число микроорганизмов на 1 г почвы измеряется несколькими миллионами, около 95 % всех насекомых проводят всю или часть своей жизни в почвах и т. д. Фазы почв находятся в постоянном химическом взаимодействии друг с другом.

В определении выдающегося почвовода В. Р. Вильямса указывается, что почва — это поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений. Порода бесплод-

на, а почва обладает качественным признаком — плодородием, в связи с этим обеспечивается получение урожая.

Что же такое плодородие почвы? Это комплекс свойств почв, протекающих в почвах процессов, обеспечивающих снабжение растений земными факторами жизни — питательными веществами, водой и частично воздухом и теплом в определенных экологических условиях. Плодородие определяется урожайностью конкретных растений и зависит от их способности усваивать из почвы элементы питания, воду и т. д.

Кроме земных факторов жизни растений имеются еще космические: свет, тепло и воздух, которые человечество пока не научилось в полной мере эффективно использовать в земледелии. Так, солнечная радиация используется многими культурными растениями для фотосинтеза приблизительно на 2 %. Для лучшего потребления растениями солнечного света, тепла необходимо повышать плодородие почв.

Для проведения мероприятий по повышению плодородия почв нужно знать их химический состав, физические, физико-химические, воздушные, водные, тепловые и другие свойства, состав почвенных растворов, различные виды режимов и процессов, протекающих в почвах, их сочетание в почвах разных природных зон, необходимое оптимальное сочетание для получения высоких урожаев и пути создания этих условий в агрономической практике. Высокие стабильные урожаи можно получить только при осуществлении комплекса агромероприятий по регулированию всех параметров плодородия почв, так как они взаимозависимы, равнозначны и незаменимы. Обо всем этом можно узнать из данного учебника, но это будет нелегко, так как почвоведение использует знания многих дисциплин: химии, физики, ботаники, физиологии растений, микробиологии, геологии, метеорологии и других фундаментальных наук. Кроме того, в рассмотрении свойств почв, протекающих в них абиотических и биологических процессов имеется своя специфика.

Почвоведение является научной основой для важнейших агрономических дисциплин — агрохимии, земледелия, сельскохозяйственной мелиорации, растениеводства, овощеводства и плодоводства. Знания по почвоведению необходимы и для решения экологических проблем.

Главы и разделы учебника написаны следующими авторами: профессором В. П. Ковриго — «Предисловие», «Возникновение и краткая история развития почвоведения», главы 1—5, 7—9, 13, 17, 18, 21 (кроме «Болотно-подзолистых и мерзлотно-таежных почв»), 22, 25, 33, 36; профессором И. С. Кауричевым — главы 6, 11, 15, 16, 19, 20, в главе 21 — «Болотно-подзолистые и мерзлотно-таежные почвы», 23, 30—32, 34, 38, 40; профессором Л. М. Бурлаковой — главы 10, 12, 14, 24, 26—29, 35, 37, 39.

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ И КРАТКАЯ ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОЧВОВЕДЕНИЯ



Упоминания о почвах, их описание, особенности земледельческого использования, характеристика производительности почв встречаются уже в древних рукописях и сочинениях. Однако потребовалось несколько тысяч лет для накопления знаний о почвах, прежде чем в конце XIX в. сформировалась сама наука о почвах — почвоведение. И. А. Крупеников (1981), изучавший историю почвоведения с древнейших времен до наших дней, выделил условно десять этапов становления и развития науки о почвах.

1. Период первичного накопления разрозненных фактов о свойствах почв, их плодородии и способах обработки относится ко времени неолита и бронзы, около 10 тыс. лет до н. э., когда зарождалось земледелие и человек начал сопоставлять почвы по их способности давать урожай.

2. Последующий период, продолжавшийся несколько тысячелетий до н. э., в который была выработана определенная система использования почв в богарном и орошаемом земледелии. Почвы различались по качеству; потребовалось создание примитивного земельного кадастра для дифференцированного налогообложения на землю. В связи с этим необходимо сказать о египетских папирусах и стеллах с описанием качества земли. Это «Бруклинский папирус» и «Палермский камень», относящиеся к 3,5—3 тысячелетиям до н. э., а также «Кодекс Хаммурапи», являющийся первым известным земельно-водным законодательством вавилонского царя Хаммурапи.

3. В период первичной систематизации знаний о почвах, продолжавшийся с VIII в. до н. э. по III в. н. э., выходят трактаты Феофраста, Катона, Плиния, в которых постигалось существо почв как природных явлений. Особое значение имели труды Колумеллы, которого иногда называют «Докучаевым античного мира». Колумелла свои обширные знания по земледелию изложил в трактате «О сельском хозяйстве», который, по существу, явился первой в мире сельскохозяйственной энциклопедией с разнообразными сведениями о почвах различных территорий, их плодородии, классификации, обработке и удобрении. Примеры удобрений почв даны Варроном, вопросы общей географии почв отражены в тру-

дах Геродота и Страбона, представления о почвах включены в философские (Лукреций) и религиозные концепции.

4. Период интенсивных земельно-кадастровых работ эпохи феодализма связан с описанием почв как земельных угодий для установления феодальных повинностей и привилегий. К работам этого периода относятся китайские кадастры, «Геопоники» в Византии, землеоценочные акты в Германии, Англии, Франции и других странах Западной Европы, «Писцовые книги» в России, оценка почв в Литве, Белоруссии и Украине (VI—XVI вв.). К концу периода появились первые представления о потреблении растениями солей из почвы (Бернар Палисси во Франции); проходили споры о том, является ли почва только «опорой» для растений или она их «питает» водой и солями (Френсис Бекон в Англии); Леонардо да Винчи предположил, что образование почвы происходит под воздействием растений.

5. Период зарождения современных представлений о плодородии почв, об их связи с горными породами. А. Тюрго (Франция) выступил с обоснованием закона убывающего плодородия почв (1766), Н. Валериус (Швеция) выдвинул гипотезу гумусового питания растений (1761), Ф. Ахард (Германия) разработал принцип метода изучения гумусовых веществ извлечением их из почвы щелочью и осаждением серной кислотой (1786), который используют и в настоящее время. Появились новые идеи о происхождении почв, особенно в трудах русских ученых — академиков М. В. Ломоносова, П. С. Палласа, И. А. Гюльденштедта. М. В. Ломоносов в своих работах «О слоях земных» (1763), «Слово о явлениях воздушных» (1753) высказал современные для будущего XIX в. взгляды на почву и природу питания растений. Он считал, что почвы являются продуктом воздействия растений на горные породы. Его мысль о воздушном питании растений была подтверждена Дж. Пристли (1771), Ян. Ингенг-Хаузом (1779) и Ж. Сенебье (1782), а в 1868 г. экспериментально доказана выдающимся русским ученым К. А. Тимирязевым, создавшим теорию фотосинтеза.

В 1765 г. в Петербурге было создано Вольное экономическое общество (ВЭО), которое публиковало труды по различным вопросам агрономии, в том числе по улучшению почв. Оно сыграло ведущую роль в осуществлении первых научных работ В. В. Докучаева — основателя почвоведения. Исследователей почв особенно интересовали самые плодородные почвы России — черноземы. В 1771 г. М. И. Афонин, обобщив имевшиеся к тому времени сведения о черноземах, дал первую их классификацию и систематизированные рекомендации по повышению плодородия.

6. Период развития агрогеологии и агрокультурхимии предшествовал периоду становления почвоведения как самостоятельной науки и связан с распространением капиталистического производства в земледелии Европы в XIX в.

Этот период характерен тем, что были опубликованы работы ученых — основателей агрохимии (М. Э. Вольни, А. Д. Тэер, Г. Дэви, М. Г. Павлов, Я. Берцелиус, Ю. Либих, Ж. Б. Буссенго), которые на основе изучения почв рассматривали питание растений как процесс использования ими «солей» почвы. Большой вклад в накопление и развитие агрономических знаний и знаний о почвах внес выдающийся русский агроном А. Т. Болотов. Он указал на необходимость изучения свойств разных почв, чтобы правильно подходить к их земледельческому использованию.

Русский исследователь И. И. Комов придавал большое значение гумусу в формировании плодородия почв и питанию растений.

В 1837 г. в монографии К. Шпренгеля «Почвоведение или наука о почве» впервые было использовано слово «почвоведение». Однако в то время почвы все еще рассматривались наукой геологией. В результате же накопления знаний о почвах становилось все более очевидным, что почвы существенно отличаются от горных пород как по образованию, так и по свойствам.

7. Период создания современного генетического почвоведения. В 1851 г. была составлена почвенная карта европейской части России под руководством К. С. Веселовского, в 1866 г. — под руководством Ф. И. Рупрехта, в 1869 г. — И. И. Вильсона, в 1879 г. — В. И. Чаславского. В этот период усиленно изучают почвы. Выдающиеся работы выполняет В. В. Докучаев (1846—1903). В 1883 г. вышел в свет его классический труд «Русский чернозем», в котором были сформулированы основные положения науки о почвах. Этот год считается годом выделения почвоведения в самостоятельную науку.

Работа В. В. Докучаева заложила основу современного генетического почвоведения: учения о природных и почвенных зонах, о факторах почвообразования, понятия о почве как особом естественно-историческом теле природы, профиль которой состоит из слоев, сформировавшихся под влиянием определенных процессов. В. В. Докучаевым предложена первая генетическая классификация почв (1886). Изучение почв он тесно увязывал с запросами земледелия. В работе «Наши степи прежде и теперь» (1892) он изложил мероприятия по преобразованию степей, привел комплекс мер по борьбе с засухой, улучшению водного режима почв и созданию устойчивого к засухам степного земледелия. Эти идеи получили практическое развитие в России особенно в послевоенное время, после 1945 г. Под руководством и при непосредственном участии В. В. Докучаева в 1884—1894 гг. выполнены фундаментальные работы по оценке земель Нижегородской и Полтавской губерний. Он составил первую обзорную почвенную карту мира, основал первую в России кафедру почвоведения в Ново-Александрийском сельскохозяйственном институте (1895), которую возглавил его ученик и соратник Н. М. Сибирцев (1860—1900). Н. М. Сибирцев написал первый учебник по почвоведению, изданный в 1900 г. В

нем сформулированы основные положения новой науки и их агрономическое значение.

В одно время с В. В. Докучаевым крупные работы по почвоведению выполнял П. А. Костычев (1845—1895). Он изучил условия разложения растительных остатков в почве и роль в этом процессе микроорганизмов, указал на значение водопрочной структуры в плодородии почв и на роль гумуса в ее образовании, тесно увязал приемы по возделыванию сельскохозяйственных культур со свойствами почв.

С В. В. Докучаевым вместе и самостоятельно работали его последователи и ученики, крупные исследователи почв, многие из которых стали в последующем академиками с мировым именем, основателями новых наук и научных направлений: Ф. Ю. Левинсон — Лессинг, П. А. Землячский, П. Ф. Бараков, А. Н. Краснов, В. И. Вернадский, Г. И. Танфильев, Г. Н. Высоцкий, К. Д. Глинка, С. А. Захаров, Н. А. Димо, Л. И. Прасолов, Б. Б. Полюнов и др.

В 1894 г. в Петровской земледельческой и лесной академии (ныне Московская сельскохозяйственная академия им. К. А. Тимирязева) была создана кафедра почвоведения, которую возглавил В. Р. Вильямс (1863—1939), развивший генетико-агрономическое направление в почвоведении. Он указывал на ведущее значение растительных формаций как природных сообществ высших зеленых растений и микроорганизмов в формировании генетического профиля почв и их плодородия. В. Р. Вильямс обосновал учение о едином почвообразовательном процессе, развил теорию о подзолистом, дерновом и болотном процессах, показал роль в этих процессах гумусовых веществ. Он стремился глубже понять сущность почвенного плодородия и возможность его регулирования агротехническими и мелиоративными методами. Ему удалось тесно соединить знания о почвах с запросами земледелия в учебнике «Почвоведение», выдержавшем пять изданий и являвшемся многие годы настольной книгой агронома. В. Р. Вильямс создал при кафедре уникальный музей почв.

С 1899 г. в Москве начал издаваться отечественный научный журнал «Почвоведение».

В 1900 г. А. Н. Сабанин приступил к чтению курса почвоведения в Московском университете. П. С. Коссович (1862—1915), работавший в Лесном институте в С.-Петербурге, в 1903 г. издал учебник по почвоведению, написанный им на основе генетических концепций В. В. Докучаева. П. С. Коссович являлся одним из основоположников изучения физических и химических свойств почв, развил оригинальные идеи по вопросам почвообразования, классификации и эволюции почв.

В 1908 г. вышел в свет учебник К. Д. Глинка (1867—1927), сыгравший особенно важную роль в распространении докучаевских идей. В последующие годы XX в. многие ученые внесли существенный вклад в создание учебников по почвоведению, в которых

идеи В. В. Докучаева получили дальнейшее развитие (С. А. Захаров, И. В. Тюрин, А. А. Роде, Д. С. Виленский, Л. П. Розов, И. И. Плюснин, И. Ф. Голубев, А. Н. Соколовский, И. С. Кауричев с соавторами, В. А. Ковда и Б. Г. Розанов с соавторами и др.).

В 1904 г. в С.-Петербурге при Вольном экономическом обществе по проекту В. В. Докучаева был организован Центральный музей почвоведения.

Наряду с Россией почвоведение бурно развивалось и в других странах. В США почвенную школу основал Е. В. Гильгард, автором первой систематики американских почв и организатором почвенной службы США стал М. Уитни. Развитие почвоведения в Европе связано с именами Э. Раманна в Германии, Ю. Шлезинга во Франции, Г. М. Мургочи в Румынии, Н. П. Пушкарова в Болгарии, П. Трейца и А. Зигмонда в Венгрии, С. Миклашевского в Польше, И. Конецкого в Чехословакии, Б. Аарнио и Б. Фростеруса в Финляндии.

Несмотря на получившие признание в почвоведении докучаевские генетические концепции, агрогеологическое направление в науке все еще было широко распространено, что проявилось в проведении Международных агрогеологических конгрессов в 1909 и 1910 гг.

8. Период развития докучаевского почвоведения отмечен крупными работами ученых России.

Классические исследования провел К. К. Гедройц (1872—1932), изучавший поглотительную способность почв и их коллоидные свойства, на основе которых он обосновал мероприятия по известкованию и фосфоритованию кислых почв, гипсованию солонцов.

Выполнены фундаментальные работы по изучению органического вещества почвы (И. В. Тюрин, М. М. Кононова, Л. А. Александрова, И. С. Кауричев, Д. С. Орлов, Л. А. Гришина), минералогического состава и коллоидной химии почв (Н. И. Горбунов, Н. П. Ремезов, А. Н. Соколовский, А. Ф. Тюлин, И. Н. Антипов — Каратаев, С. Н. Алешин, Е. И. Парфенова, Е. А. Ярилова), гранулометрического состава и структуры почв (В. Р. Вильямс, Н. И. Саввинов, Н. А. Качинский), физики почв (И. Б. Ревут, С. Ф. Нерпин, А. Ф. Чудновский), водных свойств и водных режимов (А. Ф. Лебедев, С. И. Долгов, А. А. Роде), почвенных растворов (П. А. Крюков, И. Н. Скрынникова, Е. И. Шилова), почвенного воздуха (И. П. Гречин, Н. П. Поясов, Б. Н. Макаров, Е. И. Шилова, И. Н. Николаева), тепловых свойств и тепловых режимов почв (А. М. Шульгин, В. Н. Димо).

Обстоятельно изучены вопросы микробиологии почв (С. Н. Виноградский, Е. Н. Мишустин, Т. В. Аристовская, М. Ф. Федоров), почвенной энзимологии (В. Ф. Купревич, Т. А. Щербакова, А. Ш. Галстян, Л. Ф. Васюк, Ф. Х. Хазиев, К. А. Козлов), экологии почв (В. Р. Волобуев).

Опубликованы крупные работы по географии и картографиро-

ванию почв (С. С. Неуструев, И. П. Герасимов, К. П. Горшенин, М. М. Филатов, А. А. Красюк, М. А. Глазовская, Г. В. Добровольский), структуре почвенного покрова (В. М. Фридланд), бонитировке почв (Ф. Я. Гаврилюк, С. Н. Тайчинов), почвенно-географическому и природно-сельскохозяйственному районированию земельного фонда бывш. СССР (Н. Н. Розов, Е. Н. Иванова, Д. И. Шашко, А. Н. Каштанов и др.), эрозии почв и борьбе с ней (Н. И. Сус, С. С. Соболев).

Изданы фундаментальные монографии Е. В. Лобовой «Почвы пустынной зоны СССР» (1960), С. П. Яркова «Почвы лесостепной зоны СССР» (1961), Я. В. Пейве «Биохимия почв» (1961), В. В. Пономаревой «Теория подзолообразовательного процесса» (1964), В. А. Ковды «Основы учения о почвах» в двух книгах (1973), Д. С. Орлова «Химия почв» (1985) и др.

Издан трехтомник «Почвы СССР» (1939) с обстоятельной характеристикой почв европейской части СССР, многотомник «Агрохимическая характеристика почв СССР» (1962—1976), в котором в соответствии с административным делением бывш. СССР описаны природные условия почв и агрохимические приемы повышения их плодородия. Среди крупных трудов следует отметить многотомник «Агрофизическая характеристика почв разных природных зон СССР» (1976—1982), «Черноземы СССР» (1974), «Подзолистые почвы центральных и восточных частей европейской территории СССР» (1980, 1981), «Почвы Забайкалья» (1964) и др. Опубликовано большое количество работ, характеризующих почвы отдельных республик и административных областей Российской Федерации.

Почвоведы бывш. СССР приняли в 60-х годах активное участие в составлении проектов освоения целинных и залежных земель Казахстана. Важным событием в нашей стране были создание в Ленинграде (1927) Почвенного института им. В. В. Докучаева в системе Академии наук СССР (с 1934 г. он находится в Москве), первой кафедры почвоведения в Московском университете в 1922 г. и организация Всесоюзного общества почвоведов в 1939 г.

9. Период лидирующего положения в мире докучаевского учения о почвах. Распространение докучаевского учения в других странах привело к развитию международного сотрудничества в области почвоведения, созданию в 1924 г. Международного общества почвоведов, первым президентом которого был избран К. Д. Глинка. Международное общество провело с 1927 по 1994 г. пятнадцать международных конгрессов.

В этот период проходило интенсивное исследование почвенного покрова бывших колониальных и полуколониальных стран Африки, Азии и Южной Америки, создавались национальные кадры почвоведов в результате международной помощи по линии ООН (ФАО, ЮНЕСКО, ВМО и др.) и по линии двустороннего сотрудничества стран. По инициативе и при непосредственном участии

российских почвоведов было организовано создание международного проекта почвенной карты мира в масштабе 1:5 000 000. Ее составление начали в 1960 г. и закончили в 1978 г.

Кроме международных конгрессов проводились международные конференции, координационные совещания с экскурсиями по различным направлениям почвоведения. Создан Международный почвенный музей в Амстердаме с богатой коллекцией почв стран мира. В крупнейшем в России почвенно-агрономическом музее им. В. Р. Вильямса в Московской сельскохозяйственной академии открылась экспозиция почв зарубежных стран.

Большое количество работ почвоведов разных стран было переведено на все основные языки мира. В результате сложились новые представления о распространении, генезисе и классификации почв некоторых стран и континентов, стали известны новые типы почв. В изучение почв мира, в составление мировой почвенной карты большой вклад внесли российские почвоведы — М. А. Глазковская, Н. Н. Розов, В. Г. Зольников, С. В. Зонн и др.

10. Период работ по охране и рациональному использованию почвенного покрова включает последнее время, когда возникли серьезные экологические проблемы, связанные с разрушением, деградацией и загрязнением почв. Эти проблемы подверглись серьезному обсуждению на всесоюзных съездах и международных конгрессах почвоведов, начиная с десятого, который проходил в Москве в 1974 г. Были приняты Стокгольмское воззвание по проблемам окружающей среды (1972), Самаркандское воззвание по земельным ресурсам мира (1976), Всемирный план действий по борьбе с опустыниванием (1977), Всемирная почвенная хартия (1981), Основы мировой почвенной политики (1982). Разработано большое число международных проектов в организациях системы ООН: карта деградации почв мира, социально-экономические аспекты потерь почв, классификация почв мира, проекты оказания помощи развивающимся странам по охране и рациональному использованию почвенного покрова.

В России создана Государственная служба по охране окружающей среды, в том числе почвенного покрова. Разрабатываются инструментальные экспресс-методы слежения за изменением плодородия почв (в системе почвенного мониторинга), составлены областные карты эродированности почв и генеральные проекты противоэрозионных мероприятий. Областные агрохимические центры России начали работы по выявлению загрязнения почв тяжелыми металлами и разработке мероприятий по борьбе с загрязнением.

Рассматривая историю почвоведения, мы убедились в том, что развитие науки о почве было тесно связано с решением производственных задач по получению необходимой растениеводческой продукции. Эти задачи остаются центральными и в настоящее время, но перед почвоведением стоят проблемы более углубленного

изучения свойств почв и почвенных процессов, так как знания о них составляют научную основу для разработки новых, более эффективных агроприемов по повышению плодородия почв. Агроприемы должны обеспечивать бездефицитный баланс почвенного гумуса и улучшение его качественного состава; максимальное использование растениями почвенного биологического азота; повышение доступности растениям элементов питания, находящихся в твердой фазе почв и вносимых с удобрениями; сбалансированное питание растений; повышение катионной и анионной емкости почвенного поглощающего комплекса; оптимизацию ионообменного, окислительно-восстановительного, кислотнo-щелочного, водного, температурного, воздушного и других режимов почв.

Из настоящего учебника студенты узнают обо всех этих свойствах почв и режимах, а это поможет им осмыслить сильные и слабые стороны современных агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур и, возможно, внести предложения по их совершенствованию. Надо всегда иметь в виду, что повышение плодородия почв может ограничиваться только недостатком наших знаний, недобросовестностью и несвоевременностью проведения агротехнических мероприятий.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие основные периоды развития почвоведения вы знаете? Охарактеризуйте эти периоды. 2. Какие главные задачи решает почвоведение на современном этапе?

## Раздел I

# ПОЧВЫ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЧЕЛОВЕКА. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВЫ. СХЕМА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ



Курс «Почвоведение с основами геологии» начинают с изучения строения Земли, далее рассматривают процессы происхождения минералов и горных пород и их превращения в рыхлые массы обломочных осадочных пород, которые послужат основой для образования почв. Первые почвы появились тогда, когда возникла жизнь на Земле. Почвообразование неоднократно прерывалось геологическими процессами, совершавшимися в земной коре, а также под влиянием геологической деятельности ветра, моря, рек, ледников и ледниковых вод.

Глубокие изменения пород под влиянием живых организмов (растительных и животных), климата и других природных факторов привели к образованию современных почв, обладающих комплексом специфических свойств. Этот комплекс свойств обеспечивает получение урожая растений и называется *плодородием*. Разное сочетание природных факторов на той или иной поверхности суши приводило к изменению направления процессов почвообразования и формированию разных почв, различающихся по плодородию.

## Глава 1

### СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ, РОЛЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЕЕ ЖИЗНИ

#### 1.1. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ И ЗЕМНОЙ КОРЫ

Планета Земля, как и другие планеты Солнечной системы, имеет ярусно-оболочечное строение и состоит из нескольких неоднородных геосфер (рис. 1). Различают внешние геосферы (атмосфера, гидросфера) и внутренние (земная кора, мантия и ядро). Оболочки Земли находятся в сложном взаимодействии.

*Атмосфера* — газообразная оболочка Земли в приземных слоях,

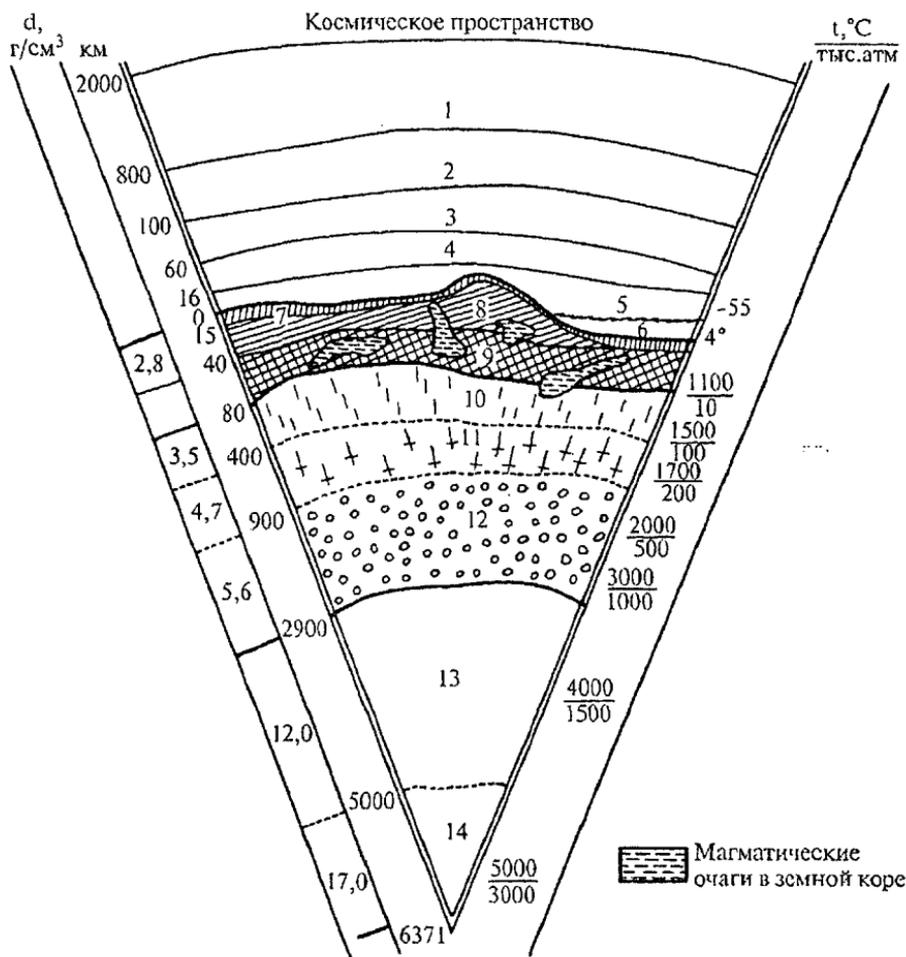


Рис. 1. Схема строения Земли:

внешние геосферы: атмосферы (тропосфера — 5, стратосфера — 4, мезосфера — 3, термосфера — 2, экзосфера — 1), гидросфера — 6; внутренние геосферы: земная кора (слой осадочных пород — 7, гранитный слой — 8, базальтовый слой — 9), мантия (верхняя — 10, средняя — 11, нижняя — 12), ядро (внешнее — 13, внутреннее — 14)

состоит из азота — 78,08 %, кислорода — 20,95, аргона — 0,92, диоксида углерода — 0,04 и других газов — 0,01 %. Основная масса воздуха атмосферы ( $\frac{9}{10}$ ) сосредоточена в тропосфере, в слое 0...10—16 км. Отдельные ионы воздуха обнаружены на высоте около 2000 км от поверхности земной коры, а выше находится космическое пространство. На высоте 20—25 км расположен озоновый

слой, который предохраняет все живые организмы на Земле от вредного коротковолнового излучения Солнца. Температура воздуха в тропосфере до высоты примерно 12 км понижается на 5—6 °С на каждый километр. Уровень 12 км называют тропопаузой. Температура на этом уровне составляет около -50—-60 °С, выше она повышается, а далее снова понижается. Из общего количества излучения, испускаемого Солнцем в сторону Земли, 69 % расходуется на нагревание атмосферы, поверхности материков и океанов, всего 1—2 % используется растениями в фотосинтезе, а остальная энергия отражается в космическое пространство. В атмосфере всегда присутствуют пыль различного происхождения, водяной пар, промышленные думы, вулканические выделения и другие компоненты, которые мигрируют в составе перемещающихся воздушных масс.

Газовый состав атмосферы примерно 3—3,5 млрд лет тому назад был совсем иным. Основными компонентами приземного воздуха были  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$ . Постепенное его изменение и современный состав стали возможными только с появлением жизни на Земле, в основном под влиянием живых организмов.

Гидросфера включает океаны, моря, озера, реки, ледяные пространства (подземные воды сюда не входят) и покрывает прерывистой оболочкой около 71 % поверхности Земли. Средняя плотность гидросферы 1,03 г/см<sup>3</sup>. Концентрация солей в Мировом океане примерно 3,5 %. В разных морях концентрация солей неодинакова, например, в Средиземном море — около 3,9 %, в Балтийском — 0,7, в Черном море — 1,8 %. В воде океанов, морей и соляных озер растворено около 22 млн км<sup>3</sup> солей. Таким количеством соли можно покрыть поверхность земного шара слоем толщиной более 50 м. В морской и океанической воде содержится в среднем (в %):  $\text{NaCl}$  — 78,  $\text{MgCl}_2$  — 10,  $\text{MgSO}_4$  — 4,7,  $\text{CaSO}_4$  — 3,6,  $\text{K}_2\text{SO}_4$  — 2,5,  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$  — 0,3 и др. Из газов в Мировом океане преобладают азот и кислород. Средняя минерализация воды рек составляет всего 90 мг/л (по ионному составу), в основном гидрокарбонатная ( $\text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^-$ ), в противоположность сульфатно-хлоридному составу вод морей и океанов.

Земная кора состоит из трех слоев, в которых по происхождению преобладают те или иные горные породы: слой осадочных пород мощностью до 15 км, ниже — гранитный слой до 40 км и еще ниже — базальтовый слой до 80 км (см. рис. 1). Границы между ними условные. Для каждого слоя характерны определенные скорости прохождения сейсмических волн. Нижние зоны земной коры в связи с высокими температурами характеризуются присутствием очагов расплавленных минеральных масс (магмы). Под влиянием высокого давления происходят процессы метаморфизма, т. е. уплотнения минеральных образований с созданием иных кристаллических структур с новыми физическими свойствами.

Осадочный и гранитный слои иногда называют «сиаль», в них

преобладают минералы с более высоким содержанием кремния и алюминия, а базальтовый слой с выраженным силикатно-магнезиальным составом минералов называют «сима».

Различают два наиболее распространенных типа земной коры: континентальный и океанический. Континентальный тип состоит из трех главных слоев — осадочного, гранитного и базальтового, а океанический — из осадочного и базальтового. Однако такую классификацию типов земной коры некоторые ученые оспаривают. Они считают (Афанасьев и др.), что кора едина, как правило, состоит из трех слоев и различается только по мощности.

Мантия — это мощная оболочка Земли, залегающая ниже земной коры. Граница между ними проходит по линии Мохоровичича (Мохо), по которой скорость сейсмических волн скачкообразно возрастает с 6—6,5 до 8,2 км/с. По скорости прохождения сейсмических волн собственно мантию подразделяют на 3 зоны: верхнюю, среднюю и нижнюю. Верхняя мантия, называемая часто субстратом, вместе с земной корой образует литосферу — самую жесткую оболочку Земли, ниже которой находится близкий к расплавлению слой пониженной прочности — астеносфера. В нижней мантии температура достигает 3000 °С, а давление — 1 млн атм, под влиянием которого происходят активные метаморфические процессы. До сих пор нет достоверных материалов о составе пород мантии. Предположительно это рудная оболочка с включением сильно метаморфизованных минералов и пород, имеющих особенно плотную кристаллическую упаковку.

Ядро по своему составу, вероятно, является близким к железным метеоритам и представлено железоникелевым сплавом (железа примерно 89 %, никеля — 7, FeS — 4 %). Ядро иногда называют тяжелой сферой или «нифе» (Ni, Fe). В зависимости от скорости распространения сейсмических волн выделяют внешнее и внутреннее ядро.

Биосфера, или зона жизни, — это особая оболочка Земли, охватывающая тропосферу (до 12—16 км), всю гидросферу и верхние слои (3—4 км) осадочных пород земной коры. В. И. Вернадский считал, что важнейшими свойствами биосферы являются: существование живых организмов (микроорганизмов, насекомых, растений, животных и др.); тесная связь живых существ с окружающей средой; постоянный материально-энергетический обмен ее с космосом; подвижное динамическое равновесие.

Под влиянием живых организмов образуются биогенные минералы и породы (фосфориты, селитры, известняки, торф, сапропель, горючие газы и сланцы, уголь и нефть), в которых аккумуляровано большое количество солнечной энергии и химических элементов. В результате жизненных процессов накапливаются кислоты и диоксид углерода, устанавливается их определенное содержание и соотношение в атмосфере, под влиянием растительности регулируется круговорот воды в природе, увеличивается со-

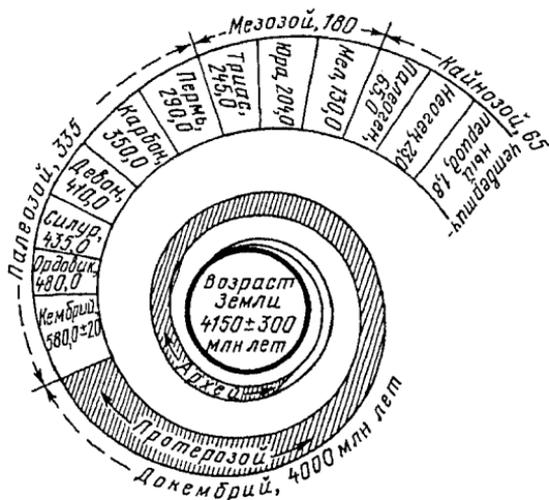


Рис. 2. Геохронологическая шкала истории Земли (по Ф. Ф. Давитая):

внешние слова обозначают названия эр и их длительность, млн лет; внутренние слова в спирали и цифры — краткие названия геологических периодов и их рубежи, млн лет назад

держание минеральных элементов питания растений в верхних горизонтах осадочных пород в результате малого биологического круговорота веществ в природе и т. д.

Возникновение биосферы и ее развитие связаны с возникновением и развитием жизни на Земле. Наиболее древние следы жизни в виде бактерий и синезеленых водорослей обнаружены в осадочных и метаморфизованных горных породах, образовавшихся в архейскую эру (рис. 2). В протерозой живые организмы стали более разнообразными. Кроме бактерий и водорослей встречались статоолиты и бесскелетные животные — кишечнополостные. В палеозойскую эру, в силурийский геологический период, появились споровые растения, в период девона — голосеменные, а в пермский период — покрытосеменные растения. Постепенно шло эволюционное развитие животных организмов, в том числе позвоночных: от рыб к человеку.

Современный растительный и животный мир окончательно сформировался в последний — четвертичный — геологический период кайнозойской эры. В этот период образовались современные ландшафтные зоны, появился человек. В геологические периоды развития жизни происходили также большие изменения в географических очертаниях материков и характере их поверхности. В поверхностном слое осадочных пород сформировались совершенно уникальные природные образования — почвы, без которых невозможно существование жизни на Земле.

## 1.2. РОЛЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЖИЗНИ ЗЕМЛИ

Почвенный покров (педосфера), играя общепланетарную роль, находится в тесной взаимозависимости и постоянном взаимодействии с земной корой, живым населением планеты, гидросферой и атмосферой, играя общепланетарную роль.

Значение почвенного покрова заключается в следующем.

1. В аккумуляции энергии. Ежегодно вся наземная растительность, произрастающая на почвах, аккумулирует в результате фотосинтеза  $0,5 \cdot 10^{15}$  кВт·ч солнечной энергии. Годовой расход этой энергии человечеством в виде топлива, пищи и кормов составляет  $7,0 \cdot 10^{12}$  кВт·ч. Кроме того, в пределах  $16,2 \cdot 10^{12}$  кВт·ч каждый год расходуется ранее накопленная живыми организмами энергия (уголь, торф, нефть, горючие сланцы и др.). В связи с этим может образоваться дефицит энергии, поэтому ученые занимаются поиском дополнительных ее источников (ядерная, ветра, рек и др.). Так как использование дополнительных источников энергии в мире невелико, то почвы еще долго будут оставаться главным поставщиком трансформированной энергии Солнца.

2. В нормальном функционировании биосферы, так как почвенный покров является ее наиболее активной частью. Достаточно сказать, что в 1 г почвы насчитывается не одна сотня миллионов микроорганизмов. Жизнь всех насекомых в той или иной мере связана с почвой; все наземные животные в конечном итоге получают пищу благодаря почвам, которые являются местом обитания всех наземных растений. Выделения живыми организмами в окружающую среду продуктов жизнедеятельности и обмена веществ, поступление органических и минеральных соединений, образующихся при их гниении после смерти, со временем значительно изменяют химический состав воздуха, воды и минеральной массы биосферы.

3. В поддержании определенного газового режима атмосферы Земли, содержания в ней кислорода, азота, диоксида углерода, водорода и паров воды. Газовый режим атмосферы регулируется системой: растения — животные, микроорганизмы — почвы, а также Мировым океаном.

4. В круговороте воды на земном шаре, включающем как важнейшее звено почвенную влагу. На почвы выпадает огромное количество атмосферной влаги; одна часть ее в результате физического испарения и транспирации растений снова поступает в атмосферу, другая — стекает в реки или, фильтруясь через почвы и верхние пласты осадочных пород, пополняет грунтовые воды, которые, обнажаясь, вытекают в виде бьющих из земли ключей. Ключевые и делювиальные воды приносят в реки большое количество минеральных соединений, пополняя ими моря и океаны, оказывая влияние на состав их воды и донных отложений. Наряду с

почвенным покровом огромное влияние на круговорот воды на земном шаре оказывает гидросфера.

5. В формировании осадочных пород земной коры и изменении их минералогического состава. Почвообразовательные процессы на Земле и одновременно идущие с ними процессы выветривания минералов и горных пород продолжались миллионы лет. За это время в верхней части земной коры сформировался мощный пласт осадочных пород континентального и морского происхождения. В большей или меньшей степени они испытали на себе прямое действие почвенного покрова, древней растительности и животного мира соответствующих геологических периодов. Происходило постепенное оглинивание рыхлых масс осадочных пород, образование вторичных минералов (кварца, лимонита и др.), неоднократное переотложение осадочных пород природными факторами с включением в их состав органических веществ и соединений минерального азота почвенного происхождения. Образование некоторых полезных ископаемых (торфа, болотной руды и др.) — непосредственный результат почвенных процессов.

6. В обеспечении основных условий существования человека, так как только почвы обладают плодородием и способностью производить урожай растительного вещества — основного энергетического биологического продукта, употребляемого человеком в пищу. Часть растительной массы, преобразованная животными организмами, также потребляется человеком в пищу. Растительные и животные сырьевые ресурсы широко используют для бытовых нужд и в промышленности.

Свойства почв и пород учитывают при строительстве зданий и сооружений, дорог, аэродромов и т. д., они значительно влияют на здоровье человека. Так, недостаток или избыток некоторых элементов в почвах сказывается на содержании этих элементов в растительной и животной пище и вызывает различные заболевания. Например, недостаток йода вызывает заболевание щитовидной железы, цинка — кожные заболевания и т. д. От свойств почв зависят последствия техногенного и радиоактивного загрязнений территории. Необходимо также учитывать, что в почвах содержатся опасные для человека патогенные микроорганизмы.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какое строение имеет планета Земля? Охарактеризуйте ее геосферы. 2. Что такое биосфера и какое значение она имеет в жизни Земли? 3. Что отражает геохронологическая шкала истории Земли? 4. Какую роль играет почвенный покров в жизни Земли и человека?

## ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ

Планета Земля состоит из минералов и горных пород. Они являются основой почв и определяют многие их свойства. Поэтому для почвоведения чрезвычайно важны знания о распространении, образовании минералов и горных пород, их свойствах и изменениях во времени. В данной главе рассмотрены в основном минералы и горные породы, образовавшиеся в земной коре и гидросфере. Наиболее распространенные минералы и горные породы, составляющие твердую фазу почв, изучают на практических занятиях.

## 2.1. ПОНЯТИЯ О МИНЕРАЛАХ И ГОРНЫХ ПОРОДАХ

*Минерал* — это природное химическое соединение, реже — самородный элемент. Минералы могут быть твердыми, жидкими и газообразными, например кварц ( $\text{SiO}_2$ ), оливин  $[(\text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{SiO}_4)]$ , микролин  $[(\text{K}, \text{Na})(\text{AlSi}_3\text{O}_8)]$ , доломит  $[\text{Ca}, \text{Mg}(\text{CO}_3)_2]$ , гематит ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), гипс ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), галит ( $\text{NaCl}$ ), сера ( $\text{S}$ ), вода ( $\text{H}_2\text{O}$ ), диоксид углерода ( $\text{CO}_2$ ) и др.

*Горная порода* состоит из нескольких или одного минерала, занимающего значительное пространство. Например, гранит состоит в основном из кварца, полевого шпата и слюды; рыхлые горные породы — суглинки — представлены обломками  $\leq 1$  мм большого количества минералов; пласты минерала галита многометровой мощности.

Минералы и горные породы изучаются геологическими науками — минералогией и петрографией. Они вместе с геохимией рассматривают материальный состав Земли.

*Минералогия* изучает состав, химические и физические свойства минералов, их происхождение, процессы изменений и превращений в другие минералы, а также взаимоотношения одних минералов с другими в минеральных месторождениях или горных породах. Задачей *петрографии* (от греческого слова «петра» — камень) является изучение минерального состава пород, их строения, сложения, условий залегания, распространения, происхождения и образования различных полезных ископаемых.

В настоящее время известно около 2800 минералов, но распространены они неодинаково. Минералы, наиболее часто встречающиеся и образующие основу многих горных пород, называют *породообразующими*.

Содержание породообразующих минералов в земной коре  
(по А. Е. Ферсману)

Название минерала	% по массе
Полевые шпаты	55,0
Пироксены и амфиболы	15,0
Кварц и его разновидности	12,0

Вода в свободном и поглощенном состоянии	8,25
Слюда	3,0
Оксиды и гидроксиды	3,0
Глинные минералы	1,5
Кальцит	1,5
Фосфаты	0,75

Наибольшее распространение получили минералы, содержащие кислород, кремний и алюминий, так как эти элементы преобладают в земной коре — 82,58 %. Первые двенадцать элементов составляют 99,29 %, а на все остальные приходится всего 0,71 %.

#### Среднее содержание элементов в земной коре (по Кларку)

Элемент	% по массе	Элемент	% по массе
Кислород (O)	49,13	Титан (Ti)	0,61
Кремний (Si)	26,00	Углерод (C)	0,35
Алюминий (Al)	7,45	Хлор (Cl)	0,20
Железо (Fe)	4,20	Фосфор (P)	0,12
Кальций (Ca)	3,25	Сера (S)	0,10
Натрий (Na)	2,40	Марганец (Mn)	0,10
Магний (Mg)	2,35	Фтор (F)	0,08
Калий (K)	2,35	Барий (Ba)	0,05
Водород (H)	1,00	Азот (N)	0,04

Элементы иначе называют кларками — по фамилии ученого, определившего их среднее содержание в земной коре.

Следует обратить внимание на то, что в материнских породах почв и в разных генетических горизонтах содержание элементов иное, что связано с происхождением пород и почвообразовательными процессами (табл. 1).

#### 1. Валовой химический состав земной коры, почвообразующих пород и почв, %

В пересчете на оксиды	В земной коре (по Ф. Кларку)	Дерново-среднеподзолистая (В. П. Ковриго)		Чернозем типичный (Л. И. Прасолов)		Краснозем (Б. Б. Полюнов)	
		Покровный красноватобурый суглинок	A <sub>n</sub> 0—18 см	Лёссовидный суглинок	A 20—25 см	Алитная кора выветривания	A 10—15 см
SiO <sub>2</sub>	60,3	66,7	75,3	73,0	75,7	53,4	59,1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15,6	15,6	11,0	16,1	15,8	31,3	22,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	7,0	6,8	3,4	6,2	6,2	12,0	14,1
CaO	5,2	1,3	1,2	1,8	3,2	0,1	0,4
MgO	3,5	1,9	0,9	2,8	2,0	1,1	1,2
K <sub>2</sub> O	3,2	1,9	1,8	3,1	2,4	Не определяли	Не определяли
Na <sub>2</sub> O	3,8	1,3	1,7	1,5	1,4	То же	То же
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3	0,1	0,1	Не определяли	Не определяли	0,57	1,47

## 2.2. ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ И ГОРНЫХ ПОРОД

Выделяют три группы процессов образования минералов и горных пород.

**Э н д о г е н н ы е.** Они связаны с магматическими очагами, в основном приуроченными к базальтовому слою земной коры (см. рис. 1). Здесь господствуют высокие температуры и давление.

**Э к з о г е н н ы е, или г и п е р г е н н ы е.** Совершаются в гидросфере и в зоне осадочных пород, особенно активно в слоях, выходящих на поверхность и близко к ней залегающих. Для зоны экзогенных процессов характерны низкие температуры и низкое давление.

**М е т а м о р ф и ч е с к и е.** Происходят главным образом в гранитном слое земной коры и ниже — в твердой массе глубинных пород под влиянием высокого давления и высоких температур, но недостаточных для перевода минеральной массы в расплавленное состояние.

Остановимся подробнее на этих процессах.

### 2.2.1. ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ В ЭНДОГЕННОЙ ЗОНЕ

С эндогенной зоной земной коры связано течение магматических, пегматитовых, пневматолитовых, гидротермальных и вулканических процессов образования минералов. Все эти процессы протекают при остывании магмы (ультракислых, кислых, средних, основных и ультраосновных по содержанию  $\text{SiO}_2$  расплавов); в них участвуют практически все известные элементы, но в разных количествах. Это прежде всего  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ . В составе магматических очагов находятся раскаленные газы, пары воды и горячие водные растворы. В раскаленных газах магматических очагов содержатся многие элементы, такие, как В, F, S, H, O, Cl, P, C, N, As, Sb и др. Часть из них находится в свободном состоянии, а часть — в соединениях, например в виде HF, HCl, CO,  $\text{CO}_2$ . В горячих водных растворах, или гидротермальных растворах магматических очагов, находящихся в условиях высокого давления, содержатся кремний, фтор, железо, магний, сера, цинк, медь и др.

Под магматическими процессами минералообразования понимают образование минералов при остывании основного минерального расплава магмы. В зависимости от температуры и давления выкристаллизовываются разные минералы. К минералам магматического происхождения относятся полевые шпаты (лабрадор, микроклин, ортоклаз), слюда биотит, оливин, магнетит, апатит и др.

**П е г м а т и т о в ы е** процессы — сложные процессы кристаллизации минерального расплава в последние моменты его остывания. Образующиеся при этом минералы носят название

*пегматиты*. Для них часто характерна определенная направленность кристаллов; иногда сочетание минералов создает своеобразный рисунок, например письменный гранит. Среди пегматитов могут быть кварц, микроклин, слюда мусковит, флюорит, ряд редкоземельных минералов, а также содержащих уран и радий.

Пневматолитовые процессы (от греческого «пневматос» — пар, дыхание, газ) — это процессы образования минералов при остывании раскаленных газов магматических очагов. При этом совершается ряд химических реакций, которые приводят к образованию минералов. Процессы пневматолита оказывают значительное влияние на образование слюд. Часто в процессах пневматолита важную роль играет вода, которая вступает в реакцию с летучими соединениями. При этом может образоваться, например, кварц:



Компоненты раскаленных газов магматических очагов также вступают в реакцию с твердой массой ранее образовавшихся минералов. При этом происходят химические реакции, сопровождаемые изменением химического состава минералов и образованием новых минералов (эндогенный метасоматоз).

В результате гидротермальных процессов происходит выпадение минералов из горячих водных растворов магматических очагов при их остывании: непосредственно из раствора без побочных реакций, в результате реакций между соединениями раствора и за счет реакций растворенных соединений с минералами боковых пород земной коры (эндогенный метасоматоз).

При образовании в земной коре трещин, обычно разветвленных, гидротермальные растворы устремляются в них под влиянием высокого давления, быстро остывают, попадая в область низких температур и давления. Такие минералы, как правило, имеют стекловатую или скрытокристаллическую структуру в отличие от хорошо окристаллизованных минералов, образовавшихся при медленном остывании магматических очагов. Минералы, образовавшиеся в трещинах земной коры при остывании гидротермальных растворов, называют  *жильными* . Гидротермальные жилы в основном выполнены жильным кварцем —  $\text{SiO}_2$ , халцедоном —  $\text{SiO}_2$ , кальцитом —  $\text{CaCO}_3$ , флюоритом —  $\text{CaF}_2$ . Реже жильное тело представлено сидеритом —  $\text{FeCO}_3$ , магнезитом —  $\text{MgCO}_3$  и другими минералами. Из рудных минералов в гидротермальных жилах встречаются самородные металлы (золото —  $\text{Au}$ , серебро —  $\text{Ag}$ , медь —  $\text{Cu}$ ), сульфиды (пирит —  $\text{FeS}_2$ , халькопирит —  $\text{CuFeS}_2$ , галенит —  $\text{PbS}$ , сфалерит —  $\text{ZnS}$ ) и др.

Вулканический процесс минералообразования происходит при выбросе магмы на поверхность земной коры при ее прорыве из магматического очага. Место прорыва магмы — вул-

кан — может быть на суше и на дне моря. При вулканизме минералы образуются из всех трех компонентов магматических очагов: из минерального расплава, из газов и паров и гидротермальных растворов. Эти компоненты остывают на поверхности земной коры очень быстро, поэтому образуются минералы и породы пористой, стекловатой и скрытокристаллической структур. Вулканическое стекло — обсидиан, пемза, базальт и др. У минералов и горных пород вулканического происхождения имеются аналоги полнокристаллической структуры, образовавшиеся при медленном остывании глубоких магматических очагов.

Минералы, образовавшиеся из компонентов магмы, называют *первичными*. В результате тектонических движений земной коры отдельные ее области в течение геологического времени поднимаются и происходит горообразование. Первичные минералы, оказавшись на дневной поверхности, подвергаются воздействию воды, кислорода, диоксида углерода, живых организмов. Совершающиеся сложные химические процессы приводят к образованию новых минералов, называемых *вторичными*. Образование вторичных минералов происходит также в рыхлых приповерхностных слоях земной коры, в гидросфере и атмосфере.

### 2.2.2. ПРОЦЕССЫ ОБРАЗОВАНИЯ МИНЕРАЛОВ В ЭКЗОГЕННОЙ, ИЛИ ГИПЕРГЕННОЙ, ЗОНЕ

В этой зоне различают следующие группы процессов образования минералов: экзогенные, в результате выветривания, минералообразование в водных бассейнах, биогенные и метасоматические процессы.

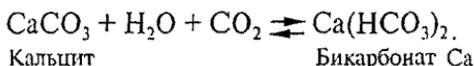
Экзогенные процессы образования минералов — это процессы выделения минералов из холодных нисходящих водных растворов поверхностного происхождения. Талые и дождевые воды, фильтруясь через почвы и рыхлые породы, растворяют те или иные минеральные соединения. Растворяющая способность воды значительно возрастает при повышении в ней концентрации  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ , органических и минеральных кислот. При определенных высоких концентрациях ионов происходит образование и выпадение минералов. Так образуются кристаллы гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , галита  $\text{NaCl}$ , кальцита  $\text{CaCO}_3$ , кварца  $\text{SiO}_2$ , вивианита  $\text{Fe}_3(\text{PO}_4) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  и др.

Процессы минералообразования в результате выветривания. Прежде всего необходимо дать определение выветриванию. Под *выветриванием* понимают процессы изменения физического состояния и химического состава минералов и горных пород под влиянием  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$ , температурных колебаний, живых организмов (растительных и животных), делювиальных потоков (талых и дождевых вод), разрушительной деятельности моря, рек, ветра, ледников и ледниковых вод. Различают виды выветривания:

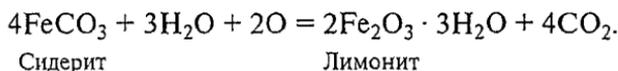
химическое, биологическое и физическое (механическое), которые часто совершаются одновременно. В разных природных зонах и в разных экологических условиях те или иные виды выветривания преобладают.

Рассмотрим процессы химического выветривания, которые приводят к образованию вторичных минералов в экзогенной зоне под влиянием абиотических факторов: воды, диоксида углерода и кислорода воздуха. Эти процессы охватывают толщу осадочных пород в сотни метров, они активно совершаются и в почвах. Остановимся на примерах наиболее распространенных реакций при химическом выветривании:

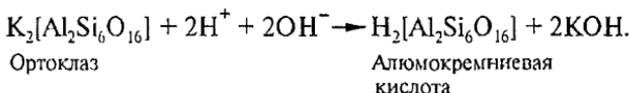
1. Растворение:



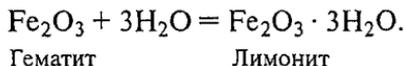
2. Окисление (оксидация):



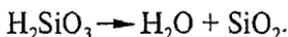
3. Гидролиз:



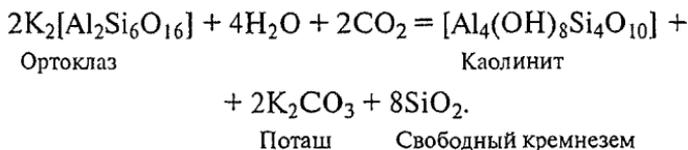
4. Гидратация:



5. Карбонатизация:



6. Оглинивание (образование глинных минералов):



При химическом выветривании первичных минералов из каждого минерала часто образуется несколько вторичных. Например, из оливина в результате реакции карбонатизации образуются магнезит, опал и сидерит:



минерала составляет 1 : 1. *Галлуазит*  $[Al_4(OH_8)Si_4O_{10}] 4H_2O$  — глиноподобный двухслойный землистый минерал, образуется при разрушения аллофана и каолинита.

Главным представителем второй группы кристаллических глинных минералов является *монтмориллонит*. Это трехслойный по кристаллической решетке минерал. Структура монтмориллонита отвечает формуле  $[Al_4(OH)_4Si_8O_{20}] nH_2O$ . Отношение Si : Al в кристаллической решетке этого минерала равно 2 : 1. Он образуется при химическом выветривании полисиликатов в составе основных (по содержанию  $SiO_2$ ) магматических пород (габбро, базальтов) в условиях щелочной среды и является довольно устойчивым к химическим изменениям минералом. В больших количествах монтмориллонит содержится в бентонитовых глинах, образовавшихся при химическом изменении вулканических туфов и пеплов, оседавших главным образом в морских бассейнах. К трехслойным по кристаллической решетке глинным минералам группы монтмориллонита относится *бейделлит*, который отличается от монтмориллонита тем, что часть ионов  $Si^{4+}$  заменена на  $Al^{3+}$ , а появившиеся при этом избыточные отрицательные заряды компенсированы заменой кислородных ионов на гидроксилы —  $[Al_6(OH)_6 \cdot Si_6O_{18}] nH_2O$ . К группе монтмориллонита принадлежит также *нонтронит*. В его кристаллической решетке в отличие от монтмориллонита ион  $Al^{3+}$  значительно замещен на ион  $Fe^{3+}$  —  $[Fe_4(OH)_4Si_8O_{20}] nH_2O$ .

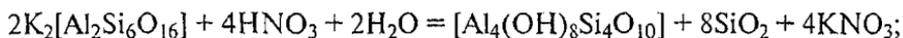
К группе гидрослюд относятся минералы, занимающие промежуточное положение между глинными и слюдами. Гидрослюды являются продуктами химического выветривания слюд и полевых шпатов. Их относят к трехслойным минералам глин. Они представлены: *иллитом*  $(K, H_3O)Al_2(OH)_2[(Al, Si)_4O_{10}] nH_2O$  — промежуточным образованием между мусковитом и каолинитом, с кристаллической структурой, переходной к структуре монтмориллонита; *вермикулитом*  $(Mg, Fe^{2+}, Fe^{3+})_3(OH)_2[(Si, Al)_4O_{10}] 4H_2O$  — продуктом химического выветривания слюд биотита и флогопита; *глауконитом* — водным алюмосиликатом K, Fe и Al морского химического происхождения, имеющего примерный химический состав  $K(Fe^{3+}, Al, Fe^{2+}, Mg)_{2-3}(OH)_2[Si_3(Si, Al)O_{10}] nH_2O$ .

В почвах встречаются и другие глинные минералы. Среди них отметим смешанно-слоистые образования, в кристаллической решетке которых чередуются слои разных минералов, например монтмориллонита с иллитом, каолинита с мусковитом и т. д. В зависимости от минералогического и петрографического составов почвообразующих пород при химическом выветривании минералов образуются различные глинные минералы, но во многих почвообразующих породах и почвах равнинных территорий преобладают глинные минералы группы монтмориллонита.

В породах и почвах содержатся минералы, не относящиеся к глинным, но обладающие близкими к ним свойствами. Это *цеоли-*

ты — группа алюмосиликатов кальция и натрия, реже калия и бария, эндогенного и экзогенного образований, кристаллической каркасной структуры с полостями в виде «каналов», обеспечивающих высокую удельную поверхность. Благодаря этому цеолиты содержат слабо связанные с их жесткой основой молекулы воды, обладают высокими адсорбционными свойствами по отношению к катионам, легко обменивают их на катионы почвенного раствора.

Химический состав минералов изменяется под влиянием не только абиотических факторов (химическое выветривание), но и под влиянием биологического выветривания, под которым понимают механическое разрушение и химическое изменение горных пород и минералов под действием живых организмов и продуктов их жизнедеятельности. Корни растений, лишайники, микроорганизмы выделяют диоксид углерода и органические кислоты, разрушающие минералы и высвобождающие минеральные элементы питания. Нитрификаторы образуют азотную кислоту, серобактерии и тионовые бактерии — серную. Под воздействием этих кислот на труднорастворимые минералы образуются легко растворимые в воде соединения, катионы или анионы которых легко усваиваются растениями и микроорганизмами:



Ортоклаз



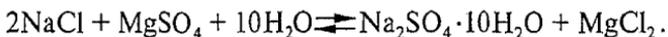
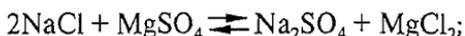
Апатит

Диатомовые водоросли, усваивая кремний, способны разлагать алюмосиликаты, силикатные бактерии — полевые шпаты. Дождевые черви, личинки жуков и другие животные организмы, пропуская через свой пищеварительный тракт минеральную и органическую массу (до 100 т на 1 га), в значительной степени изменяют ее химический состав.

Верхнюю часть рыхлых осадочных пород земной коры, от поверхности до грунтовых вод, принято называть *корой выветривания*. В этой толще создаются наиболее благоприятные условия для химического выветривания минералов и горных пород, так как постоянно происходит ее периодическое смачивание фильтрующимися дождевыми и тальными водами, а также за счет капиллярного поднятия влаги от зеркала грунтовых вод. В порах этой толщи содержится достаточно воздуха для течения химических реакций, который обновляется благодаря движению воды в порах, изменению температуры пород, атмосферного давления и других факторов. Различают два основных типа коры химического выветривания: *сиаллитную* и *аллитную*. Для *сиаллитной коры выветривания*, распространенной на территориях с умеренно влажным клима-

том, наиболее характерно содержание в валовом составе пород  $\text{SiO}_2$  (65—75 %) и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (10—15 %), а в составе глинных минералов преобладают минералы группы монтмориллонита и гидрослюд. Для *аллитной коры выветривания*, распространенной в субтропических областях, характерно повышенное содержание валового алюминия в породах ( $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 35 %) при снижении до 50 % валового содержания  $\text{SiO}_2$ . В аллитной коре выветривания больше в 2—3 раза валового железа ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  12—15 %) по сравнению с сиаллитной корой выветривания. В составе глинных минералов преобладают *каолинит* и *галлуазит*.

Процессы минералообразования в водных бассейнах. Это процессы осаждения минералов в морских и океанических заливах, а также в бессточных соляных озерах в условиях жаркого климата, при интенсивном испарении воды и возрастающей в воде концентрации солей. Действительно, при среднем содержании солей в Мировом океане 3,5 % осаждение солей из такого ненасыщенного раствора не осуществляется, но оно может происходить, если раствор морской воды станет перенасыщенным. Необходимые для этого условия имеются, например, в мелководном заливе Кара-Богаз-Гол, расположенном на восточном берегу Каспийского моря в зоне пустыни и соединенном с морем узким мелким проливом. Благодаря интенсивному испарению воды в заливе наблюдается одностороннее ее течение из Каспия; содержание солей в заливе повышается в 18—20 раз по сравнению с первоначальным их количеством в воде Каспийского моря. При этом происходят образование и осаждение в летнее время минерала *тенардита*  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и в осенне-зимнее время *мирабилита*  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  по реакциям



Зная условия образования солевых минералов из морской воды, можно предположить, что, например, район г. Соликамска Пермской области, где находятся богатейшие мировые месторождения калийных солей, был в древнее пермское геологическое время ( $285 \pm 10$  млн лет назад) заливом моря, подобным Кара-Богаз-Голу. Соликамские месторождения солей представлены многометровыми пластами галита  $\text{NaCl}$ , сильвина  $\text{KCl}$ , сильвинита  $\text{KCl} \cdot \text{NaCl}$ , карналлита  $\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , гипса  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  и др. В морской воде в микроколичествах всегда содержатся микроэлементы, поэтому они входят в состав солевых минералов как примеси.

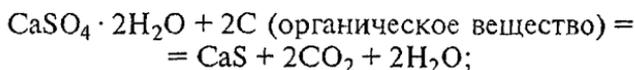
Биогенные процессы минералообразования. Совершаются при участии живых организмов, а минералы носят название *биолиты*.

Различают следующие процессы биолитообразования.

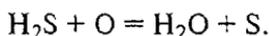
1. Минералы образуются только после смерти организмов, после их сложных превращений и химических изменений (фосфориты, ископаемые угли и т. д.).

2. Минералы образуются при жизни организмов и освобождаются после их смерти. Таково происхождение  $\text{CaCO}_3$  в известняках из раковин моллюсков, диоксида кремния в диатомите из раковин диатомовых водорослей и т. д.

3. Минералы образуются и выделяются в процессе жизни организмов как результат биохимических процессов. Например, образование биолита серы часто связано с разложением гипса при участии органического вещества и деятельности серобактерий:



Далее под влиянием серобактерий сероводород окисляется с образованием серы:

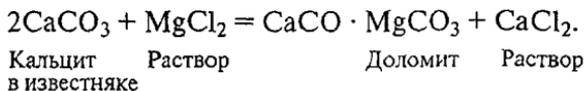


При участии бактерий могут выделяться гидроксиды железа, марганцевые соединения и т. д. Селитры (натриевая —  $\text{NaNO}_3$  и калиевая —  $\text{KNO}_3$ ) — также типичные биолиты.

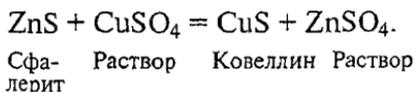
Условия для образования биолитов имеются в современное время в водах Черного моря. На глубине 150—200 м и ниже за счет жизнедеятельности организмов (гниение белка и восстановление солей серной, сернистой и других кислот) образуется значительное количество сероводорода, который является не только исходным соединением для образования самородной серы, но и для минералов класса сульфидов: пирита  $\text{FeS}_2$ , халькопирита  $\text{CuFeS}_2$  и др.

Метасоматические процессы минералообразования. С этими процессами мы уже ознакомились при рассмотрении процессов минералообразования в эндогенной зоне земной коры (эндогенный метасоматоз при течении пневматолитовых и гидротермальных процессов). В экзогенной зоне сущность метасоматических процессов та же. Происходит замещение ранее образовавшегося минерала новым с заменой катионной или анионной части соединения в результате химического воздействия циркулирующих растворов на ранее образовавшиеся минералы (экзогенный катионный или анионный метасоматоз). Например, при частичной замене в кальците известняков катионов кальция на

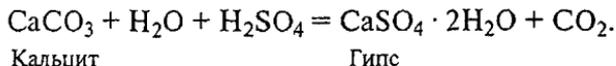
магний образуется доломит:



Сфалерит может замещаться ковеллином:



Примером анионного метасоматоза может служить образование гипса из кальцита:



К метасоматическому процессу относятся также окремнение известняков, образование в отдельных случаях фосфоритов при фосфоритизации известняков.

### 2.2.3. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЯ

В результате тектонических движений земной коры минералы (и горные породы), образовавшиеся в экзогенной и эндогенной зонах, могут оказаться в зоне метаморфизма и находиться под воздействием новых физических условий давления, температуры, а также новых химических условий, при которых они становятся неустойчивыми и превращаются в другие минералы. В зоне метаморфизма совершаются реакции образования минералов, обратные тем, которые происходят в верхних частях земной коры. Это дегидратация, деоксидация, декарбонатизация. Например, опал  $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , теряя воду, превращается в халцедон и кварц. Лимонит  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , потеряв воду, переходит в гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , а последний, лишаясь некоторого количества кислорода, превращается в магнетит  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ . Под влиянием высокого давления графит переходит в алмаз и т. д.

Мы рассмотрели процессы происхождения первичных и вторичных минералов в породах и почвах и обратили внимание на то, что один и тот же минерал может иметь разное происхождение, например кварц — магматическое, пневматолитовое, гидротермальное, биогенное, в результате химического выветривания и т. д. Несмотря на то что в почвах и материнских породах минералогический состав в результате процессов выветривания и почвообразования изменился, закономерности преобладания тех или иных элементов, которые наблюдались в земной коре, сохранились. Со временем произошло образование в основном более простых по химическому составу минералов с повышением растворимости их в воде. Образовались также минералы, которых не было

среди первичных: биолиты, глинные и др. Некоторые минералы, например солевые водорастворимые (хлориды, сульфаты и др.), подверглись перераспределению в коре выветривания в результате трансгрессии и регрессии моря, деятельности ветра, передвижения солевых растворов и т. д.

Все минералы принято классифицировать по химическому составу: силикаты (метасиликаты — пироксены и амфиболы, ортосиликаты — слюды, полисиликаты — полевые шпаты), оксиды и гидроксиды (группы кремнезема, железа, алюминия, марганца и др.), карбонаты, фосфаты, сульфиды и т. д.

### 2.3. ОБРАЗОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Образование горных пород происходит в тех же зонах земной коры, в которых образуются минералы, так как горные породы состоят из минералов. Поэтому рассмотрение отдельно процессов образования горных пород от процессов образования минералов условно. В основу классификации горных пород положено их происхождение, а отличия проявляются в составе минералов, строении и сложении.

В зависимости от зоны образования различают три генетических типа горных пород: магматические, осадочные и метаморфические.

#### 2.3.1. МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Их подразделяют на глубинные (интрузивные), образовавшиеся при медленном остывании магмы в эндогенной зоне, состоящие из хорошо окристаллизованных минералов, и горные породы излившиеся (эффузивные), стекловатые, пористые, скрытокристаллической и порфириковой структуры, что обуславливается быстрым охлаждением магмы на поверхности Земли при извержении вулканов.

Для классификационных целей большое удобство представляет также деление магматических пород (интрузивных и эффузивных) по кварцевой основе, т. е. по среднему валовому содержанию  $\text{SiO}_2$  как самой важной составной части. По этому признаку различают пять групп магматических пород.

<i>Магматические породы</i>	<i>Среднее валовое содержание <math>\text{SiO}_2</math>, %</i>
I. Ультракислые	> 75
II. Кислые	65...75
III. Средние	52...65
IV. Основные	40...52
V. Ультраосновные	< 40

В связи с тем что эффузивные горные породы образуются из магм того же состава, что и интрузивные, существуют их взаимные

## 2. Характеристика некоторых магматических горных пород

Порода	Минералогический состав	Структура	Значение	
			в промышленности	в сельском хозяйстве и в частности в почвах

### Группа интрузивных пород

Гранит мясо-красный, розовый, светло-серый ( $\text{SiO}_2$ 65—75 %)	Кварц, полевые шпаты (ортоклаз, микроклин), равномернозернистая и роговая обманка, слюды порфировидная	Строительный и отделочный материал; в почвах, образовавшихся на моренах и пролювнии		
Сиенит ( $\text{SiO}_2$ 52—65 %)	Ортоклаз, микроклин, роговая обманка, биотит	То же		То же
Габбро ( $\text{SiO}_2$ 40—52 %)	Плагиоклазы (от лабрадора до анортита), оливин	Полнокристаллическая, среднезернистая		»

### Группа эффузивных пород

Пемза	Из различных минералов, обогащенных кремнием	Пенистая, сильнопузыристая		Абразивный и строительный материал, в местной промышленности в быту
Вулканический туф	То же	Пузыристая		Строительный и отделочный материал
Вулканическое стекло (обсидиан)	Кварц	Стекловатая		Художественные промыслы
Липарит (эффузивный аналог гранита)	Кварц, полевые шпаты (ортоклаз, микроклин)	Порфировая		»
Трахит (эффузивный аналог сиенита)	Ортоклаз, микроклин, роговая обманка, биотит	Порфировая тонкопузыричатого строения		Строительный материал; в почвах, образовавшихся на моренах и пролювнии
Базальт (эффузивный аналог габбро)	Плагиоклазы, авгит, оливин	Плотная, мелкокристаллическая		То же

аналоги по составу минералов. Основные классификационные принципы магматических горных пород показаны в таблице 2. Все магматические породы, так же как и минералы эндогенного происхождения, называют *первичными*.

### 2.3.2. ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Так называются породы, образовавшиеся в результате осаждения или химических солевых минералов в водных бассейнах, или органического материала в виде остатков растений, или землистых масс из суспензии текучих вод и т. д. Все осадочные горные породы относятся к вторичным образованиям. Особенно большая группа осадочных пород, представленная землистыми массами, образовалась в результате физического выветривания плотных магматических и метаморфических горных пород, неоднократно последующего физического разрушения (выветривания) и перетолжения минеральной массы ветром, морем, реками, ледниками, ледниковыми, тальми и дождевыми водами.

Такие породы приобрели новые качества, отличающие их от массивных плотных пород. Они являются рыхлыми, воздухо- и водопроницаемыми. В связи с этим в них активно протекают реакции химического выветривания. Они могут быть сыпучими (пески) или в сухом состоянии плотными, а в воде размокать (глины). Нередко в осадочных породах присутствуют остатки животных и растительных организмов. В зависимости от состава, строения и слоения осадочных пород, с учетом процессов образования выделяют три их группы: обломочные, химические и органогенные (табл. 3). В таблице приводится характеристика некоторых хими-

### 3. Классификация и характеристика некоторых осадочных горных пород

Название породы	Размер обломков, мм	Рыхлые окатанные формы	Сцементированные окатанные формы*	Рыхлые неокатанные формы	Сцементированные неокатанные формы*
<i>Обломочные осадочные горные породы</i>					
Грубообломочные (псефиты)	> 200	Валуны	Конгломераты	Глыбы	Брекчии
	200—20	Галька	То же	Щебень	»
	20—2	Гравий	»	Дресва	»
Песчаные (псаммиты)	2—0,05	Песчаные	Песчаники	Частицы	Песчаники
Пылеватые (алевролиты)	0,05—0,005	Пылеватые	Алевролиты	»	Алевролиты
Глинистые (пелиты)	< 0,005	Глинистые	Аргиллиты	»	Аргиллиты
Смешанные (почвообразующие)	Каменные: морены, гравийно-галечниковые отложения Некаменные: флювиогляциальные пески и супеси, озерно-ледниковые отложения, покровные пылеватые или опесчаненные суглинки и глины, лёссовидные суглинки, лёссы				

Название породы	Основной минералогический состав	Значение в сельском хозяйстве и промышленности
<i>Химические осадочные горные породы</i> (карбонатные, галоидные, сульфатные, кремнистые, железистые, фосфатные и аллитовые породы)		
Известковые туфы (травертины)	Кальцит	Для известкования кислых почв
Калийные соли	Сильвин, карналлит, сильвинит	Калийные удобрения, химическая промышленность
Гипс	Гипс, ангидрит, глинные минералы	Для гипсования щелочных почв; в различных областях народного хозяйства

*Органогенные осадочные горные породы*

а) Негорючие породы (акаустобиолиты) — карбонатные, кремнистые

Известняки органогенные (ракушечные, коралловые, нуммулитовые, фузулиновые и др.; разновидность — мел)	Кальцит, глинные минералы	Для известкования кислых почв; в стекольной, цементной, бумажной, резиновой промышленности; в строительстве
Диатомиты, трепелы, опоки	Опал, халцедон, кварц, глинные минералы и др.	Тепло- и звукоизоляционный материал; в строительстве

б) Горючие породы (каустобиолиты) — углеродистые (твердые — торф, сапрпель, ископаемые угли, горючие сланцы и др.; жидкие — нефть, газообразные — горючие газы)

\*Природные типы цементов: кремнистый, карбонатный, железистый, битуминозный, глинистый, фосфоритовый (редко).

ческих и органогенных осадочных пород, а также обломочных пород с определенным размером обломков минералов и смешанных, состоящих из обломков разного размера.

Осадочные обломочные смешанные породы имеют для почвоведения особое значение. Так как на них сформировались почвы, они называются *почвообразующими* или *материнскими*. Большинство почвообразующих пород образовалось в последнее геологическое время — в четвертичный период, поэтому они называются *четвертичными*. Более древние породы, залегающие под четвертичными, в почвоведении относят к *коренным* породам, но при выходе их на поверхность они тоже становятся почвообразующими.

### 2.3.3. КЛАССИФИКАЦИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

На равнинных территориях России преобладают почвообразующие породы ледникового и водно-ледникового происхождения (табл. 4). Их образование связано с оледенениями суши в четвер-

#### 4. Почвообразующие породы равнинных территорий России (осадочные обломочные смешанные породы)

Типы пород	Место образования	Основная характеристика пород
I. Отложения, образованные твердой массой льда, — морены (основная, конечная, донная, боковая)	На территориях, находящихся под воздействием твердых масс льда	Каменистые, содержащие валуны, опесчаненные, некарбонатные, суглинистые
II. Отложения ледниковыми водами		
1. Озерно-ледниковые	В ледниковых озерах	Слоистые, некарбонатные, суглинистые и глинистые
2. Покровные породы:	На затопляемых ледниковыми водами пониженных территориях; отложения покрывают более древние осадочные породы	Некарбонатные, различного гранулометрического состава
гравийно-галечниковые отложения	В местах действия мощных потоков ледниковых вод	Каменистые, из окатанных обломков с небольшим включением песка и глины
флювиогляциальные пески	На обширных территориях, затопляемых активными потоками ледниковых вод	Некарбонатные, песчаного и супесчаного гранулометрических составов
покровные красноватые и буроватые суглинки и глины	На обширных территориях, затопляемых спокойными потоками ледниковых вод	Некарбонатные (редко с включением каменистой фракции), пылеватые, иногда опесчаненные
лессовидные суглинки	На обширных территориях под влиянием водно-ледниковых потоков; приуроченные к более южным областям России	Карбонатные и некарбонатные, крупнопылеватые, желто-бурого цвета, иногда слоистые
лёссы*	То же	Карбонатные, крупнопылеватые, суглинистые, буровато-желтые
III. Озерные отложения	Во впадинах рельефа	Обычно слоистые, суглинистые и глинистые, иногда с органическими прослойками; может накапливаться $\text{CaCO}_3$ , а в засушливых областях — гипс и легкорастворимые соли
IV. Морские терригенные отложения	Минеральные отложения донные и на прибрежных морских территориях	Карбонатные и некарбонатные, засоленные и незасоленные, различного гранулометрического состава, часто слоистые
V. Эоловые (ветровые) отложения	Преобладают в полупустынных и пустынных областях	Некарбонатные, песчаные

\*Теории происхождения лёссов: водно-ледниковая (П. И. Кропоткин, В. В. Докучаев), эоловая (П. И. Тутковский), делювиальная (А. П. Павлов).

тичный период, которые неоднократно повторялись (Лихвинское, Днепровское и Валдайское оледенения).

Мощным центром оледенения был ледник Скандинавского полуострова, действию которого подверглась громадная территория Западной Европы и европейской части России. Очаг оледенения находился также на о-ве Новая Земля и северной части Уральских гор и спускался до верховий реки Камы. Много мощных очагов оледенений отмечалось в горных областях Западной и Восточной Сибири.

Породы, отложенные в ледниковую эпоху, в послеледниковый (постгляциальный) период подвергались переотложению ветром, древними речными водными потоками, делювиальными (талыми и дождевыми) водами; наблюдались мерзлотные явления в породах и т. д. Поэтому на значительных площадях породы потеряли свой первоначальный вид и представлены делювиально-солифлюкционными суглинками, криозлювием, перигляциальным аллювием, золовыми песчаными отложениями и другими породами.

Пересортировка делювиальными водами четвертичных отложений и коренных пород, находившихся на дневной поверхности, привела к отложению на нижних частях склонов массы более мелкоземистых минеральных обломков, называемых *делювием*. На повышенных же элементах рельефа осталась более крупноземистая минеральная масса породы, получившая название *элювий*.

Осадочные обломочные породы, пересортированные и переотложенные речными (постоянно действующими) водными потоками, называются *аллювием* (аллювиальными отложениями).

Делювиальные водные потоки, действуя в горных областях, образуют пролювиальные отложения — *пролювий*, представляющий собой плохо отсортированные продукты физического выветривания плотных горных пород. При перемещении обломочного материала вниз по склону под влиянием силы тяжести его скопления называются *коллювием*.

#### 2.3.4. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Метаморфической породой может быть любая осадочная или магматическая порода, которая при погружении в зону метаморфических процессов земной коры претерпевает изменения состава и структуры и приобретает новые качества под влиянием высокого давления, температуры, циркулирующих растворов и газов (т. е. факторов метаморфизма). Например, из глин образуются глинистые сланцы, из песчаников — кварциты, из известняков — мраморы, из гранитов — гранитогнейсы и т. д.

В целом в земной коре на долю магматических пород приходится около 95 %, а на осадочные — около 5 %. Если же рассматривать только гипергенную зону (включая гидросферу), то осадочных по-

род окажется около 70—75 %, а магматических — около 20—25 %. Метаморфические породы в данный расчет не входят; они причислены к тем породам, из которых образовались.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Чем отличаются минералы от горных пород? 2. Почему в земной коре и в почвах преобладают минералы, содержащие кислород, кремний и алюминий? 3. Чем отличаются первичные минералы и горные породы от вторичных? 4. Что такое выветривание минералов и горных пород? Охарактеризуйте виды выветривания и к каким изменениям минералов и горных пород они приводят. 5. Дайте характеристику магматическим процессам образования минералов и горных пород. 6. Какие процессы образования минералов и горных пород совершаются в экзогенной зоне земной коры и в гидросфере? Расскажите об этих процессах с примерами. 7. Назовите процессы изменений минералов и горных пород в зоне метаморфизма. 8. Какие минералы относятся к глинистым и какое влияние они оказывают на свойства почв? 9. Какие породы являются почвообразующими? Охарактеризуйте эти породы. 10. На каком принципе построена классификация минералов и горных пород?

## Глава 3

### **СХЕМА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ**

Рассмотрим процессы превращения горной породы в почву. Так как почвообразовательный процесс совершается при обязательном участии живых организмов, можно сказать, что образование почв началось тогда, когда появилась жизнь на Земле. Этому предшествовали процессы физического и химического выветривания плотных горных пород, находящихся на земной поверхности. В тонкой поверхностной корочке выветривающейся плотной горной породы поселились первые живые организмы (микрорганизмы) и начался почвообразовательный процесс, который получил название *первичного почвообразовательного процесса*.

С тех пор прошли миллионы лет. Плотные горные породы в результате выветривания превратились в рыхлые осадочные обломочные горные породы. На них также образовывались почвы, но в результате геологической деятельности ветра, моря, ледников, талых и дождевых вод и т. д. они уничтожались, перемещивались с рыхлыми массами пород и откладывались в виде новых осадочных обломочных пород. Эти процессы совершались многократно. Почвообразовательный процесс на них начинался снова, но постепенно в таких породах стали отчетливо проявляться «почвенные» признаки, которые получили развитие при современном почвообразовании.

Уделим особое внимание рассмотрению общей схемы современного почвообразовательного процесса на осадочных обломочных смешанных горных породах, отложенных на равнинных территориях России в последнее геологическое время. Известно, что

бесплодные рыхлые горные породы, превращаясь в почвы, претерпели большие качественные изменения, но у всех у них, несмотря на различия в минералогическом составе, сформировался общий качественный признак — плодородие, т. е. способность производить урожай растений.

В каждой природной зоне в зависимости от конкретных природных условий, названных В. В. Докучаевым факторами почвообразования — растительности и животных организмов, климата, материнских пород, рельефа и продолжительности течения процессов почвообразования, сформировались разные как по внешнему виду, так и по уровню плодородия почвы.

### **3.1. ЭТАПЫ ИЗМЕНЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД, В РЕЗУЛЬТАТЕ КОТОРЫХ СФОРМИРОВАЛИСЬ СОВРЕМЕННЫЕ ПОЧВЫ**

1. Начальный этап изменений, или первичный почвообразовательный процесс.

2. Второй этап изменений характеризовался дальнейшим выветриванием горных пород с образованием рыхлых осадочных пород и накоплением в них «почвенных» признаков в результате последующих (за первичным) почвообразовательных процессов и неоднократного переотложения преобразованных пород ветром, морем, реками, ледниками, ледниковыми, тальными и дождевыми водами с образованием новых рыхлых пород.

3. Завершающий этап — образование современных почв и их качественного признака — плодородия.

#### **3.1.1. ПЕРВИЧНЫЙ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС**

Это совокупность явлений, происходящих в верхней корочке плотной массивной горной породы, изменившейся под влиянием физического и химического выветривания, или в поверхностном слое рыхлой осадочной обломочной горной породы под влиянием простейших организмов. Первыми поселенцами на горных породах были бактерии и синезеленые водоросли. Потом появились диатомовые водоросли и грибная микрофлора. Поверхность горной породы приобрела буроватый оттенок под влиянием органических соединений, выделяемых простейшими организмами при жизни, а также остающихся после их отмирания и перегнивания. Часть органических соединений вступала в реакцию с минеральными веществами с образованием органо-минеральных комплексов.

Постепенно улучшались условия минерального питания живых организмов за счет повышения доступности минеральных элементов благодаря продолжающимся процессам выветривания и развивающейся поглотительной способности почв. В связи с изменением физического состояния горной породы стало улучшаться

обеспечение живых организмов водой. Создались условия для поселения более требовательных к условиям жизни организмов — лишайников и мхов, а далее и высших растений.

В настоящее время первичный почвообразовательный процесс можно наблюдать в горных областях на голых скалах или, например, кратковременно протекающий почвообразовательный процесс на донных морских отложениях, только что вышедших на поверхность в результате регрессии моря. Так как морские породы находятся на втором этапе накопления «почвенных» признаков, на них быстро начинается современный почвообразовательный процесс.

### 3.1.2. ВТОРОЙ ЭТАП ИЗМЕНЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД

В горных породах продолжало накапливаться органическое вещество как результат древних почвообразовательных процессов, развивалась поглотительная способность. Благодаря рыхлости пород в них постоянно содержались воздух и вода, что создавало условия для активного химического выветривания составляющих пород минералов; возросли количество и доступность живым организмам минеральных элементов; формировались водные растворы различного ионного состава, которые передвигались в толще рыхлых пород, вступая в химические реакции; изменился температурный режим рыхлых пород по сравнению с плотными породами и т. д. Рыхлые осадочные обломочные породы с дочетвертичными почвами в последний четвертичный геологический период подверглись очередному перетолжению ледниками, ледниковыми, тальми и дождевыми водами, ветром, морем, реками. Образовались новые почвообразующие породы (см. табл. 4).

### 3.1.3. ТРЕТИЙ, ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

Это преобразование горных пород под влиянием нового почвообразовательного процесса, результатом которого явилось формирование современных почв.

Рассмотрим общую схему почвообразования на современных осадочных обломочных смешанных горных породах. Прежде всего уточним, что такое почвообразовательный процесс. *Почвообразовательным процессом*, по определению А. А. Роде, называется совокупность явлений образования, изменения и передвижения веществ и энергии, протекающих в верхнем слое материнской породы, превращающейся в почву. Агентами почвообразовательного процесса являются растения, организмы и продукты их жизнедеятельности, вода, кислород и диоксид углерода, которые действуют неодинаково в различных природных зонах, что приводит к образованию в каждой природной зоне типичных только для нее почв с характерными свойствами и режимами.

Остановимся на главных изменениях, произошедших в материнских породах на завершающем этапе их превращения в почву под влиянием агентов почвообразования.

1. Произошло образование нового органического вещества (гумуса) в верхних слоях материнской породы специфической природы, сложного по химическому составу. В этом процессе основную роль сыграли растения и животные организмы как накопители и преобразователи органического вещества. В почвах разных природных зон установились определенное процентное содержание гумуса и его качественный состав. Химические процессы в почве с участием органического вещества (гумуса) оказали решающее влияние на направление почвообразовательных процессов, определили практически все свойства почв.

2. Возросли содержание биофильных минеральных элементов и их доступность растениям в верхних частях породы благодаря продолжающимся процессам выветривания минералов и «перекачке» элементов из нижних слоев породы корневыми системами растений. Элементы включались в состав растений, наибольшая органическая масса которых всегда образовывалась в верхней части почвы (рис. 3). При ежегодном перегнивании органической массы минеральные элементы высвобождались, и в течение тысячелетий их распределение по профилю почвы изменилось. Произошло накопление соединений азота как источника питания растений в результате жизнедеятельности азотфиксирующих, нитрифицирующих и аммонифицирующих микроорганизмов. В почвах установился определенный пищевой режим благодаря биологическому (малому) круговороту веществ в системе почва — растения — животные организмы — почва. Однако из этого круговорота часть элементов ежегодно вовлекается в геологический (большой) круговорот веществ в природе.

Геологический круговорот элементов может быть представлен следующей упрощенной схемой: вместе с фильтрующимися через породы растворами элементы, ранее содержащиеся в почве, попадают в грунтовые воды, далее в реки и моря; там усваиваются морскими организмами; после их отмирания входят в состав донных осадочных пород, которые в результате тектонических процессов земной коры могут при подъеме дна моря снова оказаться на поверхности и войти в состав почв.

3. Сформировалось важное свойство почв — поглощательная способность, которая определяется коллоидными свойствами органической и минеральной частей твердой фазы почв, ее пористостью, большой удельной поверхностью гранулометрических компонентов, реакционной химической способностью твердой фазы и почвенных растворов, особенностями усвоения элементов живыми организмами.

4. Установились реакция почв (кислая или щелочная), соотношение протекающих в почве окислительных и восстановительных

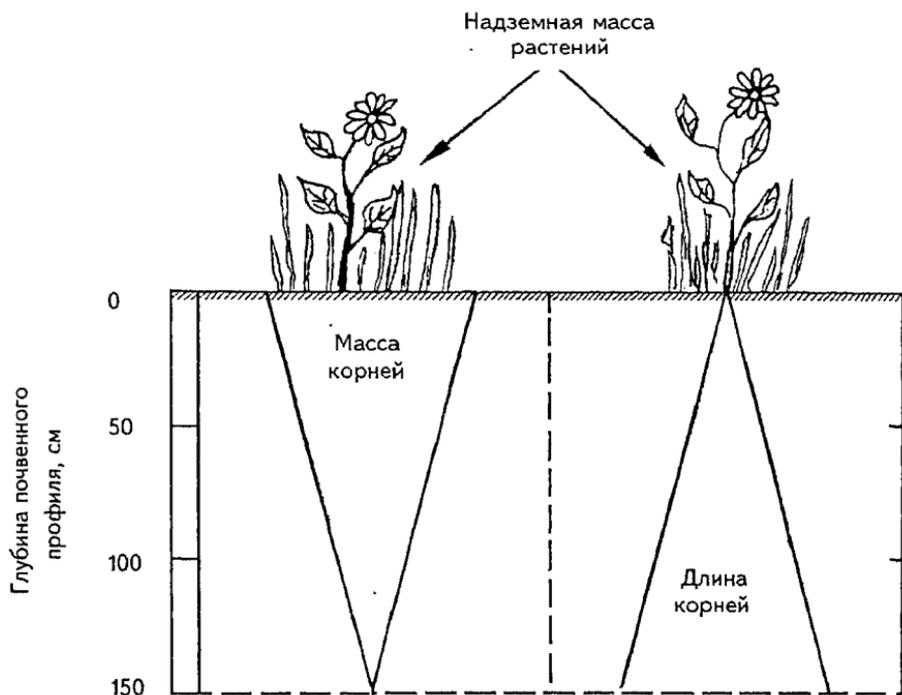


Рис. 3. Схема распределения корневой системы травянистых растений в 1,5-метровом слое почвы

процессов (Red-Ох-потенциал), концентрация и ионный состав почвенных растворов.

5. Образовалась макро- и микроструктура в результате склеивания природными «цементами» (органическими, кальциевыми, кремниевыми и др.) механических элементов твердой фазы почв в комочки разной величины и формы, отличающиеся устойчивостью к физическому разрушению и разрушению водой.

6. Установились водные, воздушные, тепловые свойства и режимы почв в соответствии с климатическими условиями, гранулометрическим составом твердой фазы, ее плотностью, структурным состоянием, состоянием поверхности почвы (окраска, покрытие растением, выравненность) и другими факторами.

7. Сформировались определенные микробиологические ценозы с различным соотношением групп микроорганизмов, численностью микрофлоры и интенсивностью ее деятельности в зависимости от типа произрастающей растительности, содержания и качественного состава органического вещества в почве, ее реакции,

направленности пищевого, водного, воздушного и теплового режимов.

8. Установился в почвах аллелопатический режим в результате продуцирования и выделения в окружающую среду (в почву и атмосферу) растениями и микроорганизмами физиологически активных веществ, ингибирующих другие растения и микроорганизмы.

9. Сформировался благодаря живым организмам, прежде всего растениям и микроорганизмам, почвенный ферментативный комплекс; ферменты (энзимы) катализируют многие важнейшие почвенные биохимические реакции, в том числе процессы гумусообразования, превращение азот- и фосфорсодержащих органических соединений, веществ углеводного характера и др.

Рассмотренный комплекс свойств и режимов является особенностью почв, отличает их от материнских пород, обеспечивает получение урожая сельскохозяйственных растений и носит название «плодородие». Все эти свойства и режимы будут подробно изложены во второй части учебника, от знания и умения правильно регулировать их при проведении агромероприятий зависит успех в работе земледельцев.

Почвы, их свойства и режимы не остаются неизменными. Такими они являются только на современном этапе их развития, но продолжают эволюционировать под воздействием природных факторов (климата, растительности, животных организмов и др.).

Изменения свойств и режимов почв довольно быстро происходят под влиянием антропогенного фактора в результате распашки человеком целинных земель. В этом случае прерывается течение установившихся природных почвенных процессов, а проведение приемов осушения, орошения, химической мелиорации, внесения органических удобрений и других мероприятий дает почвообразовательному процессу новое направление.

В течение почвообразовательного процесса изменяется внешний вид почвообразующей породы, происходит дифференциация материнской породы на слои, или генетические горизонты, обладающие разными свойствами, что в большой степени связано с передвижением с почвенными растворами в верхней толще породы продуктов выветривания и почвообразования и совершающихся реакций. Для каждого генетического горизонта типичны свои внешние, или морфологические, признаки (окраска, структура, сложение, новообразования и др.), отражающие их отличия в химическом, гранулометрическом, минералогическом составе, физических свойствах и т. д. В зависимости от конкретных почвенных процессов в почвах разных природных зон сформировались свои генетические горизонты, определенное сочетание которых составляет *профиль* почв.

### 3.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ

Почвенные процессы подразделяют на три группы (по А. А. Роде): микро-, мезо- и макропроцессы, в результате которых формируются свойства почв и их режимы, обуславливающие плодородие.

**Микропроцессы.** Под их влиянием осуществляются элементарные превращения и перенос веществ (увлажнение — высыхание, растворение — осаждение, нагревание — охлаждение, сорбция, окисление органического вещества отмерших растений, образование комплексных органо-минеральных соединений, трансформация минералов и т. д.). Микропроцессы специфических почвенных признаков не формируют.

**Мезопроцессы.** Это определенные комплексы элементарных биотических и абиотических микропроцессов, воздействие которых приводит к формированию отдельных генетических горизонтов и специфических признаков и свойств в профиле почв, но не типов почв: подзолистый процесс, дерновый, солонцовый, осолодения, оглеения, лессиваж и др. Все эти процессы будут охарактеризованы в третьей части учебника при рассмотрении особенностей почвообразования, типов почв и их плодородия разных природных зон.

В качестве примера рассмотрим, из каких основных микропроцессов складывается подзолистый процесс, в основе которого лежат химическое разрушение минеральной части почвы и вынос некоторых продуктов разрушения в нижнюю часть профиля почвы и за ее пределы: разложение лесного опада микрофлорой, образование фульвокислот, химическое взаимодействие фульвокислот с минералами, образование низкомолекулярных органических кислот и других органических соединений, их взаимодействие с минеральной частью почвы, избыточное сезонное увлажнение почв, развитие восстановительных реакций, нисходящие токи почвенных растворов с выносом минеральных и органо-минеральных соединений, трансформация части соединений по пути транспорта с осаждением из почвенных растворов, развитие кислотности.

В результате подзолистого процесса под лесной подстилкой или под гумусовым горизонтом обособляется подзолистый горизонт белесого цвета, обычно пластинчатой структуры, более легкого гранулометрического состава, обогащенный диоксидом кремния, обедненный железом, марганцем и элементами питания растений, с повышенной кислотностью, низкой катионной емкостью поглощения. Под подзолистым горизонтом образуется иллювиальный горизонт, или горизонт вымывания, буровато-коричневого цвета с белесоватой кремнеземистой присыпкой ( $\text{SiO}_2$ ), тяжелого гранулометрического состава, обогащенный железом и алюминием, кислоторастворимыми фосфором и калием, с высокой катион-

ной емкостью поглощения, с наиболее высокой обменной кислотностью в профиле почв.

**Макропроцессы.** Это совокупность мезопроцессов, формирующих тип почвы, т. е. все генетические горизонты профиля. Например, для формирования дерново-подзолистых почв необходимо течение дернового и подзолистого процессов, в их образовании участвует также процесс лессиважа, а в условиях длительного избыточного увлажнения — процесс оглеения. В профиле почв признаки течения этих процессов хорошо выражены морфологически, а генетические горизонты имеют характерные для них состав и свойства с определенной профилейной закономерностью их изменения.

Признаки почв, возникшие в результате течения современных почвенных процессов, называются *рецентными*. Кроме них выделяют признаки *остаточные*, полученные от материнской породы. Направленность почвенных процессов может изменяться, как было показано, в связи с изменением со временем условий почвообразования. Например, могут смениться тип растительности, характер увлажнения почвы и т. д. Это приведет к тому, что появятся новые признаки, а старые еще не исчезнут; по ним можно будет судить об эволюции почв. Такие признаки, оставшиеся от прежних почвенных процессов, называют *реликтовыми*.

### 3.3. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Изменения в материнских породах в результате процессов почвообразования происходили по-разному в зависимости от состава произрастающей растительности, минералогического состава и свойств самой материнской породы, количества выпадающих осадков, положения породы по рельефу и т. д. Эти условия почвообразования, влияющие на скорость почвенных процессов и их результативность, выраженную в уровне плодородия почв, по предложению В. В. Докучаева называют *факторами почвообразования*. К ним относятся растительность и животные организмы, материнская порода, климат, рельеф и возраст почв (продолжительность и скорость почвообразования). Кроме этих пяти факторов имеется еще шестой особый фактор — производственная деятельность человека.

#### 3.3.1. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ И ЖИВОТНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

Главными группами живых организмов этого биологического фактора почвообразования являются древесная и травянистая растительность, мхи, лишайники и водоросли, микроорганизмы (бактерии, грибы, актиномицеты), простейшие, насекомые, беспозвоночные и позвоночные животные.

В каждой природной зоне в естественных условиях установились определенные комбинации этих организмов, называемые биологическими ценозами. Первостепенная роль в накоплении биомассы в биологических ценозах, а также в почвообразовании принадлежит растениям, поэтому В. Р. Вильямс назвал природные биоценозы растительными формациями. Он различал *деревянистые формации* (таежные хвойные леса, широколиственные леса, влажные субтропические леса и др.), *деревянисто-травянистые формации* (ксерофитные леса, саванны и др.), *травянистые формации* (суходольные и заболоченные луга умеренного пояса, представленные характерными ассоциациями растений, травянистые прерии, степи и т. д.), *пустынные формации* и *лишайниково-моховые* (тундры, верховые болота и др.).

Ежегодный общий прирост растительной биомассы в субтропических лиственных лесах, по данным Л. Е. Родина и Н. И. Базилевич, колеблется в пределах 30 т/га и более, в луговых черноземных степях — около 15, в сосняках и ельниках южной тайги — 6—8 и в тундре — до 1 т/га. Ежегодно в почву возвращается после разложения отмершей растительной массы зольных элементов и азота соответственно около 0,8; 0,7; 0,05—0,15 и 0,04 т/га. Наибольшая масса корней по сравнению с надземной массой отмечается у травянистых растений степных областей (70—85%), а наименьшая — у древесных (15—30%).

От состава и деятельности организмов, входящих в растительные формации, зависит общая масса создаваемого ими органического вещества. От характера поступления растительных остатков в почву (в лесных ценозах в основном на почву сверху, а в травянистых — в верхние слои почвы), зольного состава растительных остатков, степени биогенности почв, качественного состава микрофлоры (с учетом влияния других факторов почвообразования) зависят направление процессов гумусообразования, содержание гумуса в почвах, его качественный состав, формирование разной мощности гумусовых горизонтов и в конечном счете образование разных типов почв, отличающихся агрономическими свойствами. В связи с этим в почвообразовании синтез и разрушение органического вещества в почве называют *сущностью почвообразовательного процесса*.

В состав биоценозов входят *почвенные водоросли*. Они, так же как и высшие растения, являются продуцентами органического вещества, но их продуктивность гораздо ниже. Водоросли встречаются в почвах всех природных зон. Их численность и биомасса варьируют в зависимости от влажности, условий освещения и солевого режима даже в одной и той же почве. Количество клеток водорослей в 1 г почвы составляет от 5 тыс. до 1,5 млн, биомасса в слое 0—10 см иногда может достигать сотен килограммов на гектар, а годовая продукция органической массы от 50 до 1500 кг/га. Масса водорослей, преобразованная живым населением почв, входит в

состав органического вещества почв. Водоросли оказывают влияние на накопление азота, режим кислорода и  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе, структуру почв.

В различных биоценозах установился определенный *микробиологический комплекс*, характеризующийся количественным и качественным составом микрофлоры (бактерий, грибов и актиномицетов). Общее количество микроорганизмов в почвах измеряется десятками и сотнями миллионов, достигая 2—3 млрд на 1 г окультуренных почв. Масса микроорганизмов составляет от 3 до 7 т/га, или 1—2 т/га сухого вещества. Во всех почвах всегда преобладают бактерии. В почвах под лесом подавлена жизнедеятельность азотфиксирующих и нитрифицирующих бактерий, снижена активность бактерий, разлагающих клетчатку.

Наибольшее количество микроорганизмов находится в прикорневой зоне (ризосфере) растений и в верхних горизонтах почв, что зависит от содержания органического вещества. Активность микроорганизмов имеет сезонную динамичность в связи с изменяющимся поступлением в почвы тепла и влаги. Роль микроорганизмов многогранна. Они, так же как растения и водоросли, являются источником органического вещества в почве. Под влиянием микроорганизмов происходят процессы гниения органической массы, созданной всем живым населением почвы, они участвуют в азотфиксации атмосферного азота, преобразовании различных химических соединений почв и т. д.

В жизни почв определенную роль играют *лишайники*. Это симбиотические организмы, тело которых состоит из двух компонентов — грибного и водорослевого. Для почвообразования особый интерес представляют две экологические группы лишайников: напочвенные и наскальные. Напочвенные лишайники не выдерживают конкуренции с высшими растениями и редко встречаются на плодородных почвах. Поэтому они обычны на песках, в тундрах, полупустынях, на торфяниках. Лишайники особенно обильно развиваются в сухих сосняках, образуя сплошной покров.

Наскальные группы представлены в основном видами накипных форм. При почвообразовании лишайники оказывают на минеральные массы пород как физическое, так и химическое воздействие. Они образуют сложные органические кислоты, главным образом полифенольного ряда, обладающие хелатирующими свойствами, связывающими катионы выветривающихся минералов.

В почвообразовании активное участие принимают *животные организмы* (почвенная фауна), которые преобразуют органические остатки в результате питания, способствуя гумусообразованию и образованию агрономически ценной структуры, перемещают минеральную массу почвы с органической, активизируя химические реакции между ними, изменяют пористость почв, а следовательно, их воздухоёмкость и водопроницаемость, влияют на биологическую активность почв и т. д. Учитывая особенности образа

жизни и влияние на почву животных разных размеров, их делят на три группы: микро-, мезо- и макрофауну.

**М и к р о ф а у н а.** Включает многоклеточных микроскопических животных: коловраток, нематод, ногохвосток. Их распределение в почве зависит от мертвых растительных остатков и гумуса. Микрофауна не влияет на порозность и другие физические свойства почв из-за малых размеров животных.

**М е з о ф а у н а.** К ней относятся видимые глазом животные, в основном членистоногие, которые живут в полостях и могут мигрировать по профилю почв по трещинам и крупным порам.

**М а к р о ф а у н а.** Представлена в почве дождевыми червями, многоножками, личинками насекомых. Для передвижения в почве они прокладывают себе ходы. В этой группе особо выделяются крупные животные — землерои.

Количество червей может достигать 1—3 млн особей в 1 га пахотного слоя, которые выбрасывают в почву ежегодно более 100 т органико-минеральной массы, прошедшей через их организм. Наличие достаточного количества червей в пахотной почве является хорошим показателем ее биологического состояния, которое может ухудшаться в случаях недостаточного внесения в пахотные почвы органических удобрений на фоне возрастающих доз минеральных удобрений и неправильного применения пестицидов при возделывании сельскохозяйственных культур.

Около 95 % всех насекомых часть или всю жизнь проводят в почве, преобразуя в результате питания органические остатки, изменяя химический состав твердой фазы почвы и ее физические свойства.

В почвах, особенно целинных степных областей, живет большое количество землероющих и других животных (суслики, кроты, степные мыши, полевки и т. д.). Их деятельность может быть настолько активной, что отдельные почвы получили название *перерытые*. Землерои в результате выбросов почвы и породы на поверхность земли в виде бугорков создают своеобразный микрорельеф, играющий особенно большую роль в почвообразовательных процессах засушливых областей.

В результате даже краткого рассмотрения влияния растительных и животных организмов на процесс образования почвы можно сделать вывод о том, что биологический фактор является ведущим в почвообразовании. На это уже обращалось внимание при рассмотрении общей схемы почвообразовательного процесса. Ведущим он является потому, что играет главную роль в обмене веществ и энергией между почвой, растениями и животными организмами. Без этого обмена почва образоваться не может. Но результат такого обмена, который привел к формированию в природной среде разных по составу и свойствам почв, зависел от комплекса конкретных условий почвообразования (или факторов почвообразования), сложившихся на той или иной территории.

При освоении целинных территорий под пашню резко изменяется состав всего живого населения почв, формируются агробиоценозы, значительно отличающиеся от природных биоценозов составом организмов. В связи с этим изменяются направление природных процессов почвообразования, состав и свойства почв. Очень важно в этом случае создать наилучшие условия для жизнедеятельности компонентов агробиоценозов, обеспечивающих повышение плодородия почв.

### 3.3.2. МАТЕРИНСКАЯ, или ПОЧВООБРАЗУЮЩАЯ, ПОРОДА

Само название породы указывает на то, что она является основной, или основной массой, почвы. Материнские породы на территории России большей частью представлены четвертичными осадочными смешанными горными породами (см. табл. 4). Они передают образующимся на них почвам свой минералогический и гранулометрический состав и те «почвенные» признаки (водо- и воздухопроницаемость, влагоемкость, количество доступных для растений элементов питания и т. д.), которыми стали обладать, превращаясь в течение миллионов и миллиардов лет в рыхлые породы из плотных массивных горных пород. Чем разнообразнее минералогический состав материнских пород, тем плодороднее на них образуются почвы, так как создается для растений лучший пищевой режим. Большой частью богатство материнской породы минералами сочетается с ее гранулометрическим составом. Более легкие по гранулометрическому составу породы и почвы оказываются, как правило, более бедными по минералогическому составу, так как в них больше содержится песчаных фракций, состоящих из диоксида кремния — минерала, довольно устойчивого к выветриванию.

Минералогический состав материнской породы оказывает большое влияние на направление почвообразовательных процессов. Например, карбонатность породы препятствует течению подзолистого процесса, так как  $\text{CaCO}_3$  нейтрализует фульвокислоты и таким образом устраняется их разрушающее действие на минералы. Карбонатность породы способствует течению гумусово-аккумулятивного процесса, образованию водопрочной структуры.

Гранулометрический состав материнской породы влияет на формирование профиля почвы. Так, песчаные и супесчаные дерново-подзолистые почвы имеют более растянутые генетические горизонты, так как в результате повышенной их водопроницаемости нисходящие токи почвенных растворов изменяют породу на большую глубину. Глинистый гранулометрический состав породы может способствовать заболачиванию из-за плохой водопроницаемости. Заболачиванию также может способствовать бедный минералогический состав породы. В этом случае развивающиеся почвы не могут нормально удовлетворять травянистые растения в

элементах питания, создаются условия для господства моховой растительности, менее требовательной к минеральному питанию. Со временем происходит накопление моховой органической массы, обладающей повышенной влагоемкостью, что приводит к накоплению воды и заболачиванию. Так образуются болота, называемые верховыми, в отличие от низинных болот, образующихся на переувлажненных территориях.

В результате почвообразования и продолжающихся процессов выветривания материнская порода частично теряет свойства, которыми она ранее обладала. Изменяется ее минералогический состав, так как образуются вторичные минералы, происходит вынос карбоната кальция за пределы почвенного слоя, почвы могут засоляться в результате выпотного типа водного режима и т. д. Изменяется гранулометрический состав породы в результате оглинивания и гумусообразования. Например, подзолистый процесс почвообразования приводит к возникновению генетических горизонтов, резко отличающихся по минералогическому и гранулометрическому составу. Более легкий подзолистый и тяжелый иллювиальный горизонт, залегающий под подзолистым, создает условия для формирования в весеннее время в подзолистом горизонте верхних вод.

Изменения материнских пород в результате почвообразовательных процессов могут быть самыми различными при разном сочетании факторов почвообразования.

### 3.3.3. КЛИМАТ

Климат определяет поступление лучистой энергии солнца, тепла и влаги на земную поверхность, в результате создается определенный гидротермический режим почв. Следовательно, от климата зависят условия жизни биологического фактора почвообразования, а также направление и скорость биологических и абиотических процессов.

Климат характеризуется комплексом показателей, но для понимания процессов почвообразования в почвоведении используют только некоторые: годовое количество осадков, коэффициент увлажнения почв, среднегодовую температуру воздуха, средние многолетние температуры января и июля, сумма среднесуточных температур воздуха за период с температурой выше 10 °С, продолжительность этого периода, длина вегетационного периода.

Учитывая важность гидротермического режима для почвообразования, иногда целесообразно подразделять климат на группы не по комплексу показателей, а только по температурным условиям или особенностям увлажнения почв (табл. 5 и 6).

Климатические показатели имеют зональную (поясную) изменчивость, что предопределило образование на земном шаре растительных и почвенных зон. Однако в каждой почвенно-клима-

## 5. Группы климата по сумме среднесуточных температур воздуха

Группа	Климат	Сумма среднесуточных температур воздуха за период выше 10°C, °C
1	Холодный (полярный)	Менее 600
2	Холодно-умеренный (бореальный)	600—2000
3	Теплоумеренный (суббореальный)	2000—3800
4	Теплый (субтропический)	3800—8000
5	Жаркий (тропический)	Более 8000

## 6. Группы климата по величине отношения годового количества выпадающих осадков к испаряемости\*

Группа	Климат	Коэффициент увлажнения (по Высоцкому—Иванову)
1	Очень влажный (экстрагумидный)	Более 1,33
2	Влажный (гумидный)	1,33—1,00
3	Полувлажный (семигумидный)	1,00—0,55
4	Полусухой (семиаридный)	0,55—0,33
5	Сухой (аридный)	0,33—0,12
6	Очень сухой (экстрааридный)	Менее 0,12

\* Испаряемость — годовое испарение с открытой водной поверхности, мм.

тической зоне кроме преобладающих типов почв встречаются также и другие почвы, что определяется в большой степени неодинаковым гидротермическим режимом почв разных территорий одной и той же климатической зоны, оказывающим влияние на формирование биоценозов и течение почвенных процессов. Например, это связано с рельефом, который перераспределяет тепло и воду. Нижние части склонов всегда больше увлажнены, а склоны южной экспозиции получают больше солнечного тепла. Песчаные почвы прогреваются быстрее и глубже, чем глинистые; нагреваемость почв и пород зависит от их окраски.

Некоторые климатические воздействия способствуют развитию водной и ветровой эрозии почв и пород: интенсивно выпадающие осадки в теплое время, интенсивное весеннее снеготаяние, наличие периодов без осадков с активным испарением влаги из почвы и сильными ветрами.

Для климатических показателей характерна динамичность в течение суток, недели, месяца, года, а это определяет динамичность протекающих в почвах процессов и влияет на эволюцию почв. Ученые обратили внимание на выраженность вековых природных климатических циклов с нарастающими к концу века возмущениями климата: бури, засухи, наводнения и т. д. Происходят также медленные глобальные изменения климата в течение десятков тысяч лет. Напомним, что в начале четвертичного геологического периода Скандинавский полуостров, Северный Урал и другие территории являлись очагами оледенений. На европейской территории

России в настоящее время продолжается медленное потепление климата.

В агрономической практике используют приемы, которые помогают значительно ослабить или устранить неблагоприятные климатические воздействия на почвы и сельскохозяйственные растения. Недостаток осадков восполняют орошением, избыточное увлажнение почв — осушением; накопление влаги достигают снегозадержанием и регулированием снеготаяния полосным зачернением снеговой поверхности поперек склона торфяной или земляной пылью, золой; испарение влаги уменьшают мульчированием поверхности почвы соломой, торфом и другими материалами. Можно значительно уменьшить губительное воздействие суховея в степных районах, повысить влажность почв и относительную влажность воздуха, препятствовать высокой нагреваемости почв с помощью посадки лесных полос.

Нагреваемость почвы и освещенность при возделывании сельскохозяйственных культур можно регулировать нормой высева семян или густотой посадки культуры, шириной и направленностью междурядий (желательно с севера на юг) и т. д.

Земледельцы должны хорошо знать, какие агротехнические приемы к каким изменениям гидротермического режима почв приводят, чтобы благоприятно влиять на течение почвенных процессов, повышение плодородия почв.

#### 3.3.4. РЕЛЬЕФ

Главная роль рельефа заключается в том, что он перераспределяет воду и тепло. Склоны южной экспозиции являются наиболее теплыми и сухими, им следует отдавать предпочтение при выборе участков под сады. На южных склонах почвы раньше поспевают для обработки и посева сельскохозяйственных культур, глубже прогреваются, лучше освещаются солнцем. В результате меньшей влажности почв южных склонов впитывание дождевой воды ими идет хуже, чем на склонах других экспозиций. Такие почвы больше подвергаются водной эрозии. Нижние части склонов переувлажняются за счет стекания талых и дождевых вод.

Перераспределение склонами атмосферной влаги и тепла вызывает изменения пищевого, воздушного, окислительно-восстановительного, солевого и других режимов. Создаются неодинаковые условия для жизнедеятельности биоценозов, синтеза и разложения органического вещества. Поэтому на разных элементах рельефа формируются различные по свойствам почвы. Следует заметить, что глубина нахождения грунтовых вод больше зависит от геологического строения осадочных пород, чем от рельефа. Поэтому вызывает удивление, что на повышенных элементах рельефа грунтовые воды оказываются иногда ближе к поверхности.

В почвоведении различают три группы форм рельефа: макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф.

**Макрорельеф.** Характеризует общий облик большой территории: равнина (волнистая, увалистая, холмистая), горный рельеф. Макрорельеф сформировался в основном в результате тектонических процессов земной коры. Но в последующее время под воздействием экзогенных факторов и явлений получил характерные очертания: ледниковый рельеф, эрозионный рельеф.

**Мезорельеф.** Под ним понимают рельефные образования, из которых складывается макрорельеф: холмы, увалы, балки, долины рек и т. д. Они возникли под влиянием небольших тектонических поднятий и последующего длительного разрушения и переотложения осадочных обломочных пород ветром, дождевыми, тальми, речными, ледниковыми водами и другими факторами переноса и переотложения пород. В результате произошло общее выравнивание рельефа.

**Микрорельеф.** Характеризуется небольшими относительными колебаниями почвенной поверхности большей частью в пределах 5—15 см. Площадь микропонижений и микроповышений может быть от 0,5 до нескольких сотен квадратных метров. Хорошо выраженный микрорельеф наиболее типичен для степных районов. Причинами его образования являются: просадка пород в результате снижения их карбонатности и засоленности при почвообразовании; действие землероев, образующих на поверхности холмики выброшенной почвы и породы; неравномерность густоты травостоя на микропонижениях и микроповышениях, так как почвы микропонижений более засоленные и солонцеватые вследствие обогащения их солями, стекающими с микроповышений тальми и дождевыми водами, — в результате органические и минеральные частицы выдуваются ветром с пересохших летом почти не покрытых растениями микропонижений и оседают на микроповышениях с повышенной густотой травостоя. В связи с тем что на разных элементах микрорельефа создаются неодинаковый характер увлажнения и солевой режим, формируется пятнистое или комплексное распределение растительного, а следовательно, и почвенного покрова.

Более слабо микрорельеф выражен и в других почвенно-климатических зонах. В лесной зоне микроповышения формируются у прикорневой зоны деревьев в результате накопления органической и минеральной массы. Микрорельеф может образоваться в результате криогенных явлений, сноса верхних горизонтов почв и пород в местах водотоков талых и дождевых вод, карстовых и оползневых явлений и т. д. На микропонижениях пахотных земель в результате переувлажнения сельскохозяйственные растения часто подвергаются вымоканию, а покрытые ледяной коркой — выпреванию на микроповышениях, слабо покрытых снегом, вымерзают в периоды низких зимних температур. При выраженном микроре-

льефе семена растений при посеве не заделываются на строго определенную глубину, прорастают неравномерно, что снижает урожай. Поэтому выравнивание поверхности поля является важным агротехническим приемом.

Перераспределение осадков по склонам и глубина нахождения почвенно-грунтовых вод приводят к образованию разных по режиму увлажнения почв с соответствующими для них признаками.

*Почвы автоморфного ряда* переувлажнения не испытывают; в их профиле отсутствуют новообразования, связанные с развитием восстановительных процессов. Уровень почвенно-грунтовых вод у автоморфных суглинистых и глинистых почв ниже 4—6 м; капиллярная кайма не достигает почвенного слоя.

*Почвы полугидроморфного ряда* испытывают периодическое переувлажнение делювиальными водами; уровень почвенно-грунтовых вод высокий. Капиллярная кайма поднимается в почвенный слой и влияет на развитие восстановительных процессов; в верхнем слое почв повышенное содержание органического вещества; в профиле могут встречаться глееватые и ржавые пятна.

*Почвы гидроморфного ряда* находятся длительное время под воздействием избыточного поверхностного и грунтового увлажнений с развитием отчетливых восстановительных процессов по всему профилю с образованием торфа (или перегнойной органической массы) и глея.

При развитии некоторых форм рельефа (образование оврагов, врезание долин рек в осадочные обломочные горные породы при понижении базиса эрозии и т. д.) может произойти естественное дренажирование территорий, сопровождаемое понижением уровня почвенно-грунтовых вод. В результате в почвах изменяется направление почвообразовательного процесса. В качестве примера можно привести образование серых лесных почв в восточных регионах европейской части России из дерново-глеевых почв.

### 3.3.5. ВОЗРАСТ ПОЧВ

Различают абсолютный и относительный возраст почв. Абсолютный возраст исчисляется временем формирования почв с момента образования материнской породы до сегодняшнего дня. Абсолютный возраст почв основной территории европейской части России составляет 60—80 тыс. лет, так как примерно столько лет назад произошло отложение материнских пород в период освобождения ее территории от четвертичных льдов и действия ледниковых вод. Наибольший абсолютный возраст имеют почвы тропических областей (до миллиона лет), а наименьший — прирусловой части поймы, так как они ежегодно сносятся при разливе рек, а после окончания паводка почвообразовательный процесс начинается заново на свежотложенных аллювиальных породах.

Относительный возраст почв характеризует скорость почвообразовательного процесса. Так, в лесной зоне слабоподзолистые почвы являются более молодыми по сравнению со средне- и сильноподзолистыми почвами, образовавшимися на одной территории, на тех же материнских породах. Это может быть связано с различным положением почв по рельефу.

### 3.3.6. ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Производственная деятельность человека является мощным фактором изменения свойств природных почв и протекающих в них процессов, так как в результате освоения целинных земель под пашню течение естественных почвенных процессов прерывается.

Освоение под пашню больших площадей целинных земель на территории России произошло сравнительно недавно, во втором тысячелетии. Наиболее длительно в земледелии используются черноземы и серые лесные почвы.

В настоящее время накоплено много научных данных, подкрепленных практикой, позволяющих осуществлять в земледелии научно обоснованный комплекс агромероприятий по сохранению и повышению плодородия почв.

В результате земледельческого использования почв человек создал новые биоценозы — *агробиоценозы*. Возникли совершенно новые взаимоотношения культурных растений с животным населением почвы, с окружающей средой. Земледельческое использование почв нарушило также установившийся естественный баланс органического вещества в почве в результате его отчуждения с урожаем. Поэтому обязательным агроприемом является внесение в почвы обоснованных доз органических удобрений.

В связи с различными требованиями сельскохозяйственных культур к плотности пахотного слоя, содержанию и соотношению в почве элементов питания, к реакции почв необходимо проводить разные системы обработки и удобрения почв, известкование кислых почв и гипсование щелочных. Необходимо регулировать водный, воздушный и другие режимы почв. Несоблюдение комплекса агромероприятий приводит к быстрому ухудшению свойств почв, снижению их плодородия.

При осуществлении тех или иных агроприемов всегда следует помнить, что культурные растения в отличие от диких предъявляют повышенные требования к условиям обитания, в результате они дают несравненно более высокие урожаи. Задача земледельцев состоит в том, чтобы умело использовать почвы, которые являются главным нашим богатством.

### 3.3.7. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Оно привело к образованию почвенных зон с преобладанием в каждой из них характерных типов почв: подзолистых, серых лесных, черноземов, каштановых и др. Эти почвы называют *зональными*. Почвенные зоны на равнинных территориях в основном совпадают с климатическими и растительными поясами или зонами (зона тундры, таежно-лесная, лесостепная, лугово-степная, сухостепная и др.). По предложению В. В. Докучаева почвенные зоны равнинных территорий называют *широтными* или *горизонтальными почвенными зонами*.

Среди зональных почв встречаются также другие почвы. Их образование не подчиняется законам зональности, а обусловлено влиянием рельефа и различием в составе и свойствах материнских пород, которые корректируют на отдельных территориях зоны направление основного почвообразовательного процесса, изменяя количественный и качественный состав элементов, участвующих в почвообразовании, и гидротермические условия. Так, в южно-таежной подзоне таежно-лесной зоны среди преобладающих дерново-подзолистых почв встречаются дерново-луговые и дерново-карбонатные почвы. Во всех почвенных зонах имеются болотные и пойменные почвы. В сухостепной зоне среди каштановых почв характерно наличие солонцов. Указанные почвы, не имеющие преобладающего распространения в почвенных зонах, называют *азональными* или *интразональными*. Все они имеют в профиле некоторые признаки зональных почв, среди которых сформировались.

Факторы почвообразования, определяющие зональность почв (климат, растительность и животные организмы), закономерно изменяются поясами также в горных областях в связи с изменением высоты. Это привело к образованию почвенных зон, названных В. В. Докучаевым *вертикальными*. Все они, за некоторым исключением, имеют аналоги среди горизонтальных почвенных зон: нивальная — арктическая, субнивальная — субарктическая, горно-тундровая — тундровая, горно-лесная зона подзолистых почв — таежно-лесная зона подзолистых почв и т. д. Наличие тех или иных вертикальных почвенных зон определяется высотой и расположением горной области в той или иной широтной почвенной зоне.

Особенностью вертикальной зональности является то, что в некоторых случаях горно-лесной зоне предшествует альпийская зона с горно-луговыми почвами, которая отсутствует среди широтных почвенных зон. Сложность, прежде всего рельефа, иногда в горных областях изменяет последовательность смены почв по поясам, так как рельеф в горных условиях оказывает огромное влияние на перераспределение продуктов выветривания и почвообразования, развитие эрозии, на тепловой и водный режимы.

1. Когда начался почвообразовательный процесс на поверхности Земли? 2. Какие изменения в горных породах произошли под влиянием первичного почвообразовательного процесса? 3. Что подразумевается под накоплением «почвенных» признаков в осадочных обломочных горных породах в дочетвертичное время? 4. Что называется почвообразовательным процессом? 5. Какие главные изменения произошли в материнских породах в четвертичный период при превращении их в почву? 6. Что такое малый биологический и большой геологический круговороты веществ в природе? 7. Что такое плодородие почв? 8. Как подразделяются почвенные процессы и к каким изменениям материнских пород они приводят? 9. Какие признаки почв называются речентными, остаточными и реликтовыми? 10. Назовите факторы почвообразования. 11. Какое влияние оказывает каждый фактор почвообразования на почвенные процессы, состав и свойства почв? 12. Каковы условия почвообразования и в каком направлении их можно изменить под воздействием агрономической деятельности человека? 13. Что такое макро-, мезо- и микрорельеф, какое влияние они оказывают на почвообразование? 14. Какие вы знаете группы почв по увлажнению? 15. Какие почвенные зоны называются горизонтальными, а какие вертикальными, с чем это связано? 16. Чем отличаются зональные почвы от интразональных? 17. Перечислите особенности вертикальной зональности.

## Глава 4

### **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ КАК ВНЕШНЕЕ ОТРАЖЕНИЕ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ, СОСТАВА И СВОЙСТВ ПОЧВ**

Как уже отмечалось, в результате образования почв произошли большие изменения в составе и свойствах материнских пород. Это отразилось на изменении их внешнего вида или внешних признаков. Внешние признаки называют *морфологическими*. К ним относятся строение почвенного профиля, мощность почвы и отдельных горизонтов, окраска почвы, ее влажность, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования, включения, характер перехода от одного генетического горизонта к другому и иные особенности. В связи с тем что они точно отражают последствия определенных почвообразовательных процессов, состав и свойства почв, их используют в классификационных целях, для диагностики почв; по ним можно делать выводы о плодородии и эволюции почв, что очень важно для агрономической практики. Приведем краткое описание внешних, или морфологических, признаков почв.

#### **4.1. СТРОЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ**

Каждая почва состоит из слоев, или генетических горизонтов, характерных только для нее. Определенное сочетание горизонтов составляет *профиль почвы*. Например, в целинной дерново-подзолистой почве сверху выделяется горизонт лесной подстилки, под

ним — гумусовый горизонт, ниже — подзолистый, иллювиальный, далее горизонт, переходный к материнской породе, и материнская порода; для болотной почвы обязательными будут торфяной слой и под ним — минеральный глеевый горизонт. Почвы получили названия по наличию тех или иных горизонтов с соответствующими морфологическими признаками. Названия почв на почвенных картах обозначают индексами ( $P^a$  — дерново-подзолистые, Л — лесные почвы, Ч — черноземы и т. д.).

Каждый горизонт также имеет название и индекс:  $A_0$  — горизонт лесной подстилки или степной войлок; А — гумусово-аккумулятивный горизонт;  $A_n$  — пахотный;  $A_2$  — эллювиальный (подзолистый, осолоделый); В — иллювиальный, или горизонт вымывания; в черноземах этим индексом может обозначаться горизонт без признаков иллювированности; Т — торфяной; G — глеевый, другие горизонты; С — материнская порода; Д — подстилающая порода. Горизонт с морфологическими признаками выше- и нижележащего слоев называют переходным и обозначают двумя буквами, например  $A_2B$ , ВС; первая буква — индекс вышележащего слоя, вторая — нижележащего.

В третьей части учебника вы ознакомитесь со строением профиля основных типов почв России, используемых в земледелии, с их составом и свойствами, а на лабораторно-практических и полевых занятиях закрепите свои знания — изучите характерные признаки разных почвенных горизонтов и по их наличию в профиле будете давать названия почв, освоите методы выполнения химических и других анализов образцов почв генетических горизонтов, а в итоге по морфологическим и аналитическим показателям научитесь оценивать уровень плодородия почв.

## 4.2. МОЩНОСТЬ ПОЧВЫ И ОТДЕЛЬНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Мощность почвы складывается из мощности отдельных горизонтов. Под почвенным слоем выделяется слаботронутая почвообразовательным процессом материнская порода. Мощность отдельных горизонтов обозначают в сантиметрах (верхняя и нижняя границы от поверхности), например  $A_n 0—22$  см,  $B_1 57—82$  см. Эти границы горизонтов определяются при просмотре профиля почвы сверху вниз по изменению одного или нескольких морфологических признаков.

## 4.3. ОКРАСКА ПОЧВ

Окраска является наиболее заметным морфологическим признаком. Народные названия почв связаны именно с этим признаком: подзол (напоминает цвет золы), чернозем, серая лесная по-

чва, каштановая, серозем. Эти народные названия были использованы в почвоведении при разработке классификации почв, так как они характеризуют особенности гумусово-аккумулятивных процессов в разных почвенных зонах, состав и свойства почв.

Для определенных генетических горизонтов типична своя окраска, являющаяся отражением прошедших почвообразовательных процессов, химического и минералогического составов твердой фазы почв. Гумусовые вещества окрашивают почву и ее горизонты в черные, серые и бурые тона. Окисные соединения железа придают красноватые, ржавые и желтоватые оттенки, а закисные соединения — сизовато-голубоватые (в глеевых горизонтах болотных почв), соединения марганца — фиолетово-черные оттенки. Диоксид кремния, или кремнезем, образующийся в подзолистом горизонте при разрушении алюмосиликатов, в результате подзолистого процесса почвообразования обуславливает белесую окраску, углекислый кальций, каолинит, гидрат окиси алюминия — белую и т. д.

Почвенная окраска обычно является смешением окрасок, составляющих почву химических соединений. Она не бывает яркой. Интенсивность окраски зависит от влажности почв: чем влажнее почва, тем темнее окраска; глыбистая поверхность вспаханного поля выглядит более темной. В утренние часы преобладание ультрафиолетовых лучей в солнечном спектре, а вечером — инфракрасных изменяет цветовые оттенки почвы. Поэтому сравнивать цвета почв следует в сухом состоянии и в дневное время.

Названия окрасок почв имеют свою специфику; иногда отмечают даже оттенки, например светло-бурая, светло-серая с белесым оттенком, буровато-серая и т. д. Для того чтобы правильно назвать окраску почв, необходимо приобрести определенный опыт; целесообразно использовать шкалы окраски почв, исключая субъективизм.

#### 4.4. ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВ КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК

В полевых условиях важно охарактеризовать внешние признаки увлажненности почв. Это позволяет сделать предположение о наличии капиллярного подъема воды в почвенный слой от горизонта почвенно-грунтовых вод, выявить присутствие свободной воды в профиле почв, влияющей на развитие восстановительных процессов, определить глубину промачивания почв после дождя или глубину иссушения почв в засушливый период лета и т. д.

В полевых условиях выделяют пять групп внешних признаков влажности почвенных горизонтов (суглинистого и глинистого граулометрических составов).

1. Почвенный горизонт *сухой* — образец почвы из горизонта,

помещенный на ладонь, не холодит руку, после его сжатия в руке он рассыпается.

2. Почвенный горизонт *свежий* — образец почвы холодит руку, после его сжатия в руке комок почти не рассыпается.

3. Почвенный горизонт *влажный* — образец почвы при сжатии в руке хорошо держит форму, но раскатать его в шнур не удастся; лист фильтровальной бумаги, приложенный к почве, сыреет.

4. Почвенный горизонт *сырой* — образец почвы легко формуется, из него можно легко скатать шарик и раскатать его в шнур.

5. Почвенный горизонт *мокрый* — из него сочится вода.

Эти внешние признаки влажности почв с некоторой корректировкой можно также использовать для песчаных и супесчаных почв.

#### 4.5. ПОЧВЕННАЯ СТРУКТУРА

Это агрегаты, на которые распадается твердая фаза почвы. Они морфологически различаются по форме, размеру и свойствам, состоят из склеенных природными «цементами» частиц песка, пыли и ила. Основными природными клеящими веществами являются гумус, наиболее дисперсная часть ила, гидроксиды железа и алюминия, бикарбонат кальция.

В таблице 7 приводится классификация почвенной структуры, основы которой заложены С. С. Захаровым. По размеру различают три группы агрегатов: макроструктура (> 10 мм), мезоструктура (0,25—10 мм) и микроструктура (< 0,25 мм).

#### 7. Классификация почвенной структуры

Род	Вид	Размеры поперечника (для I и II типов) и толщина отдельностей (для III типа), мм
<i>Тип — кубовидная</i>		
Глыбистая — неправильная форма и неровная поверхность	Крупноглыбистая	> 200
	Глыбистая	200—100
Комковатая — неправильная округлая форма, шероховатая поверхность, ребра сглаженные	Мелкоглыбистая	100—10
	Крупнокомковатая	10—3
	Комковатая	3—1
	Мелкокомковатая	1—0,25
Пылеватая	Пылеватая	< 0,25
	Крупноореховатая	> 10
Ореховатая — более или менее правильная форма, поверхность граней сравнительно ровная, ребра острые	Ореховатая	10—7
	Мелкоореховатая	7—5
Зернистая — более или менее правильная форма, острогранная, с гранями то шероховатыми и матовыми, то гладкими и блестящими	Крупнозернистая (гороховатая)	5—3
	Зернистая (крупитчатая)	3—1
	Мелкозернистая (порошистая)	1—0,25

Род	Вид	Размеры поперечника (для I и II типов) и толщина отдельностей (для III типа), мм
<i>II тип — призмовидная</i>		
Призматическая — грани хорошо выражены, ребра острые, плоские, не всегда горизонтальные основания	Крупнопризматическая	> 50
	Призматическая	50—30
	Тонкопризматическая	30—10
	Карандашная	< 10
Столбчатая — довольно правильная форма с округлой головкой	Крупностолбчатая	> 50
	Столбчатая	50—30
	Тонкостолбчатая	< 30
Столбчатовидная — неправильная форма со слабо выраженными неровными гранями и сглаженными ребрами	Крупностолбчатовидная	> 50
	Столбчатовидная	50—30
	Тонкостолбчатовидная	< 30
<i>III тип — плитовидная</i>		
Плитчатая (слоеватая) — с более или менее развитыми горизонтальными плоскостями спайности	Сланцеватая	> 5
	Плитчатая	5—3
	Пластинчатая	3—1
	Листоватая	< 1
Чешуйчатая — со сравнительно небольшими, отчасти изогнутыми плоскостями и часто острыми ребрами (некоторое сходство с чешуей рыбы)	Скорлуповидная	> 3
	Грубочешуйчатая	3—1
	Мелкочешуйчатая	< 1

Для каждого генетического горизонта суглинистых и глинистых почв, а следовательно, и для почвенного профиля характерна определенная структура. В супесчаных почвах структура выражена плохо, а песчаные почвы бесструктурные. Глыбистая структура характерна для пахотных, глеевых и переходных к материнской породе горизонтов, комковатая и зернистая структура — для гумусовых горизонтов, ореховатая — для иллювиальных и солонцеватых горизонтов, пылеватая — для гумусовых горизонтов старопахотных или интенсивно обрабатываемых почв, призматическая — для иллювиальных и солонцеватых горизонтов, столбчатая — для солонцовых горизонтов, плитовидная — для элювиальных горизонтов.

В генетических горизонтах большей частью встречается не один вид структуры, поэтому ее принято называть по преобладанию одного или двух видов агрегатов, например мелкоореховатая, комковато-глыбистая, пылевато-комковатая и т. п. (при двойном обозначении структуры на второе место ставят название структуры, которой больше всего в горизонте).

Образование того или иного вида структуры связано с процессами почвообразования. Так, плитовидная структура в элювиальных горизонтах сформировалась в результате процессов оподзо-

ливания и осолодения, зернистая и комковатая — в результате дернового почвообразовательного процесса. В агрономическом отношении лучшими считаются комковатая и зернистая структуры, так как они обеспечивают наиболее благоприятные водные и воздушные свойства почв. Кроме того, ценится структура, обладающая *водопрочностью*, т. е. способностью не расплываться в воде, сохраняя свою форму. Структуру принято также характеризовать по *связности* (в сухом состоянии), т. е. способности противостоять механическому (физическому) разрушению. Связность структуры имеет прямую связь с гранулометрическим составом: чем он тяжелее, тем выше связность.

#### 4.6. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК

Определение гранулометрического состава в поле дает возможность понять, почему почвы содержат неодинаковое количество гумуса и элементов питания, почему одни почвы поспевают для обработки раньше, а другие позже, почему генетические горизонты имеют разный гранулометрический состав и т. д. По изменению гранулометрического состава определяют мощность почвы и отдельных горизонтов, устанавливают границы между почвами. Известно много примеров, подтверждающих, что гранулометрический состав является важным морфологическим признаком.

Для определения гранулометрического состава почв разработаны лабораторные и полевые методы. Среди лабораторных методов наиболее признан метод Н. А. Качинского, имеющий достаточно высокую точность. При изучении почв в природных условиях используют полевой метод. Он менее точен, но позволяет быстро дать главное название гранулометрического состава.

Полевой метод определения гранулометрического состава почв и пород основан на увлажнении их образцов до оптимальной влажности (до сырого состояния), скатывании из него шарика между ладонями, раскатывании в шнур и изгибании шнура. Названия по гранулометрическому составу дают в зависимости от того, как ведет себя при этом образец.

##### Полевой метод определения гранулометрического состава

<i>Полевое название гранулометрического состава</i>	<i>Признаки поведения сырого образца почвы или породы</i>
Песок:	
рыхлый	Шарик не скатывается
связный	Шарик скатывается плохо, образуются трещины
Супесь	Шарик скатывается, но раскатать его в шнур не удается

Суглинок: легкий	Шарик раскатывается в шнур, но дробится на части или концы шнура не острые
средний	Шнур имеет острые концы, но при изгибе в полукруг дает трещины
тяжелый	Шнур не трескается при изгибе в полукруг
Глина	Из шнура можно сделать восьмерку без трещин. Образец плохо доводится до оптимальной влажности, так как жадно впитывает воду, при насыщении водой часто превращается в мягкую, сильно мажущуюся, «жирную» на ощупь массу

От этого «мокрого» метода необходимо перейти к «сухому» методу, для чего следует запомнить ощущение влажных и сухих образцов разных по гранулометрическому составу почв при растирании их между пальцами. Потренировавшись, можно будет легко определять гранулометрический состав полевым методом. В этом вам поможет внешний вид поверхности вспаханного поля. Чем лучше его оструктуренность и выше связность структурных отдельностей, тем тяжелее гранулометрический состав. Полевые названия гранулометрического состава должны выборочно проверяться лабораторным методом.

#### 4.7. СЛОЖЕНИЕ

Под *сложением* почв понимают внешнее выражение плотности и пористости составляющих почву генетических горизонтов. О плотности судят по усилию, с которым входят в почвенные слои (горизонты) нож или лопата. Выделяют пять показателей плотности: *рыхлое сложение* — нож или лопата входят в горизонт легко (пахотные горизонты, верхние слои почв, обогащенные органикой, и др.); *рассыпчатое сложение* — характерно для верхних горизонтов песчаных и супесчаных почв, вследствие своей бесструктурности они в сухом состоянии представляют сыпучую массу; *уплотненное сложение* — нож или лопата входят в горизонт с усилием (подзолистые горизонты, гумусовые подпахотные слои многих почв и др.); *плотное сложение* — нож или лопата входят в горизонт с большим усилием (иллювиальные горизонты подзолистых, серых лесных почв, черноземов и др., образовавшиеся на тяжелых по гранулометрическому составу материнских породах); *очень плотное сложение* — нож или лопата в горизонт почти не входят; при копке ямы приходится пользоваться ломом или киркой (горизонты, переходные к материнской породе светло-каштановых почв, некоторых древнеорошаемых сероземов и др.).

По пористости различают: *тонкопористое сложение*, когда почва пронизана порами диаметром до 1 мм; *пористое* — диаметр пор 1—3 мм; *губчатое* — преобладают поры 3—5 мм в поперечнике; *ноздреватое* — полости 5—10 мм; *ячеистое* — полости более

10 мм в поперечнике; *трубчатое* — полости в виде каналов, прорытые землярями. Порозность (пористость) может быть внешне выражена также в виде трещин: *тонкотрещиноватое сложение* — при ширине трещин не более 3 мм; *трещиноватое* — трещины 3—10 мм; *щелеватое* — ширина трещин более 10 мм. Ширина трещин зависит от влажности почвенных горизонтов.

Кроме морфологических показателей сложения почв различают физические показатели их плотности и порозности (см. главу 11) — плотность, плотность твердой фазы и порозность (скважность).

Сложение почвы является важным признаком при определении условий произрастания плодовых, ягодных и сельскохозяйственных культур; оно оказывает большое влияние на сопротивление почвообрабатывающим орудиям, глубину проникновения корней растений, водопроницаемость и водоподъемную способность почв; трещиноватость часто связана с солонцеватостью.

#### 4.8. НОВООБРАЗОВАНИЯ И ВКЛЮЧЕНИЯ

*Новообразование* — это скопления веществ различного химического состава, химического и биологического происхождения, возникшие в почвах в результате почвообразовательных процессов. Например, накопление в элювиальных горизонтах лесных почв такого новообразования, как *кремнеземистая присыпка*, связано с подзолообразованием, с воздействием на минеральную часть почвы фульвокислот — продуктов биологического происхождения и химических реакций органических соединений почвы; образование *глей* (закисных соединений железа) в минеральных слоях болотных почв происходит с участием биологического фактора при развитии анаэробных процессов. В случае смены восстановительных процессов окислительными на отдельных участках глеевых горизонтов образуются *ржавые пятна* окисных соединений железа; *легкорастворимые соли* (хлориды, сульфаты и др.) могут образовываться и накапливаться в почвах засушливых областей как в результате минерализации растительных остатков при их разложении микроорганизмами, так и в результате химического осаждения из засоленных почвенно-грунтовых вод при выпотном типе водного режима.

Для подзолистых (элювиальных) горизонтов обычными являются *орштейновые зерна*, или *рудяковые бобовины* (дробовины), — твердые окремненные скопления соединений железа и марганца овальной и округлой форм, образовавшиеся при неоднократном чередовании восстановительных и окислительных процессов. Иногда эти скопления мелкие и мягкие, тогда их называют *железисто-марганцовистыми вкраплениями* или *примазками*. Они встречаются как в элювиальных, так и в иллювиальных горизонтах суглинистых и глинистых почв.

Для иллювиальных горизонтов суглинистых и глинистых подзолистых и других почв характерны глянцеватые бурые и коричневатые пленки на стенках трещин и гранях ореховатых или призмовидных структурных отдельностей — *коллоидные корочки*, являющиеся показателем идущих в почве процессов разрушения органо-минерального комплекса, передвижения коллоидных растворов вниз по профилю и коагуляции коллоидов.

В почвах встречаются разнообразные новообразования карбонатов: журавчики и дутики, белоглазка, прожилки, псевдомицелий.

*Журавчики и дутики* — это твердые окремненные скопления карбонатов овальной, а иногда сложной формы размером в поперечнике чаще от 0,5 до 1,5 см; они характерны для карбонатных иллювиальных горизонтов почв, образовавшихся на карбонатных породах в таежно-лесной и лесостепной зонах; журавчики, имеющие внутри пустоты, называют дутиками. Начиная с лугово-степной зоны обыкновенных и южных черноземов и южнее в иллювиальных карбонатных горизонтах почв встречается *белоглазка* — мягкие округлые скопления углекислого кальция в поперечнике обычно до 1 см со светлыми разводами. *Прожилки* углекислого кальция встречаются в нижней части профиля почв, начиная с черноземов южной лесостепи; они образуются и сохраняются в почвах благодаря достаточно выраженной сухости теплого периода года и автоморфности почв. *Псевдомицелий карбонатов* можно встретить только в крайне засушливых условиях, в каштановых почвах и в почвах более южных зон.

К новообразованиям относятся *гумус почвы, капролиты* — экскременты дождевых червей в виде небольших клубочков, содержащих органическое вещество.

Новообразования дают возможность судить о генезисе почв, их агрономических свойствах, о зональных процессах, в них протекающих.

*Включения* — это предметы и вещества различного происхождения, попавшие в почвы, не имеющие никакого отношения к почвообразовательным процессам: обломки кирпича, обрывки полиэтиленовой пленки, клочки бумаги, резина, уголь и т. д.

#### 4.9. ХАРАКТЕР ПЕРЕХОДА ОТ ОДНОГО ГОРИЗОНТА К ДРУГОМУ

Он является важным морфологическим признаком, характеризующим условия увлажнения почв, интенсивность нисходящих токов почвенных растворов, а также последствия обработки почв сельскохозяйственными орудиями. Различают три вида переходов от одного горизонта к другому по изменению одного или нескольких морфологических признаков: постепенный, отчетливый (заметный) и резкий.

*Постепенный переход* характерен для гумусовых горизонтов профиля черноземов, от одного иллювиального горизонта к другому в профиле подзолистых и серых лесных почв. *Отчетливый переход* характерен для границы перехода от элювиального горизонта подзолистых почв к иллювиальному, от солонцового горизонта к нижележащему и т. д. *Резкий переход* от одного горизонта к другому наблюдается при переходе пахотного слоя к нижележащему, торфяного слоя к глеевому, гумусового слоя к столбчатой структуре солонца и т. д.

Для изучения почв в поле роют почвенные ямы (разрезы) и описывают по определенной форме и методике морфологические признаки всех генетических горизонтов профиля почв. Это позволяет дать название почвам, сделать вывод о многих агрономических свойствах и процессах, протекающих в них, наметить и обосновать непосредственно в поле мероприятия по возделыванию сельскохозяйственных культур.

#### ***Контрольные вопросы и задания***

1. Какие признаки почв называют морфологическими? Для какой цели их изучают? 2. Какими индексами принято обозначать генетические горизонты почв? 3. Как определить мощность почвы и ее горизонтов? 4. От чего зависит окраска почв? 5. Что называется структурой почв? Как ее классифицируют? 6. Как определять гранулометрический состав почв полевым методом? 7. Охарактеризуйте показатели плотности и пористости почв. 8. Какие выводы можно сделать по наличию в почвах тех или иных новообразований?

## Раздел II

# СОСТАВ, СВОЙСТВА ПОЧВ, ПОЧВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И РЕЖИМЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ПЛОДОРОДИЕ, ИХ СОЧЕТАНИЕ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ И РЕГУЛИРОВАНИЕ В АГРОНОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ



При рассмотрении общей схемы почвообразования вы узнали, что материнская порода, превращаясь в почву, приобрела качественный признак — плодородие, которое характеризуется целым комплексом показателей состава и свойств почв, протекающих в них процессов и режимов. В этой части учебника все они будут рассмотрены. Будут показаны их агрономическое значение, роль в формировании урожая и способы регулирования в сельскохозяйственной практике. Вы также ознакомитесь с ферментативной активностью, аллелопатическими и магнитными свойствами почв, которые раньше в учебниках по почвоведению не описывались, так как шел сбор научных данных. В настоящее время уже известно, какое значение они имеют в почвообразовании и плодородии.

Каждая почва обладает определенным комплексом свойств и процессов с конкретными показателями их величин. В природной обстановке наблюдается динамичность свойств и процессов почв в связи с ритмами поступления на поверхность почвы света, тепла, влаги и ритмами биологической активности почв. Совокупность суточных и сезонных количественных и качественных изменений почвенных показателей называется *почвенным режимом*. Различают режимы: питательный, физико-химический, температурный, влажности, газового состава почвенного воздуха, окислительно-восстановительный, микробиологический, ферментативный и др. Наряду с ними выделяют режимы, отражающие совокупность явлений, поступления, передвижения (переноса) и расхода элементов питания растений, влаги, воздуха и тепла в почвах: пищевой, водный, воздушный и тепловой.

Все свойства почв, процессы и режимы прямо или косвенно зависят друг от друга; их выраженность и сочетания никогда не бывают оптимальными. Поэтому земледельцы должны хорошо знать агрономические свойства, процессы и режимы обрабатываемых почв и с учетом требований возделываемых сельскохозяйственных культур к почвенным условиям проводить земледельческие приемы по оптимизации почвенных условий, чтобы постоянно полу-

чать высокие урожаи. Для того чтобы установить необходимое сочетание свойств, процессов и режимов в почвах разного уровня окультуренности, для определенных групп сельскохозяйственных культур разрабатывают модели плодородия, с учетом которых осуществляется комплекс агромероприятий для каждого поля севооборота.

## Глава 5

### ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ И ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ

Твердая фаза почв и почвообразующих пород состоит из обломков (частиц) первичных и вторичных минералов, органического вещества (гумуса) и органо-минеральных соединений, которые называются *механическими элементами*.

Механические элементы находятся в твердой фазе почв в раздельно-частичном состоянии, а также в виде агрегатов разной формы и величины.

#### 5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СВОЙСТВА

Свойства механических элементов твердой фазы почв и почвообразующих пород, химический и минералогический составы меняются от их размера довольно отчетливо, а иногда и резко, что послужило основанием для разделения их на группы, или фракции. Такая группировка называется классификацией механических элементов. Наибольшее признание получила классификация механических элементов Н. А. Качинского.

<i>Названия фракций механических элементов</i>	<i>Размеры фракций, мм</i>
Камни	> 3
Гравий	3—1
Песок:	
крупный	1—0,5
средний	0,5—0,25
мелкий	0,25—0,05
Пыль:	
крупная	0,05—0,01
средняя	0,01—0,005
мелкая	0,005—0,001
Ил:	
грубый	0,001—0,0005
тонкий	0,0005—0,0001
коллоиды	< 0,0001

Охарактеризуем главнейшие особенности фракций механических элементов.

*Камни* (>3 мм) — обломки горных пород и минералов, водопроницаемость провальная, элементы питания находятся в труднодоступной форме.

*Гравий* (3—1 мм) — обломки первичных минералов, водопроницаемость провальная, водоподъемная способность отсутствует, влагоемкость очень низкая (< 3 %), элементы питания растений в труднодоступной форме.

*Песок* (1—0,05 мм) — обломки первичных минералов, среди которых преобладают кварц и полевые шпаты; по мере уменьшения диаметра частиц песка возрастает содержание кварца как минерала, более устойчивого к выветриванию; водопроницаемость высокая, низкая водоподъемная способность (от нескольких до 50 см) и низкая влагоемкость (3—10 %).

*Пыль крупная* (0,05—0,01 мм) — близка по минералогическому составу к фракциям песка, но водные свойства несколько лучше, не участвует в структурообразовании; почвы, обогащенные крупной и средней пылью, после дождя и последующего высыхания заплывают с образованием поверхностной корки, отрицательно влияющей на водно-воздушные свойства пахотного горизонта, что может привести к гибели всходов растений; устраняется это боронованием.

*Пыль средняя и мелкая* (0,01—0,001 мм) — в этих фракциях по сравнению с крупной пылью уменьшается количество кварца и полевых шпатов, особенно в мелкой пыли; в мелкой пыли больше слюд, роговой обманки, характерно наличие вторичных минералов и гумусовых веществ; частицы средней пыли практически не участвуют в структурообразовании, а частицы мелкой пыли способны к коагуляции и структурообразованию; влагоемкость и водоподъемная способность высокие; водопроницаемость низкая.

*Ил* (< 0,001 мм) — в илистой фракции первичных минералов мало, среди них кварц, ортоклаз, мусковит; ил состоит в основном из высокодисперсных вторичных минералов, глинных минералов, гумусовых веществ, обладает высокой поглотительной способностью, способностью к коагуляции и склеиванию механических элементов в агрегаты; коллоидная фракция ила играет главную роль в физико-химических почвенных процессах; ил является средоточием элементов питания растений; богат оксидами железа и алюминия; влагоемкость очень высока; водопроницаемость и водоподъемная способность минимальные.

Частицы твердой фазы почвы крупнее 1 мм (камни и гравий) называют *скелетной частью*, а менее 1 мм — *мелкоземом*.

Учитывая, что каждая фракция (группа) механических элементов обладает определенными свойствами, от которых зависят показатели плодородия, принято определять их процентное содержание и процентное соотношение. Процентное содержание каменистой и гравелистой фракций определяют на основе просеива-

ния образца почвы через почвенные сита, а в основу метода разделения по размеру фракций мелкозема положены скорости их падения в воде, рассчитанные по формуле Дж. Т. Стокса.

## 5.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ И ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

Суммарное процентное содержание фракций мелкозема от 1 до 0,01 мм называют *физическим песком*, менее же 0,01 мм — *физической глиной*, а их процентное соотношение — *гранулометрическим составом*. Именно это процентное соотношение использовано для характеристики гранулометрического состава, потому что все главнейшие свойства почв особенно резко изменяются на переходе размера частиц мелкозема через 0,01 мм.

В таблице 8 приведена классификация гранулометрического состава Н. А. Качинского (краткая шкала), в которой каждому определенному процентному соотношению физической глины и физического песка дано свое название, заимствованное из народного лексикона. Эта классификация получила в почвоведении наибольшее признание.

В таблице 8 для краткости не приводится процентное содержание физического песка, а подразумевается, что на него приходится все остальное (до 100 %) процентное содержание мелкозема размером 0,01—1 мм.

### 8. Классификация почв по гранулометрическому составу Н. А. Качинского

#### И. Краткая шкала

Краткое название по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), %, в почвах		
	подзолистого типа почвообразования	степного типа почвообразования, красноземы и желтоземы	солонцов и солонцеватых
<b>Песок:</b>			
рыхлый	0—5	0—5	0—5
связный	5—10	5—10	5—10
<b>Супесь</b>	10—20	10—20	10—15
<b>Суглинок:</b>			
легкий	20—30	20—30	15—20
средний	30—40	30—45	20—30
тяжелый	40—50	45—60	30—40
<b>Глина:</b>			
легкая	50—65	60—75	40—50
средняя	65—80	75—85	50—65
тяжелая	> 80	> 85	> 65

## II. Классификация почв по каменности

Частиц > 3 мм, %	Степень каменности почвы	Тип каменности
< 0,5	Некаменистая	Устанавливается по характеру скелетной части. Почвы могут быть валунные, галечниковые, щебенчатые
0,5—5	Слабокаменистая	
5—10	Среднекаменистая	
> 10	Сильнокаменистая	

Чем больше физической глины в твердой фазе почв, тем тяжелее их обрабатывать, поэтому в агрономической практике различают почвы *тяжелые* и *легкие*. К тяжелым относятся глинистые и тяжелосуглинистые почвы, почвы легко- и среднесуглинистые менее тяжелые по гранулометрическому составу, легкими называют супесчаные и песчаные почвы.

В почвах более тяжелых при равных условиях с легкими (плотность, гумусность и т. д.) в одном и том же объеме твердой фазы содержится в естественных условиях больше воздуха и влаги вследствие повышенной пористости и суммарной удельной поверхности частиц мелкозема. Так как воздух — плохой проводник тепла, а вода обладает высокой теплоемкостью, то тяжелые почвы нагреваются солнцем медленнее легких, поэтому в агрономической практике их называют *холодными*, а легкие почвы — *теплыми*.

Из таблицы 8 видно, что для почв разных типов почвообразования при одном и том же гранулометрическом составе (начиная с супеси) содержание физической глины разное. Это связано с тем, что частицы физической глины почв разных типов почвообразования обладают разной способностью к агрегатированию, имеют неодинаковый качественный состав и свойства. Например, в солонцах и сильносолонцеватых почвах содержится повышенное количество обменного катиона натрия. В результате усиливаются связность почв при высыхании и липкость при увлажнении. Из-за этого солонцы и сильносолонцеватые почвы на одну градацию тяжелее почв подзолистого типа почвообразования, которые содержат в почвенном поглощающем комплексе повышенное количество водородных ионов, усиливающих дисперсность твердой фазы.

Почвы степного типа почвообразования вследствие хорошей гумусированности (гуматного типа гумуса), высокой насыщенности почвенного поглощающего комплекса катионами кальция и магния обладают повышенной способностью к агрегатированию. Поэтому они при одном и том же содержании физической глины являются более легкими по сравнению с минеральными почвами других типов почвообразования.

Кроме кратких названий почв и почвообразующих пород по гранулометрическому составу (см. табл. 8) в почвоведении ис-

пользуют также полные названия, в которых к краткому названию добавляют названия двух преобладающих по содержанию групп фракций мелкозема: песчаной (1—0,05 мм), крупнопылеватой (0,05—0,01 мм), пылеватой (0,01—0,001) или иловатой (<0,001 мм).

На втором месте после основного названия гранулометрического состава принято давать название группы, имеющей самое большое процентное содержание. Например, дерново-подзолистая почва содержит: песка — 20 %, крупной пыли — 42, пыли средней и мелкой — 15 и ила — 23 %. Краткое название по гранулометрическому составу следует определить по первой колонке таблицы 8, потому что это почва подзолистого типа почвообразования. В почве содержится 38 % физической глины, значит, почва средне-суглинистая. Полное же название по гранулометрическому составу — суглинок средний иловато-крупнопылеватый, так как группа ила по содержанию на втором месте после крупной пыли.

В зависимости от процентного содержания этих четырех групп фракций суглинки и глины могут быть пылевато-иловатые, иловато-пылеватые, крупнопылевато-иловатые, иловато-песчаные, песчано-иловатые, крупнопылеватые, пылеватые и т. д. В суглинках и глинах крупнопылеватых на втором месте по количеству стоит группа пыли (0,01—0,001 мм), поэтому ее название опускают. Суглинки и глины пылеватые имеют вторую по величине группу крупной пыли (0,05—0,01 мм); в этом случае ее название также опускают.

Для того чтобы дать полное название по гранулометрическому составу супеси, прибавляют название только одной преобладающей группы фракций, кроме песчаной (так как супесь всегда песчаная). Например, супесь пылеватая, супесь крупнопылеватая, супесь иловатая.

Для полного названия по гранулометрическому составу песка рыхлого и связного необходимо добавить к краткому названию только название преобладающей фракции песка (песок рыхлый крупнозернистый, песок связный среднезернистый и т. п.). Если в почве имеются камни (> 3 мм), то в зависимости от их процентного содержания к названию по гранулометрическому составу мелкозема добавляют название по степени каменистости (см. табл. 8). Например, суглинок легкий пылевато-песчаный среднекаменистый (при содержании камней 5—10 %).

### 5.3. ЗНАЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Гранулометрический состав определяет практически все свойства почв, поэтому его необходимо учитывать в работе агронома. Чем тяжелее гранулометрический состав, тем богаче минералогический состав почв, больше валовых и подвижных элементов пи-

тания растений, активнее совершаются гумусово-аккумулятивные процессы и процессы структурообразования, выше поглотительная способность, теплоемкость, влагоемкость, биогенность почв, ниже водо- и воздухопроницаемость и т. д. Таким образом, гранулометрический состав влияет на основные показатели плодородия.

От гранулометрического состава зависят течение в почвах микро-, мезо- и макропроцессов, формирование морфологических особенностей почвенных профилей. Гранулометрический состав влияет на интенсивность развития водной и ветровой эрозий, на проходимость транспорта по грунтовым дорогам.

От гранулометрического состава зависят технологические особенности агроприемов: сроки проведения полевых работ, дозы минеральных удобрений, наиболее целесообразное размещение на пахотных угодьях сельскохозяйственных культур с теми или иными видами обработки почв и т. д. От гранулометрического состава зависят затраты топлива на обработку почв, на земляные работы.

Какой же гранулометрический состав лучше для земледелия? Многие наиболее благоприятные свойства и режимы складываются в легко- и среднесуглинистых почвах. Однако при хорошей структуре почв, например черноземов, лучшими будут тяжелосуглинистые и глинистые почвы. В агрономической практике используют приемы, позволяющие при необходимости регулировать гранулометрический состав. На песчаных почвах проводят глинование, на глинистых — пескование.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Что называется механическими элементами? 2. Назовите фракции механических элементов и их размер. 3. В чем главные отличия фракций механических элементов по составу и свойствам? 4. Одинаковы ли минералогический состав и свойства фракций механических элементов почв разных природных зон? 5. Что такое гранулометрический состав почв и какие краткие его названия вы знаете? 6. Как дается почве полное название по гранулометрическому составу? 7. Какие почвы называют тяжелыми и легкими, теплыми и холодными и почему? 8. Почему почвы разных типов почвообразования при одинаковом содержании физической глины могут отличаться по гранулометрическому составу? 9. Какое влияние оказывает гранулометрический состав на плодородие почв, течение почвенных процессов и технологические особенности проведения агроприемов? 10. Какой гранулометрический состав почв считают лучшим для земледелия и можно ли его регулировать?

## **Глава 6**

### **ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ**

Органическое вещество почвы представлено живой биомассой (почвенная биота и живые корни растений), органическими остатками растений, животных, микроорганизмов, продуктами разной

степени их разложения и специфически новообразованными гумусовыми веществами (гумусом).

Органическое вещество и его превращение в почве играют важную и разностороннюю роль в ее генезисе и формировании основных свойств, с которыми связаны развитие плодородия и фитосанитарные функции почвы. Изучение его состава, свойств, процессов трансформации, познание агрономического значения при земледельческом использовании почв издавна привлекали пристальное внимание исследователей. Без знания приемов регулирования содержания, состава и свойств органического вещества агроном не может максимально эффективно управлять почвенным плодородием.

## 6.1. ИСТОЧНИКИ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВ

Основными источниками органического вещества почвы являются отмершие остатки растений в виде надземной и корневой масс. Органические остатки почвенной фауны поступают в меньших количествах. Масштабы поступающих в почву органических остатков растений, их состав, соотношение надземной и корневой масс зависят от состава зональной растительности и местных условий, определяющих ее продуктивность (табл. 9).

### 9. Ежегодное поступление растительных остатков в почву в природных экосистемах и зерновых агроценозах (Кириوشин, 1991), т/га

Поступление остатков сухого вещества	Южная тайга европейской части		Лесостепь Русской равнины		Лесостепь Западной Сибири		
	леса	агроценоз с удобрением	луговая степь	агроценоз с удобрением	луговая степь	агроценоз без удобрения	интенсивные технологии
Среднее	10,0	3,6	24,7	5,8	24,5	5,7	6,7
Колебания	8,0—16,0	2,9—6,2	15,5—33,7	2,8—11,9	23,9—25,1	3,3—6,9	4,8—8,8

Небольшое количество органических остатков поступает в почву тундры (примерно 1 т/га); затем оно нарастает от северной тайги к южной и далее к лесам лесостепи и травянистой растительности луговых степей (см. табл. 9). При переходе к степным зонам величина опада снижается из-за сухости климата; в нем возрастает доля корнеоппада. В пустынной зоне опад минимальный (1—2 т/га); он вновь резко возрастает, достигая больших количеств, в лесах влажных субтропиков и тропиков (20 т/га и более).

В агроценозах количество поступающих в почву органических остатков сельскохозяйственных растений уступает естественным ценозам. Это связано, с одной стороны, с меньшей их продуктивностью в большинстве случаев, с другой — с ежегодным отчуждением с урожаем значительной части синтезированного растениями органического вещества (см. табл. 9).

Так, при возделывании зерновых культур с урожаем зерна и соломы отчуждение составляет около 50 % всей органической массы растений. Поэтому поступление растительных остатков в почву после распахки целинных степей в агроценозах уменьшается в 3—4 раза.

В зависимости от возделываемых культур количество поступивших в почву органических остатков колеблется от 2—3 (пропашные) до 7—9 (многолетние травы) т/га в год.

Характер поступления органических остатков в почвенный профиль неодинаков: в лесах основное их количество поступает на поверхность почвы, а в травянистых сообществах значительная часть (от 25—30 до 80—90 %) поступает непосредственно в почву в виде отмерших корней. Различный характер поступления опада имеет важное значение при дальнейших процессах его превращения. Химический состав сухих органических остатков представлен углеводами, белками, лигнином, восками, смолами и другими веществами.

В составе сухого вещества органических остатков содержатся зольные элементы (от 0,1—3,0 до 5—10 %): калий, кальций, магний, кремний, фосфор, сера, железо и многие другие, в том числе микроэлементы.

От состава органических остатков зависят направление и темп их последующего превращения. Наиболее быстро трансформации (минерализации и гумификации) подвергается опад, богатый легкодоступными для микроорганизмов веществами (белками, аминокислотами, растворимыми углеводами) и основаниями (Ca, Mg). Растительные остатки, богатые лигнином, дубильными веществами, смолами (хвоя, древесина), разлагаются медленно. Из опада культурных растений быстрее разлагаются остатки бобовых трав и медленнее — солома злаковых.

## 6.2. ПРОЦЕССЫ ПРЕВРАЩЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ОСТАТКОВ И ОБРАЗОВАНИЕ ГУМУСА

Органические остатки, поступая в почву или на ее поверхность, подвергаются различным превращениям: механическому измельчению почвенной фауной, физико-химическим и биохимическим изменениям под влиянием микроорганизмов, мезо- и макрофауны почвы. Основными направлениями таких превращений являются *минерализация* органического вещества до конечных продуктов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и простых солей) и *гумификация*. При определенных условиях (избыток влаги, неблагоприятный состав опада, низкие температуры) можно наблюдать *консервацию* органических остатков в форме торфа. Кроме того, в процессе превращения органических остатков всегда образуются водорастворимые формы органических веществ. Такие формы превращения органического ве-

щества могут иметь важное значение в генезисе некоторых почв (торфяные и др.), в миграции и аккумуляции веществ и других явлениях. Однако и для этих направлений трансформации органических остатков конечными стадиями превращений будут минерализация и гумификация. Образование гумусовых веществ связано с развитием процесса гумификации.

*Гумификация* — совокупность сложных биохимических, физико-химических и химических процессов превращения органических остатков в гумусовые вещества.

Степень изученности процессов превращения органических остатков в гумусовые вещества не позволяет оформить в законченном виде теорию этого процесса. Существуют следующие три группы современных концепций процесса гумификации.

*Конденсационная, или полимеризационная* (Трусов, Кононова, Фляйг). Рассматривает гумификацию как процесс, состоящий из следующих звеньев: 1) образование исходных структурных единиц для формирования гумусовых веществ. Это продукты распада растительных тканей, отмерших микроорганизмов, их метаболизма и вторичного синтеза; все компоненты, включая простые соединения распада растительных тканей, могут быть источниками структурных единиц; 2) конденсация структурных единиц, осуществляемая путем окисления фенолов ферментами типа фенолоксидаз до хинонов, и взаимодействие последних с аминокислотами и пептидами; 3) поликонденсация (полимеризация) — химический процесс, характеризующий заключительное звено процесса гумификации.

*Концепция биохимического окисления* (Тюрин, Александрова). Рассматривает гумификацию как сложный биофизико-химический процесс превращения высокомолекулярных промежуточных продуктов распада органических остатков (белков, лигнина, полиуглеводов, дубильных веществ и др.) в гумусовые вещества. Главное значение в этом процессе придают реакциям медленного биохимического (ферментативного) окисления, в результате которого и образуются высокомолекулярные гумусовые кислоты. В последующем они подвергаются постепенной ароматизации, т. е. возрастанию в их молекулах доли ароматических компонентов за счет отщепления неустойчивых компонентов в периферической части молекул новообразованных гумусовых кислот.

Л. Н. Александрова рассматривает как составное звено гумификации последующее взаимодействие гумусовых кислот с минеральными соединениями почвы и зольными продуктами минерализации органических остатков. При этом формируются различные по сложности строения, свойствам и молекулярным массам фракции гумусовых веществ. Наиболее высокомолекулярная часть образует гуминовые кислоты, а более дисперсная и менее сложная — фульвокислоты.

**Биологическая концепция.** Рассматривает гумусовые вещества как продукт синтеза различных микроорганизмов (Вильямс).

Микробиологами экспериментально доказана возможность образования темноокрашенных гумусоподобных соединений различными группами микроорганизмов.

Можно предположить, что процесс гумификации в различных почвах включает как реакции конденсации и полимеризации, так и биохимического окисления.

Состав уже сформировавшихся гумусовых веществ постоянно обновляется за счет включения в их молекулы органических соединений в виде отдельных фрагментов. Такой процесс изменения гумусовых веществ называется *фрагментарным обновлением гумуса*.

Количественной характеристикой процесса гумификации является коэффициент гумификации ( $K_r$ ), показывающий, какая доля (в %) углерода органических остатков, претерпевающих превращения, трансформировалась в гумусовые вещества после полного разложения остатков. Величина  $K_r$  колеблется от единиц до десятков процентов и зависит от состава исходных растительных остатков, гидротермических, физико-химических (рН, Eh) и других условий их превращения.  $K_r$  солоमистого навоза в среднем принят за 25 %.

### 6.3. СОСТАВ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ

Органическое вещество почвы представлено двумя группами веществ: органическими остатками отмерших организмов (главным образом растений), в разной степени затронутых разложением, и продуктами их гумификации — гумусовыми веществами (гумусом).

Первая группа, называемая неспецифической частью гумуса, — это частично видимые невооруженным глазом остатки растений (и животных). Их содержание существенно варьирует и зависит от состава растений, условий их роста и разложения и т. д. В состав неспецифической части гумуса также входит небольшая часть (10—15 %), представленная веществами различных классов органических соединений — белков, углеводов, аминокислот, сахаров, дубильных веществ, ферментов, веществ аллелопатической природы и др.

Основную часть органического вещества почв автоморфного ряда составляют специфические гумусовые вещества. *Гумусовые вещества* представляют собой смесь различных по составу и свойствам высокомолекулярных азотсодержащих органических соединений, имеющих общие части строения и общность некоторых свойств.

Общность строения, состава и свойств гумусовых веществ проявляется: 1) в наличии и строении циклических и алифатических фрагментов; 2) в большом разнообразии веществ по молекулярным массам (от 700—800 до сотен тысяч); 3) в общности элементного состава (С, О, N, H) с содержанием С от 30 до 62 % и азота от 2,5 до 5 % в различных группах и фракциях; 4) в кислотных свойствах, обусловленных карбоксильными группами; 5) в наличии негидролизуемого азота (25—30 % общего N); 6) в высокой способности к соле- и комплексообразованию.

По растворимости и экстрагируемости из почвы гумусовые вещества делятся на следующие группы (групповой состав гумуса): фульвокислоты (ФК), гуминовые кислоты (ГК) и гумин.

*Фульвокислоты* — наиболее растворимая группа гумусовых веществ, менее сложная по строению, с более низкими молекулярными массами по сравнению с гуминовыми кислотами, с высокой миграционной способностью; характеризуются повышенной кислотностью и способностью к комплексообразованию; наиболее светлоокрашенная часть гумуса; преобладают в подзолистых, дерново-подзолистых, сероземах, красноземах и некоторых почвах тропиков.

*Гуминовые кислоты* — нерастворимая в минеральных и органических кислотах группа гумусовых веществ; характеризуются более сложным строением; имеют более высокие молекулярные массы, повышенное содержание углерода (см. табл. 10); преобладают в черноземах, каштановых почвах, серых лесных, дерновых и некоторых других.

*Гумин* — неэкстрагируемая из почвы кислотами и щелочами часть гумуса (нерастворимый остаток после экстракции фульво- и гуминовых кислот). Эти гумусовые вещества наиболее прочно связаны с глинистыми минералами.

Гуминовые и фульвокислоты могут подразделяться на фракции по молекулярным массам воздействием различными растворителями (фракционный состав) и другими приемами. Для гуминовых кислот наибольшую ценность как структурообразователь представляет фракция, связанная с кальцием (вторая фракция ГК); для фульвокислот наиболее показательна в оценке их «агрессивности» (реакционной способности) фракция, извлекаемая из почвы 0,1 н. серной кислотой и непосредственной обработкой 0,1 н. NaOH (фракции Ia и I).

Изучение роли разнообразных форм органического вещества в генезисе и плодородии почв дало основание помимо вышеизложенных характеристик его состава разделять органическое вещество почвы на *лабильную* (мобильную) и *стабильную* части.

Такое разделение основано не только на различиях состава органического вещества этих групп, но и на оценке специфической роли каждой из них в формировании почвенного плодородия.

Мобильную часть составляют растительные остатки различной

степени разложения, предгумусовая фракция (детрит) и подвижные формы гумусовых веществ (водорастворимая и слабо закрепленная минеральными соединениями часть гумуса). Эта группа органических веществ является весьма эффективным источником элементов питания, поскольку в такой форме растения находят наиболее сбалансированный по макро- и микроэлементам свой источник. Элементы питания относительно быстро переходят в усвояемое состояние при ускоренной минерализации лабильного органического вещества по сравнению со стабильным гумусом.

Лабильная группа органического вещества имеет первостепенное значение как источник энергии и пищи для почвенной биоты. Установлено также, что растительные остатки улучшают физические и физико-механические свойства почвы.

Стабильная часть представлена гумусовыми веществами, прочно закрепленными минеральными соединениями (гумин, гуматы кальция, гуминово-глинистые комплексы и др.). Это устойчивая, медленно минерализующаяся часть органического вещества. Время его полного обновления составляет сотни и тысячи лет. Стабильный гумус — потенциальный резерв многих элементов питания. Однако наибольшее его агрономическое значение заключается в формировании благоприятных физических, водно-воздушных, физико-механических свойств, в выполнении почвой санитарно-защитных функций, в противоэрозионной устойчивости почвы.

Недостаток лабильных форм способствует более быстрому разложению устойчивого гумуса, т. е. *дегумификации*. Поэтому систематическое восполнение в почве содержания свежего органического вещества, повышение объема и скорости его круговорота способствуют сохранению основной массы гумуса. В то же время избыточное поступление органических остатков, бедных азотом, может вызвать его микробиологическую мобилизацию за счет повышенной минерализации гумуса почвы.

#### 6.4. СТРОЕНИЕ И СВОЙСТВА ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ

В строении молекул гумусовых кислот различают наиболее устойчивую *ядерную* часть, структура которой представлена преимущественно циклическими соединениями, и *периферическую* часть, более динамичную, состоящую из углеводов и аминокислот. Для строения гумусовых веществ характерно участие различных *функциональных групп* (карбоксильных, спиртовых и фенольных гидроксиллов, аминогрупп, карбонильных и др.). С наличием функциональных групп связаны важные свойства гумусовых веществ и прежде всего их кислотная природа, способность к обменному поглощению катионов, к соле- и комплексообразованию.

Эти свойства гумусовых кислот определяют их активное взаимодействие с минеральными компонентами почвы: ионами (осо-

бенно основаниями), глинными минералами, оксидами железа и алюминия.

Основные типы такого взаимодействия следующие.

1. Сорбция гумусовых веществ минеральными соединениями, имеющая важное значение в закреплении гумусовых веществ в почве, в образовании водопрочной структуры.

2. Образование комплексно-гетерополярных солей при взаимодействии гумусовых веществ с ионами поливалентных металлов ( $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$  и др.). Подобные соединения фульво-

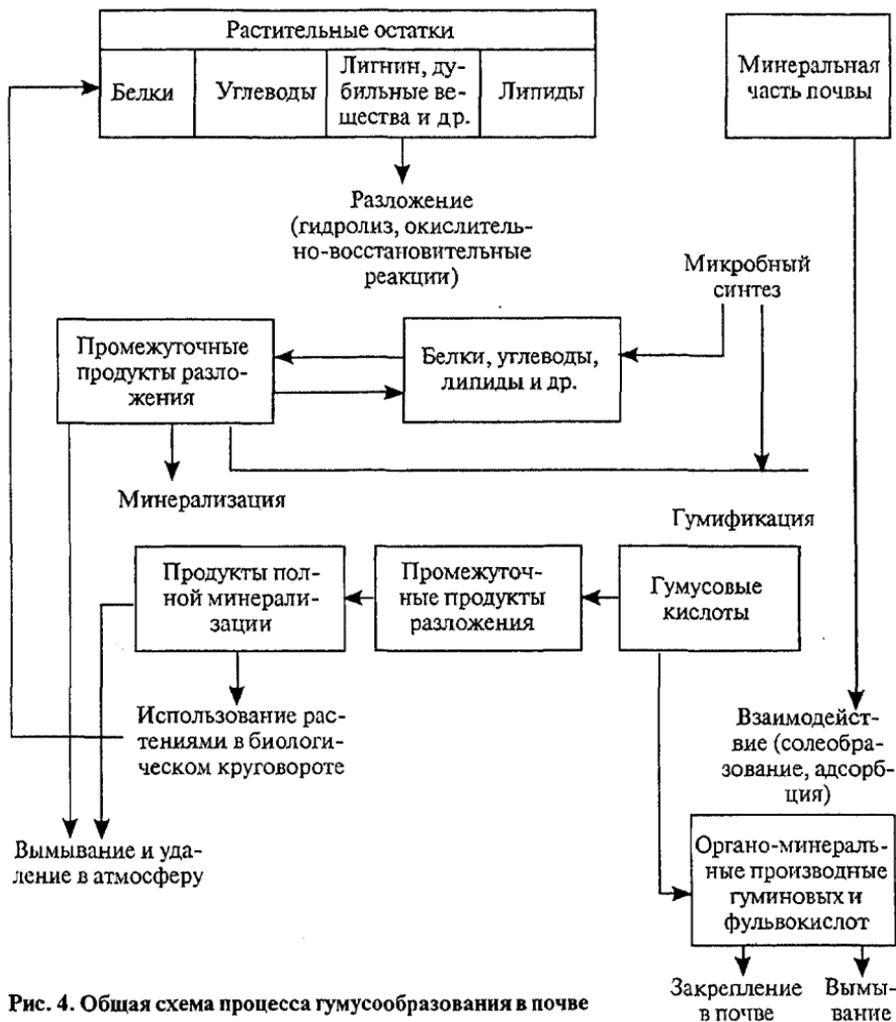


Рис. 4. Общая схема процесса гумусообразования в почве

кислот обладают повышенной растворимостью, играют важную роль в миграции и аккумуляции элементов, участвуют в питании растений.

Возможно образование таких соединений с ионами металлов-загрязнителей (Cd, Co, Sr и др.).

3. Образование простых гетерополярных солей (гуматов и фульватов) с ионами щелочных, щелочно-земельных металлов и ионами аммония. Основная часть гумуса в большинстве почв находится в виде органо-минеральных продуктов взаимодействия гумусовых кислот с минеральными соединениями почвы.

Таким образом, общую схему гумусообразования можно представить в следующем виде (по И. В. Тюрину и Л. Н. Александровой) (рис. 4).

### **6.5. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ НА ГУМУСООБРАЗОВАНИЕ И ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ЕГО ПРОЯВЛЕНИЯ**

Интенсивность и качественная направленность процесса гумификации и накопления образующегося гумуса в почве зависят от количества и качества поступающих в почву органических остатков, гидротермических условий их превращения, биологической активности почвы, физико-химических свойств, химического, гранулометрического и минералогического составов.

Образованию гумуса и закреплению гумусовых веществ благоприятствуют следующие условия: поступление в почву значительных количеств растительных остатков, обогащенных азотом и основаниями (Ca, Mg), и их превращение в условиях непосредственного контакта с минеральными компонентами; близкая к нейтральной или слабощелочная реакция; достаточное присутствие в почвах мобильных форм кальция (карбонаты, обменный кальций); оптимальный температурный и водно-воздушный режимы с периодическим кратковременным иссушением и промерзанием почвы, предохраняющими образующиеся гумусовые вещества от минерализации; умеренная окислительная среда без возникновение длительного и глубокого анаэробнозиса; умеренная биологическая активность.

Наиболее благоприятно такие условия складываются в Черноземной зоне, под луговой, лугово-степной и степной растительностью. Поэтому черноземы имеют хорошо выраженный гумусовый профиль. Неблагоприятно сказываются на гумификации и накоплении гумуса малое количество поступающих растительных остатков и высокое содержание в них трудноразлагаемых безазотистых веществ (лигнина, восков, смол, дубильных веществ, гемицеллюлозы и др.), сильнощелочная и кислая среда, отсутствие в почвах лабильных форм кальция, чрезмерно высокая или, наоборот, рез-

ко подавленная биологическая активность, низкие температуры и плохая аэрация.

В значительной степени такие условия создаются в таежной зоне под лесной растительностью. Ее опад в виде хвои, листьев, коры, веток поступает на поверхность почвы. Органические остатки бедны азотом и основаниями, обогащены трудноразлагаемыми безазотистыми веществами, разлагаются в условиях кислой реакции, слабой биологической активности и недостаточной аэрации в отдельные периоды. Все это тормозит гумификацию по типу образования гуминовых кислот, образуются преимущественно фульвокислоты и неспецифические водорастворимые органические вещества. В понижениях рельефа или при слабой водопроницаемости пород возникает избыточное увлажнение и анаэробный биоз, что резко тормозит минерализацию и гумификацию растительных остатков. Создаются условия для их консервации и образования торфяных продуктов.

К югу от Черноземной зоны нарастает сухость климата, уменьшается продуктивность естественной растительности, резко снижается количество поступающих в почву органических остатков при ухудшении их свойств. Недостаток увлажнения ограничивает проникновение корней в глубь почвы и период активной гумификации; минерализация усиливается.

Поэтому от Черноземной зоны к каштановым почвам сухих степей и далее к почвам полупустыни и пустыни уменьшаются мощность гумусовых горизонтов и содержание в них гумуса при нарастании в его составе доли фульвокислот.

В пределах каждого типа почв содержание гумуса тесно связано с гранулометрическим составом: чем он тяжелее и выше количество илистой фракции, тем выше процент гумуса.

Отмеченные географические закономерности гумусообразования определяют гумусное состояние почв различных зон.

*Гумусное состояние почв* — совокупность показателей, характеризующих содержание гумуса, его распределение по профилю, качественный состав и запасы. Для оценки количества гумуса используют: содержание гумуса в верхнем горизонте (в %), его изменение по профилю почв и запасы (в т/га). Основными показателями качественного состава являются: отношение  $C_{гк} : C_{фк}$  (тип гумуса), содержание отдельных групп (групповой состав) и фракций (фракционный состав), обогащенность гумуса азотом (в %) и ряд других. По отношению  $C_{гк} : C_{фк}$  различают следующие типы гумуса: гуматный ( $> 1,5$ ), фульватно-гуматный ( $1—1,5$ ), гуматно-фульватный ( $1—0,5$ ) и фульватный ( $< 0,5$ ).

Приведенные в таблице 10 данные гумусного состояния некоторых типов почв отражают рассмотренную зависимость процессов гумификации и гумусонакопления от ряда перечисленных ранее факторов.

### 10. Качественные и количественные показатели гумусного состояния некоторых типов почв

Показатель	Дерново-подзолистые суглинистые	Черноземы обыкновенные	Сероземы	Красноземы
Распределение по профилю	Резко убывающее	Постепенно убывающее	Равномерно или постепенно убывающее	Резко убывающее
Содержание гумуса в верхнем горизонте, %	1—4 (низкое и очень низкое)	7—12 (высокое и очень высокое)	1—2 (очень низкое)	4—7 (среднее и высокое)
Тип гумуса в верхнем горизонте по соотношению $C_{гк} : C_{фк}$	0,4—1,0 (фульватный или гуматно-фульватный)	1,3—2,3 (фульватно-гуматный и гуматный)	0,5—1,0 (гуматно-фульватный)	0,4—1,0 (фульватный и гуматно-фульватный)
Запасы гумуса в слое 0—20 см, т/га	30—120 (средние, низкие и очень низкие) ГК 52—55 ФК 44—46	200—350 (очень высокие) ГК 57—62 ФК 42—45	30—60 (низкие и очень низкие) ГК 57—60 ФК 44—46	120—200 (средние и высокие) ГК 54—57 ФК 44—47
Обогащенность ароматическими фрагментами по содержанию углерода, %	(высокая) (низкая)	(высокая) (низкая) и очень высокая	(высокая) (низкая)	(высокая) (низкая)
Обогащенность азотом по весовому соотношению C : N	12—14 (низкая)	11—13 (низкая)	12—14 (низкая)	12—14 (низкая)
Гидролизуемый азот, % от общего	3—15 (низкая и очень низкая) ГК 70—78 ФК 70—78	14—16 (очень низкая) ГК 37—57 ФК 70—78	11—13 (низкая)	14—16 (очень низкая)
Содержание свободных ГК, % к сумме ГК	55—65 (среднее и высокое) ГК 5—7	15—20 (очень низкое)	ГК 53—69 ФК 70—78	ГК 50—70 ФК 70—78
Содержание гуминовых кислот, связанных с Са, % к сумме ГК	—	—	18—53 (низкое)	27—35 (низкое)
Содержание нерастворимого остатка (гуминов), % к общему гумусу	—	32—40 (низкое)	Не определено	ГК 1—3 (очень низкое) 30—45 (низкое и среднее)

## 6.6. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ПРИЕМОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ НА РЕЖИМ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА И ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВ

В условиях земледельческого использования почв на режим органического вещества значительное влияние оказывают севооборот (набор и чередование культур), обработка и применение удобрений, водные мелиорации.

*Влияние сельскохозяйственных культур* зависит от их биологических особенностей и технологий возделывания. С биологическими особенностями культур связаны количество и состав корневых и пожнивных органических остатков как важнейшей приходной части баланса гумуса в пахотной почве.

Наиболее благоприятное влияние на режим органического вещества и баланс гумуса оказывают многолетние травы. Они оставляют большую часть синтезированного ими органического вещества после уборки, имеют более продолжительный период прижизненного воздействия на органическое вещество почвы (поступление органических веществ в форме корневых выделений и отмирающих корневых волосков), чем однолетние злаковые. Поэтому в почве под многолетними травами складывается бездефицитный, или положительный, баланс гумуса. Обогащенность органических остатков многолетних бобовых трав азотом выделяет их как благоприятную и лабильную форму свежего органического вещества, поступающего в почву.

Зерновые культуры уступают бобовым травам по содержанию азота и оснований в их органических остатках. С урожаем (зерно, солома) отчуждается большая доля созданного ими органического вещества. Поэтому под зерновыми культурами происходят потери гумуса (0,2—0,5 т/га), не восполняемые за счет гумификации их органических остатков.

Пропашные культуры уступают злаковым по количеству послеуборочных остатков, а минерализация гумуса при их возделывании значительно возрастает за счет неоднократных обработок. В связи с этим потери гумуса в почвах под пропашными более высокие. Особенно неблагоприятно влияет на баланс гумуса содержание почвы под чистым паром. Растительные остатки в почву не поступают (за исключением остатков сорных растений, отмершей фауны, водорослей). Почвы периодически обрабатывают (перепашка, культивация). Поэтому значительно возрастают потери гумуса за счет его минерализации, достигая 1—2 т/га.

*Механическая обработка* усиливает минерализацию органического вещества, в том числе гумуса. Поэтому сокращение частоты и уменьшение обработок снижают его потери. Несоблюдение противоэрозионных приемов обработки особенно отрицательно сказывается на режиме органического вещества почвы.

*Применение удобрений* оказывает сильное влияние на режим органического вещества. Органические удобрения (навоз, торфо-

компосты и другие их виды, сидераты, солома) действуют на него положительно. Это заключается в том, что с органическими удобрениями уже вносится определенное и часто значительное количество гумусовых веществ, а негуминовая часть качественных органических удобрений (подстилочный навоз и др.) является благоприятной формой лабильного органического вещества и одновременно источником для последующей его гумификации. Интенсивность такого положительного действия органических удобрений определяется их качеством и дозой.

Главное воздействие минеральных удобрений на органическое вещество — косвенное. Оно проявляется через влияние на величину биомассы, создаваемой растениями, и на процесс превращения поступающих в почву органических остатков. При применении минеральных удобрений возрастает количество поступающих в почву органических остатков. Поступление оснований (Ca, Mg) с минеральными удобрениями и химическими мелiorантами при известковании и гипсовании почв положительно влияет на гумификацию и закрепление образующихся гумусовых веществ. Возможно и отрицательное действие минеральных удобрений на гумус почвы. Так, систематическое применение кислых удобрений приводит к подкислению почвы и повышению подвижности гумуса и, как следствие, к увеличению темпов его минерализации.

## 6.7. АГРОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА ПОЧВЫ И ПУТИ ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

Разносторонняя роль органического вещества в почвенном плодородии заключается в следующем.

1. В формировании питательного режима. Оно выступает как источник элементов питания, особенно азота. В органическом веществе заключено 98 % почвенного азота, около 80 — серы и 40—50 % фосфора.

Велика роль органического вещества как фактора трансформации элементов питания, т. е. превращения их из одних форм в другие, часто из менее доступных в более доступные. Например, мобилизация элементов из почвенных минералов при разрушении их кристаллических решеток органическими веществами с кислотными свойствами, образование различных водорастворимых и усвояемых растениями органо-минеральных соединений, содержащих в своем составе важные для растений зольные элементы питания (фосфор, калий, микроэлементы).

Растения на почвах с более высоким содержанием органического вещества (повышенной гумусности) выдерживают более высокие дозы минеральных удобрений без отрицательных последствий. Органические остатки, как отмечалось ранее, являются эффективным источником элементов питания для растений. Орга-

ническое вещество выступает и как косвенный фактор улучшения питательного режима, влияя положительно на весь комплекс физических свойств почвы, интенсивность биологических процессов и др.

2. Исключительно велико значение органического вещества в формировании физических и физико-механических свойств почвы (структура, плотность, пористость и др.). Здесь особенно велика роль гуминовой части органического вещества как важнейшего фактора образования водопрочной структуры.

3. Биологическая активность почвы, численность, состав и активность почвенных организмов (микроорганизмов, мезо- и макрофауны), ферментативная активность тесно связаны с содержанием и составом органического вещества. Особенно благоприятно эта функция органического вещества проявляется при поступлении в почву свежих органических остатков, богатых азотом и зольными элементами.

4. Специфическая часть гумуса оказывает определяющее влияние на физико-химические свойства почвы (емкость поглощения, буферность и др.). Это обстоятельство имеет особое значение на легких почвах, отличающихся низкой емкостью поглощения и буферностью их минеральной части.

5. Органическое вещество выполняет санитарно-защитные функции в почве. Они проявляются в ускорении детоксикации (разложения) пестицидов, закреплении в малоподвижные формы загрязняющих почву веществ в результате сорбции и комплексообразования. Поэтому допустимые уровни антропогенной нагрузки при поступлении в почву токсичных элементов, пестицидов и других вредных загрязняющих веществ значительно выше на хорошо гумусированных почвах.

В условиях химизации земледелия заметно снижается роль органического вещества как прямого источника элементов питания растений, поскольку регулирование питательного режима в значительной мере осуществляется за счет применения удобрений.

В то же время при интенсивном земледелии в регулировании плодородия возрастают значение санитарно-защитных функций органического вещества, его роль в формировании биологического режима, физических и физико-механических свойств.

Положительная роль отмеченных функций органического вещества в развитии и проявлении почвенного плодородия заметно возрастает в экстремальных условиях (недостаточное или избыточное увлажнение, загрязнение почвенной среды). Разносторонняя агрономическая и экологическая роль органического вещества в функционировании агроландшафтов определяет необходимость постоянной заботы агронома о регулировании органического вещества и его воспроизводстве.

К основным приемам регулирования и воспроизводства органического вещества при земледельческом использовании почв

относятся: структура севооборотов, обеспечивающая определенный режим расхода органического вещества и поступления его в почву; осуществление приемов, способствующих получению высоких урожаев сельскохозяйственных культур и, как следствие, поступлению в почву более высоких количеств органических остатков после уборки культуры; травосеяние; внесение органических удобрений; сидерация; приемы химической мелиорации, создающие благоприятные условия для гумификации и закрепления в почве вновь образованных гумусовых веществ.

При конкретном осуществлении этих приемов исходят из следующих принципов.

1. Воспроизводство органического вещества, повышение содержания гумуса и улучшение его качественного состава не являются самоцелью, а должны определяться поставленной задачей — улучшением комплекса конкретных свойств и режимов почв в соответствии с требованиями выращиваемых культур и технологий их возделывания.

2. Воспроизводство органического вещества должно предусматривать регулирование как его стабильных (гумуса), так и лабильных форм. При этом важное значение имеют масштабы вовлекаемого в круговорот свежего органического вещества в годичных и севооборотных циклах почвообразования.

3. Воспроизводство гумуса в условиях интенсивного земледелия должно осуществляться за счет ежегодно создаваемого органического вещества, его круговорота в системе взаимосвязанных звеньев сельскохозяйственного производства: земледелие — растениеводство — животноводство.

Привлечение дополнительных источников в форме торфокомпостов, сапропеля и других целесообразно лишь в специализированных севооборотах (овощных, кормовых) или при коренном улучшении гумусного состояния почв при критическом уровне содержания гумуса и должно осуществляться только при условии нанесения экологического ущерба окружающей среде.

4. Приемы воспроизводства гумуса должны основываться на глубоком анализе составляющих приходную и расходную части его баланса.

Баланс гумуса в почвах может быть описан следующим уравнением:  $B = (B_K + \Theta_A^+ + \Theta_B^+) - (\text{Мин.} + \Theta_A^- + \Theta_B^- + M_B^-)$ , в котором *приходную часть* составляют:  $B_K$  — новообразование и включение продуктов разложения органических остатков в гумусовые вещества за счет растительных остатков и органических удобрений;  $\Theta_A^+$  — азральный привнос почвенных материалов, обогащенных органическими веществами;  $\Theta_B^+$  — привнос почвенных частиц, содержащих гумус, с поливными водами или в результате водной эрозии (намытые почвы).

*Расходную часть* баланса составляют: Мин. — минерализационные потери почвенного гумуса;  $\bar{Э}_A$  — потери органического вещества в результате ветровой эрозии;  $\bar{Э}_B$  — потери при развитии водной эрозии;  $M_B$  — вынос органических веществ в результате внутрпочвенной миграции.

Оценку баланса и разработку приемов воспроизводства органического вещества осуществляют на основе анализа всех его составляющих в почвах конкретных полей с учетом чередования культур.

Главными *статьями расхода* гумуса являются его минерализация и потери при эрозии. Поэтому агроном при осуществлении приемов регулирования органического вещества должен четко знать, где и в какой степени возможно проявление эрозии, и системой противоэрозионных мероприятий резко снизить или полностью исключить эту расходную статью гумусового баланса. В соответствии с технологией возделывания культур он должен понимать, при выращивании какой культуры могут происходить наибольшие потери гумуса в результате его минерализации, и уметь снизить эти потери за счет возможного сокращения обработок или выполнения их путем внесения повышенных доз органических удобрений.

Главная *статья приходной части* баланса — вновь образующиеся гумусовые вещества за счет гумификации растительных остатков и органических удобрений.

В связи с этим внимание агронома должно быть обращено на получение высоких урожаев сельскохозяйственных культур (многолетних и однолетних трав, зерновых и др.), которые оставляют после уборки наибольшее количество органических остатков, и агротехническими приемами способствовать усилению процессов гумусообразования и закреплению вновь образующихся гумусовых веществ (глубина заделки, известкование и др.).

Внесение органических удобрений — обязательный прием регулирования режима органического вещества почвы. Их дозы, поддерживающие бездефицитный или обеспечивающие положительный баланс гумуса, варьируют в зависимости от типа почв, климатических условий, севооборота и других факторов.

Периодическое (через 5—10 лет) определение содержания гумуса в пахотном слое позволяет судить о динамике его баланса.

К количественной оценке содержания гумуса в почве возможны два подхода — генетический и агрономический. Параметры генетической оценки предусматривают следующие уровни содержания гумуса (в горизонте А или  $A_{\text{пах}}$ ): очень высокое — >10 %; высокое — 10—6; среднее — 6—4; низкое — 4—2 и очень низкое — <2 %. Такая градация основана на сравнительной оценке накопления гумуса в верхнем горизонте почвы в результате естественно-почвообразовательного процесса.

При агрономической оценке исходят из учета комплексного

влияния гумуса на агрономические свойства почв и уровень их плодородия применительно к конкретным типам почв с учетом их использования под те или иные культуры. Например, требование гумусированности почв при возделывании овощных культур более высокое, чем при выращивании зерновых. Целесообразно выделять следующие четыре уровня агрономической оценки содержания гумуса: высокий (перспективный), средний, низкий и критический.

*Высокий уровень* характеризуется диапазоном показателей, приближающихся к естественным целинным почвам. Он позволяет получать максимальный урожай возделываемых культур высокого качества при минимальных дозах химических удобрений и затратах на производство продукции.

*Средний уровень* должен обеспечивать получение высоких урожаев при выполнении всего комплекса зональной агротехники и применении удобрений в средних и высоких дозах. Он, так же как и высокий, отвечает требованиям устойчивости земледелия, хорошей сопротивляемости почв деградации при больших технологических нагрузках.

Поскольку высокий (перспективный) уровень содержания гумуса труднодостижим, а средний уровень обеспечивает получение устойчиво высоких урожаев и отвечает экономическим и экологическим требованиям земледельческого использования почв, то его можно принять за *оптимальный уровень*.

Количественные показатели такого уровня существенно варьируют в зависимости от типа почв, гранулометрического состава, фациально-провинциальных условий гумусообразования, возделываемых культур, степени техногенных нагрузок. Например, для пахотных дерново-подзолистых почв Удмуртии указывается оптимальный показатель содержания гумуса: для суглинистых — 2,5—3 %, супесчаных — 2—2,5, песчаных — 1,6—2,0 %, для Ленинградской области — соответственно 4,0—5,0, 3,0—3,5 % и для черноземов ЦЧЗ легко- и среднесуглинистых — 5,0—7,0 %.

*Низкий уровень* характеризуется при применении зональной агротехники постоянно более низкими средними урожаями. Под *критическим уровнем* содержания гумуса понимают такое его количество, при котором существенно ухудшаются агрономические свойства почвы и ее способность противостоять агрогенным нагрузкам. При этом плотность почвы, ее структурное состояние, физико-механические свойства пахотного слоя приближаются к свойствам почвообразующих пород.

Для пахотных дерново-подзолистых суглинистых почв таким рубежом обычно является содержание гумуса  $< 1,0$  %, для черноземов  $< 2,0$  %. Это ориентировочные показатели, которые могут изменяться в почвах разных типов в зависимости от гранулометрического состава, биологической активности, гидротермических условий и др. Такой уровень гумусированности не обеспечивает

хороших устойчивых урожаев и требует специальных мероприятий по улучшению гумусного состояния почв (разовое внесение высоких доз органических удобрений, выделение почв в выводное поле под залужение и др.). Критический уровень может быть следствием низкой гумусности исходной целинной почвы, но обычно он возникает в результате эрозии, отсутствия систематического внесения органических удобрений и других приемов по эффективному воспроизводству органического вещества.

При среднем уровне гумусированности почв главная задача регулирования гумусного состояния — обеспечение содержания бездефицитного баланса гумуса. При низком и критическом уровнях необходимо проведение мероприятий, обеспечивающих его положительный баланс.

Необходимо отдельно пояснить, что такое равновесное содержание гумуса. Под *равновесным содержанием* гумуса понимается такое устойчивое его количество, которое устанавливается в почве при длительном ее использовании в условиях конкретного севооборота, стабильного уровня применения удобрений и приемов обработки. Равновесное состояние может возникать при любом уровне гумусированности почв (от критического до высокого).

Максимального эффекта приемы улучшения режима органического вещества в почвах достигают, когда их осуществляют при устранении или существенном ослаблении свойств почвы, лимитирующих создание урожая (избыточная кислотность, засоленность, заболоченность, эродированность, каменистость и др.).

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Назовите основные источники органического вещества почвы. 2. Что такое гумус? Дайте характеристику его состава и свойств. 3. Каковы главные показатели гумусного состояния почв? 4. Раскройте роль органического вещества, его гумусовой и негумусовой частей в формировании плодородия. 5. Назовите главные составляющие баланса гумуса в почвах и укажите особенности его формирования в пахотных и целинных почвах. 6. Как регулируют гумусное состояние почв?

## Глава 7

### ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

*Ферменты* — это катализаторы химических реакций белковой природы, отличающиеся специфичностью действия в отношении катализа определенных химических реакций. Они являются продуктами биосинтеза всех живых почвенных организмов: древесных и травянистых растений, мхов, лишайников, водорослей, микроорганизмов, простейших, насекомых, беспозвоночных и позвоночных животных, представленных в природной обстановке определенными совокупностями — биоценозами.

Биосинтез ферментов в живых организмах осуществляется бла-

годаря генетическим факторам, ответственным за наследственную передачу типа обмена веществ и его приспособительную изменчивость. Ферменты являются тем рабочим аппаратом, при помощи которого реализуется действие генов. Они катализируют в организмах тысячи химических реакций, из которых в итоге складывается клеточный обмен. Благодаря им химические реакции в организме осуществляются с большой скоростью.

В настоящее время известно более 900 ферментов. Их подразделяют на шесть главных классов.

1. *Оксидоредуктазы*, катализирующие окислительно-восстановительные реакции.

2. *Трансферазы*, катализирующие реакции межмолекулярного переноса различных химических групп и остатков.

3. *Гидролазы*, катализирующие реакции гидролитического расщепления внутримолекулярных связей.

4. *Лиазы*, катализирующие реакции присоединения групп по двойным связям и обратные реакции отрыва таких групп.

5. *Изомеразы*, катализирующие реакции изомеризации.

6. *Лигазы*, катализирующие химические реакции с образованием связей за счет АТФ (аденозинтрифосфорной кислоты).

При отмирании и перегнивании живых организмов часть их ферментов разрушается, а часть, попадая в почву, сохраняет свою активность и катализирует многие почвенные химические реакции, участвуя в процессах почвообразования и в формировании качественного признака почв — плодородия. В разных типах почв под определенными биоценозами сформировались свои ферментативные комплексы, отличающиеся активностью биокаталитических реакций.

В. Ф. Купревич и Т. А. Щербакова (1966) отмечают, что важной чертой ферментативных комплексов почв является упорядоченность действия имеющихся групп ферментов, которая проявляется в том, что обеспечивается одновременное действие ряда ферментов, представляющих различные группы; исключаются образование и накопление соединений, имеющихся в почве в избытке; излишки накопившихся подвижных простых соединений (например,  $\text{NH}_3$ ) тем или иным путем временно связываются и направляются в циклы, завершающиеся образованием более или менее сложных соединений. Ферментативные комплексы являются уравновешенными саморегулирующимися системами. В этом основную роль играют микроорганизмы и растения, постоянно пополняющие почвенные ферменты, так как многие из них являются короткоживущими. О количестве ферментов косвенно судят по их активности во времени, которая зависит от химической природы реагирующих веществ (субстрата, фермента) и от условий взаимодействия (концентрации компонентов, рН, температуры, состава среды, действия активаторов, ингибиторов и т. д.).

В данной главе рассматривается участие в некоторых химических

ких почвенных процессах ферментов из класса гидролаз — активность инвертазы, уреазы, фосфатазы, протеазы и из класса оксиредуктаз — активность каталазы, пероксидазы и полифенолоксидазы, имеющих большое значение в превращении азот- и фосфорсодержащих органических веществ, веществ углеводного характера и в процессах образования гумуса. Активность этих ферментов — существенный показатель плодородия почв. Кроме того, будет охарактеризована активность этих ферментов в лесных и пахотных почвах разной степени окультуренности на примере дерново-подзолистых, серых лесных и дерново-карбонатных почв.

## 7.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ

*Инвертаза* — катализирует реакции гидролитического расщепления сахарозы на эквимолярные количества глюкозы и фруктозы, воздействует также на другие углеводы с образованием молекул фруктозы — энергетического продукта для жизнедеятельности микроорганизмов, катализирует фруктозотрансферазные реакции. Исследования многих авторов показали, что активность инвертазы лучше других ферментов отражает уровень плодородия и биологической активности почв.

*Уреаза* — катализирует реакции гидролитического расщепления мочевины на аммиак и диоксид углерода. В связи с использованием мочевины в агрономической практике необходимо иметь в виду, что активность уреазы выше у более плодородных почв. Она повышается во всех почвах в периоды их наибольшей биологической активности — в июле — августе.

*Фосфатаза* (щелочная и кислая) — катализирует гидролиз ряда фосфорорганических соединений с образованием ортофосфата. Активность фосфатазы находится в обратной зависимости от обеспеченности растений подвижным фосфором, поэтому она может быть использована как дополнительный показатель при установлении потребности внесения в почвы фосфорных удобрений. Наиболее высокая фосфатазная активность в ризосфере растений.

*Протеазы* — это группа ферментов, при участии которых белки расщепляются до полипептидов и аминокислот, далее они подвергаются гидролизу до аммиака, диоксида углерода и воды. В связи с этим протеазы имеют важнейшее значение в жизни почвы, так как с ними связаны изменение состава органических компонентов и динамика усвояемых для растений форм азота.

*Каталаза* — в результате ее активирующего действия происходит расщепление перекиси водорода, токсичной для живых организмов, на воду и свободный кислород. Большое влияние на каталазную активность минеральных почв оказывает растительность.

Как правило, почвы, находящиеся под растениями с мощной глубоко проникающей корневой системой, характеризуются высокой каталазной активностью. Особенность активности каталазы заключается в том, что вниз по профилю она мало изменяется, имеет обратную зависимость от влажности почв и прямую — от температуры.

*Полифенолоксидаза* и *пероксидаза* — им в почвах принадлежит важная роль в процессах гумусообразования. Полифенолоксидаза катализирует окисление полифенолов в хиноны в присутствии свободного кислорода воздуха. Пероксидаза же катализирует окисление полифенолов в присутствии перекиси водорода или органических перекисей. При этом ее роль состоит в активировании перекисей, поскольку они обладают слабым окисляющим действием на фенолы. Далее может происходить конденсация хинонов с аминокислотами и пептидами с образованием первичной молекулы гуминовой кислоты, которая в дальнейшем способна усложняться за счет повторных конденсаций (Кононова, 1963).

Замечено (Чундерова, 1970), что отношение активности полифенолоксидазы ( $S$ ) к активности пероксидазы ( $D$ ), выраженное в процентах ( $K = \frac{S \cdot 100}{D} \%$ ), имеет связь с накоплением в почвах гумуса, поэтому эта величина получила название *условный коэффициент накопления гумуса* ( $K$ ). У пахотных слабокультуренных почв Удмуртии за период с мая по сентябрь он составил: у дерново-подзолистой — 24 %, у серой лесной оподзоленной — 26 и у дерново-карбонатной почвы — 29 %.

## 7.2. ФЕРМЕНТАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ

Биокаталитическая активность почв находится в значительном соответствии со степенью обогащенности их микроорганизмами (табл. 11), зависит от типа почв и изменяется по генетическим горизонтам, что связано с особенностями изменения содержания гумуса, реакции, Red-Ox-потенциала и других показателей по профилю.

В целинных лесных почвах интенсивность ферментативных реакций в основном определяют горизонты лесной подстилки, а в пахотных — пахотные слои. Как в одних, так и в других почвах все биологически менее активные генетические горизонты, находящиеся под горизонтами А или  $A_n$ , имеют низкую активность ферментов, незначительно изменяющуюся в положительную сторону при окультуривании почв. После освоения лесных почв под пашню ферментативная активность образованного пахотного горизонта по сравнению с лесной подстилкой оказывается резко сниженной, но по мере его окультуривания повышается и в сильно окультуренных видах приближается или превышает показатели лесной подстилки.

# 11. Сопоставление биогенности и ферментативной активности почв Среднего Предуралья (Пухидская, Ковриго, 1974)

№ разреза, название почвы	Горизонт, глубина взятия образца, см	Гумус, %	Общее количество микроорганизмов, тыс. на 1 г. абс. сух. почвы (в среднем за 1962, 1964—1965 гг.)	Показатели активности ферментов (в среднем за 1969—1971 гг.)					Перекисида сидлаза
				Инвертаза, мг глюкозы на 1 г почвы за 1 сут	Фосфатаза, мг фенол-фталена на 100 г почвы за 1 ч	Уреаза, мг NH <sub>3</sub> на 1 г почвы за 1 сут	Каталаза, мл O <sub>2</sub> на 1 г почвы за 1 мин	Полифенол-оксидаза на 100 г почвы за 1,5 ч	
3. Дерново-средне-подзолистая среднесуглинистая (под лесом)	A <sub>0</sub> 1—6		5431	9,18	0,23	0,27	2,96	2,21	8,75
	A <sub>1</sub> 9—19	2,57	1339	2,67	0,07	0,10	1,65	0,81	2,56
	A <sub>2</sub> 24—34	0,79	623	1,11	0,03	0,02	1,24	0,28	0,71
	B <sub>2</sub> 57—67	0,36	102	0,50	Не определяли	0,03	1,12	Следы	0,12
1. Дерново-средне-подзолистая среднесуглинистая слабооккультуренная	A <sub>0</sub> 0—22	2,51	4018	4,98	0,11	0,18	1,97	1,43	4,72
	A <sub>2</sub> 22—30	0,75	742	1,66	0,06	0,04	1,31	0,56	1,49
	B <sub>1</sub> 32—42	0,48	353	0,63	0,03	0,02	1,35	0,24	0,50
10. Серая лесная оподзоленная тяжелосуглинистая слабооккультуренная	A <sub>0</sub> 0—22	6,29	4894	8,32	0,20	0,18	1,91	1,70	6,02
	A <sub>1</sub> /B <sub>1</sub> 24—34	2,46	1900	2,51	0,07	0,07	1,38	0,62	1,63
	B <sub>1</sub> 42—52	0,92	1196	1,17	0,03	0,03	1,33	0,26	0,57
2. Дерново-карбонатная слабовыщелоченная легкосуглинистая слабооккультуренная	A <sub>0</sub> 0—20	4,20	6203	10,48	0,24	0,23	2,20	2,35	7,84
	B <sub>1</sub> 22—32	1,27	688	2,91	0,08	0,09	1,38	0,81	2,22
	B <sub>2</sub> 38—48	0,93	446	0,94	0,03	0,03	1,24	0,35	0,65

Активность биокаталитических реакций почв изменяется. Наименьшая она весной и осенью, а наиболее высокая обычно в июле—августе, что соответствует динамике общего хода биологических процессов в почвах. Однако в зависимости от типа почв и их географического положения динамика ферментативных процессов весьма различна.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие соединения называют ферментами? Каковы их продуцирование и значение для живых организмов? 2. Назовите источники почвенных ферментов. Какую роль играют отдельные ферменты в почвенных химических процессах? 3. Дайте понятие о ферментативном комплексе почв и его функционировании. 4. Дайте общую характеристику течения ферментативных процессов в целинных и пахотных почвах.

## Глава 8

### АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Под *аллелопатией* понимают химическое ингибирующее взаимовлияние растений и почвенных микроорганизмов в результате выделения или физиологически активных органических соединений, или появляющихся в почвах при гниении их остатков. Термин «аллелопатия» состоит из двух греческих слов, означающих «взаимное страдание». Таким образом, аллелопатия является важнейшим свойством живой фазы почв и оказывает большое влияние на уровень их плодородия.

Явление аллелопатии было замечено давно как в естественной природной обстановке в лесных, луговых, степных и других биоценозах, так и в земледельческой практике при возделывании сельскохозяйственных культур. Однако взаимовлияние растений, почвенных микроорганизмов и других живых организмов учитывают в агрономической практике крайне недостаточно. Большой частью угнетение одних растений другими объясняется лишь конкуренцией за свет, воду, питательные вещества, развитием вредителей и возбудителей болезней, ухудшением физических свойств почв и т. д. Недооценка аллелопатического взаимовлияния организмов живой фазы почв ограничивает возможности повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В изучение аллелопатии большой вклад внесли Г. Молиш, Г. Грюммер, Дж. Боннер, А. Г. Винтер, Э. Райс, С. И. Чернобривенко, В. П. Иванов, Т. А. Работнов, З. Лаштутка, А. М. Гродзинский, М. В. Колесниченко и многие другие ученые. Для почвоведения и агрономической практики эти исследования имеют особое значение. Познание аллелопатии чрезвычайно важно также в экологическом отношении.

Наиболее изучено аллелопатическое взаимовлияние растений и микроорганизмов. С целью его характеристики Г. Грюммер

предложил пользоваться определенными терминами для обозначения ингибиторов (тормозителей) аллелопатической природы. Термином *антибиотик* названы ингибиторы биохимических процессов, продуцируемые микроорганизмами и действующие на микроорганизмы. Термином *фитонцид* названы ингибиторы, продуцируемые высшими растениями и действующие на микроорганизмы. Соединения, выделяемые микроорганизмами, ингибирующие биохимические процессы растений, названы *маразминами*. Термином *колины* названы химические ингибиторы, образуемые высшими растениями и действующие на высшие растения. Однако бывает иная направленность действия ингибиторов. Некоторые антибиотики оказываются токсичными по отношению к высшим растениям, известно много фитонцидов, ингибирующих рост высших растений, и много колинов, подавляющих рост микроорганизмов, а некоторые маразмины действуют также и на микроорганизмы.

### 8.1. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИНГИБИТОРОВ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ И НАПРАВЛЕННОСТЬ МЕХАНИЗМА ИХ ДЕЙСТВИЯ

Главные пути биосинтеза веществ аллелопатической природы и их химический состав частично установлены. Э. Райс (1978) считает, что все известные ингибиторы аллелопатической природы можно разделить на 15 групп. Они представлены разнообразными простыми и сложными органическими соединениями. Большую часть идентифицированных антибиотиков, маразминов, фитонцидов и колинов можно отнести, по Э. Райсу, к одной из 14 групп.

1. Простые водорастворимые органические кислоты, спирты с неразветвленной цепью, алифатические альдегиды и кетоны.
2. Простые ненасыщенные лактоны.
3. Жирные кислоты с длинной цепью.
4. Нафтохиноны, антрахиноны и сложные хиноны.
5. Терпеноиды и стероиды.
6. Простые фенолы, бензойная кислота и их производные, галловая кислота и протокатеховая кислота.
7. Коричная кислота и ее производные.
8. Кумарины.
9. Флавоноиды.
10. Конденсированные танины, гидролизуемые танины.
11. Аминокислоты и полипептиды.
12. Алкалоиды и циангидрины.
13. Сульфиды и гликозиды горчичного масла.
14. Пурины и нуклеозиды.

Но некоторые вещества не подходят к этим группам, и их целесообразно выделить в 15-ю группу. Это фенилуксусная и 4-фенилмасляная кислоты, обнаруженные среди токсинов разлагающихся

остатков ржи; к этой группе следует отнести также фенилэтиловый спирт, триптофол, летучий ингибитор этилен ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ), абсцизовую кислоту, агропирен и др.

Ингибиторы аллелопатической природы не только выделяют растениями в среду, но содержатся также в стеблях, листьях, корнях, цветках и соцветиях, в плодах и семенах растений. Попадая в почву, они входят в состав ее органического вещества, а также находятся в адсорбированном состоянии с твердой фазой почв, в почвенных растворах и почвенном воздухе (летучие токсины).

Установлено, что алкалоиды и кумарины сильно подавляют прорастание семян, фенольные токсины — рост проростков, горчичные масла крестоцветных растений — прорастание семян и жизнедеятельность микроорганизмов, танины — мощные ингибиторы нитрификации в почвах и т. д. Ингибиторы могут накапливаться в почвах и разрушаться.

Механизмы действия ингибиторов направлены на угнетение деления клеток, подавление роста, затруднение поглощения органическими макро- и микроэлементами, на угнетение фотосинтеза, подавление дыхания, степень раскрытия устьичных щелей, на подавление синтеза белка, изменение проницаемости мембран, на ингибирование специфических ферментов (целлюлазы, каталазы, протеазы, инвертазы, пероксидазы, полифенолоксидазы, фосфатазы, уреазы и др.), повышение чувствительности растений к определенным болезням.

## 8.2. ПРОЯВЛЕНИЕ АЛЛЕЛОПАТИИ В ПРИРОДНОЙ ОБСТАНОВКЕ, В ЗЕМЛЕДЕЛИИ И САДОВОДСТВЕ

Аллелопатия оказывает большое влияние на смену во времени одних биоценозов другими на определенных территориях земной поверхности в результате воздействия токсинов, вырабатываемых живыми организмами биоценозов. Такая смена биоценозов носит название *сукцессия*. Сукцессии происходят как в результате изменения условий произрастания растений под воздействием жизнедеятельности организмов, входящих в состав биоценозов, так и под воздействием внешних причин, включая земледельческую деятельность человека. Следовательно, аллелопатия, как и другие взаимоотношения растений, лежит в основе возникновения, развития и смены растительных ассоциаций. Она играет важную роль в почвообразовательных процессах.

Земледельческая деятельность человека приводит к смене естественных биоценозов определенными агробиоценозами и изменению направления почвообразования в результате применения комплекса агротехнических приемов. Под агробиоценозами складываются новые аллелопатические взаимоотношения между орга-

низмами живой фазы почв, формируются новые комплексы аллелопатических соединений. Показательно в этом отношении значительное уменьшение аллелопатического ингибирования азотобактера и нитрифицирующих бактерий после освоения лесных дерново-подзолистых почв под пашню.

Аллелопатическое влияние проявляется как у культурных сельскохозяйственных растений на сорняки (у ржи, льна, нута, гречихи и др.), так и у сорняков на культурные растения. Например, аллелопатическое влияние полны обыкновенной выражается в снижении всхожести высеванных семян фасоли и в прорастании семян гороха; бодяк в поле угнетает овес, молочай и рыжик льняной — лен, донник — кукурузу и т. д.

Известное в агрономии явление почвоутомления является ярким примером проявления аллелопатии под монокультурами. Сельскохозяйственные растения, произрастая на одном поле длительное время и выделяя в почву токсины, сами себя уничтожают, даже если в почве имеется достаточный запас элементов питания и она не заражена патогенными микроорганизмами и другими вредителями. Корневые выделения пшеницы отрицательно влияют на корни пшеницы; корневые выделения овса действуют на овес, льна — на лен, клевера — на клевер. Утомление почвы наблюдается также при возделывании гороха, огурца, люцерны, свеклы и других культурных растений. Это явление встречается также у плодовых деревьев и кустарников.

Наблюдается химическое взаимодействие семян сорных и культурных растений при прорастании.

С содержанием в семенах сорняков антимикробных веществ аллелопатической природы наряду с другими причинами связано сохранение семян в почве от гибели в течение многих лет до их прорастания. Для культурных растений очень важно, чтобы семена не всходили в предуборочный и послуборочный периоды. Это тоже проявление аллелопатии. Например, у сорго этому благоприятствует высокое содержание в семенах таннинов. Таннины способствуют также устойчивости растений к заражению. Следует отметить, что вещества, подавляющие жизнедеятельность как патогенных, так и непатогенных микроорганизмов, найдены у сотен видов растений.

Необходимо учитывать аллелопатическое влияние разлагающихся пожнивных остатков на культурные растения, особенно при проведении мульчирующей обработки почв. Ингибирующее влияние мульчи складывается из действия токсинов, содержащихся в растительном материале мульчи, и токсинов, вырабатываемых микроорганизмами, разлагающими органическую массу мульчи. По данным Н. А. Красильникова, от 5 до 15 % из 1500 культур актиномицетов подавляли рост высших растений, то же наблюдается у трети из 300 изученных им культур неспорообразующих бактерий и у 20—30 % спорообразующих бактерий.

Аллелопатическое взаимовлияние отмечено и у садовых культур. Грецкий орех выделяет токсин, повреждающий и даже убивающий яблони. Значительной аллелопатической активностью обладают барбарис, конский каштан, роза, сирень, калина, пихта. Токсины этих растений ингибируют соседние растения и накапливаются в почве. Проявляется аллелопатическое взаимодействие подвоя и привоя при окулировке и прививках у садовых культур. В результате изменяются рост растений, их устойчивость к болезням, сроки созревания плодов, их размер, окраска и качество. Очень важно с точки зрения аллелопатии проведение мероприятий по реплантации садов.

Выращивание картофеля в междурядьях молодых яблоневых садов может привести к накоплению в почве токсинов, вредных яблоням. При этом снижается содержание азота в корнях и ветвях и изменяется состав белков в коре яблонь, нарушается процесс фотосинтеза.

Аллелопатия играет значительную роль и в лесном хозяйстве. Имеется много видов древесных растений, оказывающих аллелопатическое воздействие на другие виды древесных растений или иногда на растения того же вида.

Аллелопатия наблюдается не только между растениями и микроорганизмами. Например, некоторые грибы являются несъедобными для человека в результате содержания в них токсичных соединений. Известны ядовитые травы, не поедаемые травоядными животными, и т. д. Все это проявления аллелопатии.

Среди живых организмов в результате выделения ими химических веществ кроме отрицательного взаимовлияния наблюдается также положительное. Поэтому некоторые исследователи (Г. Молиш и др.) предлагают явление аллелопатии понимать более широко, а не только как ингибирующее влияние биохимически активных соединений.

### **8.3 АГРОНОМИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ, СНИЖАЮЩИЕ АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ НА КУЛЬТУРНЫЕ РАСТЕНИЯ**

Многие агроприемы для целей земледелия еще предстоит разработать. Однако важность проведения ряда мероприятий, снижающих аллелопатическое проявление живой фазы почв, не вызывает сомнений. Вот некоторые из них.

1. Возделывание сельскохозяйственных культур только в условиях севооборота.

2. Отказ от длительного бессменного возделывания сельскохозяйственной культуры на одном поле.

3. Борьба с сорной растительностью.

4. Тщательный подбор растений для смешанных посевов и посадок.

5. Регулирование травостоя естественных лугов и пастбищ.
6. Внесение в почву адсорбентов, снижающих содержание в почве подвижных токсичных веществ.
7. Известкование кислых почв для нейтрализации многих органических кислот аллелопатической природы.
8. Правильный подбор овощных культур (сельдерей при соседстве с цветной капустой предохраняет ее от налета капустной белянки; морковь и лук защищают друг друга от поражения морковной и луковой мухой и т. д.).

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Что такое аллелопатия? 2. Какие различают группы ингибиторов аллелопатического взаимовлияния растений и микроорганизмов? 3. Назовите основные химические вещества аллелопатической природы и направления механизма их действия.
4. Приведите примеры аллелопатического взаимовлияния растений и микроорганизмов в естественных условиях, в земледелии, в садоводстве.
5. Какие вы знаете пути снижения аллелопатических воздействий в сельскохозяйственной практике?

## Глава 9

### ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ. ОСНОВНЫЕ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ДЛЯ РАСТЕНИЙ. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

Для нормального роста и развития растениям необходимы свет, тепло, вода, воздух и питательные вещества. Все эти условия жизни для растений равноценны и незаменимы. В почвах элементы питания растений находятся в составе минералов, органических и органо-минеральных соединений твердой фазы почв, в почвенных растворах (в основном в ионной форме) и в газовой фазе почв. В результате поглощения питательных элементов растения формируют корневые и надземные массы, которые используются людьми как продукты питания, корм для животных или как сырье для промышленности (клубни картофеля, зерно, лен и т. д.).

В почвах содержатся практически все элементы периодической системы Д. И. Менделеева, но для питания растениям наиболее необходимы 19 элементов: С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, B, Cl, Na, Si, Co. Из них 16 элементов, кроме С, Н, О, относятся к *минеральным*. Углерод, водород и кислород поступают в растения преимущественно в виде  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ . Необходимость натрия, кремния и кобальта не для всех растений установлена.

Углерод, водород, кислород и азот называют *органогенными элементами*, так как в основном из них состоит организм растений. Углерода содержится в среднем 45 % от сухой массы тканей растений, кислорода — 42, водорода — 6,5, азота — 1,5 %. Их сумма составляет 95 %. Оставшиеся 5 % приходятся на *зольные элементы*: P, S, K, Ca, Mg, Fe, Si, Na и др. Они называются так потому, что преобладают в золе растений.

Химический состав золы является показателем валового количества усвоенных растениями из почвы зольных элементов питания. Их выражают в оксидах или в элементах по отношению к массе сухого вещества, или к массе золы в процентах.

Валовой химический состав растений значительно отличается от валового состава почвы вследствие избирательности растений к поглощению отдельных элементов для формирования урожая (табл. 12). В растениях всегда больше азота, фосфора и калия.

**12. Валовой химический состав пахотных горизонтов почв (% на прокаленную навеску) в сравнении с зольным составом растений (% на золу)**

Почва, растение	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Автор
Дерново-средне-подзолистая средне-суглинистая	70,2	4,9	1,4	1,1	0,2	1,8	1,6	В. П. Ковриго
Серая лесная оподзоленная тяжелосуглинистая	69,1	5,0	1,5	1,4	0,2	2,0	1,4	»
Чернозем типичный тяжелосуглинистый	79,0	4,3	2,0	1,1	0,4	2,3	0,8	Е. А. Афанасьева
Картофель (клубни)	2,1	1,1	2,6	4,9	16,9	60,0	3,0	Н. А. Максимов
Пшеница:								
семена	0,7	0,6	3,5	13,2	47,9	30,2	0,6	»
стебли и листья	67,4	0,6	5,8	2,5	4,8	13,6	1,4	»
Лен:								
семена	0,9	1,1	9,6	15,8	42,5	26,7	2,2	»
стебли и листья	6,7	3,7	24,8	15,0	6,2	34,1	4,4	»

В естественных биоценозах питательные элементы, усвоенные растениями и другими живыми организмами, снова возвращаются в почву после их отмирания и перегнивания, поэтому, как правило, обеднения почвы питательными элементами не происходит. Устанавливается их относительное природное равновесие, характерное для разных типов почв.

На пахотных же землях после уборки урожая в почву возвращается только часть поглощенных растениями минеральных элементов, например с корневыми и стерневыми остатками зерновых культур; при тереблении льна почти ничего не возвращается. В связи с этим в пахотные почвы необходимо вносить минеральные удобрения, что позволяет вернуть в почву не только отчужденные с урожаем питательные элементы, но и сбалансировать их по количеству и соотношению для последующих сельскохозяйственных культур, тем самым обеспечить получение запланированного урожая. Для повышения эффективности удобрений и снижения их доз очень важно осуществлять агроприемы по регулированию почвенных процессов, направленных на накопление биологического азота и высвобождение из твердой фазы почв элементов питания в доступной для растений форме.

Кроме азота и зольных элементов, называемых в агрономичес-

кой практике *макроэлементами*, в составе растений присутствуют *микроэлементы*, содержание которых составляет  $\leq 0,001\%$  сухой массы тканей (В, Сu, Со, Zn, Мо и др.). Они играют очень важную роль в обмене веществ растительного организма.

В агрономических целях для характеристики условий питания растений определяют валовое содержание элементов в почве, ближайший для растений резерв доступных элементов и количество непосредственно усвояемых элементов из почвы.

Обеспеченность почв усвояемыми питательными элементами может быть выражена по отношению к разным сельскохозяйственным культурам в связи с тем, что они поглощают неодинаковое их количество. По этому признаку сельскохозяйственные культуры делят на три группы.

I. Культуры невысокого выноса питательных элементов (зерновые).

II. Культуры повышенного выноса (кормовые культуры, картофель).

III. Культуры большого выноса (овощные, некоторые технические культуры, чайный куст, цитрусовые, виноград).

Азот и зольные элементы растения поглощают преимущественно в виде ионов из почвенного раствора и твердой фазы почв ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  и др.). Питательные вещества растения извлекают избирательно из почвенного раствора физико-химической адсорбцией их на внешней поверхности корней или в результате контактного ионного обмена с твердой фазой почв.

Содержание доступных элементов питания растений в почвах варьирует в течение вегетационного периода в связи с изменением температуры, влажности, концентрации  $\text{CO}_2$  в почвенном воздухе, биологической активности почв. Оно достигает максимума в европейской части России обычно в июле—августе; динамичность доступных элементов определяется также неравномерным их поглощением растениями. Динамика почвенных и физиологических циклов доступных элементов питания не всегда совпадает, поэтому в критические периоды питания растений рекомендуют проводить подкормки удобрениями. Например, весенняя подкормка озимых зерновых культур азотными удобрениями.

## 9.1. АЗОТ В ПОЧВАХ

Валовое количество азота в почвах составляет 0,1—0,5 % (от 2 до 10 т/га в пахотном слое 0—20 см). В почвообразующих породах азота почти нет. Почвенный азот находится в основном в составе органического вещества — гумуса ( $1/20$ — $1/40$  часть его процентного содержания). Этот азот растениям недоступен. Однако в течение

теплого времени года часть гумуса (1—2 % его содержания) разлагается микроорганизмами и азот высвобождается в доступной для растений форме.

Резервом доступного для растений азота является *легкогидролизующий азот*. Его содержание в почвах составляет 2—5 % валового количества азота. Это азот, который может быть минерализован в «ближайшее время» за счет наиболее разлагаемой части органического вещества почв (аминокислот и амидов). Однако по его количеству нельзя делать прогноз об обеспеченности растений азотом как элементом питания.

Основную роль в азотном питании растений играют *минеральные формы азота*: окисленная ( $\text{NO}_3^-$ ) и восстановленная ( $\text{NH}_4^+$ ). Минерального азота содержится в среднем от 50 кг/га в пахотном слое дерново-подзолистых суглинистых почв, до 100 кг/га и более — в черноземах, что составляет 0,5—1 % валового количества азота в почвах. За вегетационный период растениями усваивается около 40 % минерального азота.

*Аммонийный азот* образуется в почвах в результате жизнедеятельности аммонифицирующих гетеротрофных микроорганизмов, превращающих органический азот растительных и животных остатков, а также азот гумуса в  $\text{NH}_4^+$ . Аммонийный азот находится в почвах в форме фиксированного глинными минералами аммония, входит в состав обменных катионов (0,3—0,4 % суммы катионов оснований), является компонентом почвенного раствора (5—6 мг/л). Содержание доступного для растений аммония (обменного и водорастворимого) зависит от типа почв, численности аммонифицирующих бактерий и изменяется в динамике. Количество аммония практически не меняется при окультуривании почв, он довольно равномерно распределен по их профилю.

Образование нитратного азота в почвах обязано биологическому окислению  $\text{NH}_3^+$  ( $\text{NH}_4^+$ ) до  $\text{NO}_3^-$  в результате микробиологического процесса нитрификации, осуществляемого двумя группами автотрофных бактерий. Бактерии *Nitrosomonas* окисляют аммиак до азотистой кислоты, а *Nitrobakter* — азотистую кислоту до азотной.

В настоящее время различают три группы нитратного азота в почве: свободный, подвижный и адсорбированный (табл. 13).

*Свободный нитратный азот* находится в почвенном растворе (30—60 мг/л), может с ним передвигаться по профилю почв, хорошо поглощается корнями растений; часть нитратного азота подвергается денитрификации. *Подвижный нитратный азот* — это адсорбированный  $\text{NO}_3^-$ , легко переходящий в почвенный раствор из твердой фазы после высыхания почвы и последующего ее увлажнения. *Адсорбированный  $\text{NO}_3^-$*  находится в твердой (коллоид-

**13. Содержание N—NO<sub>3</sub> в пахотных горизонтах основных типов почв Удмуртии разной степени окультуренности, мг/кг (Ковриго, Ирьянова, 1982)**

Степень окультуренности почв	Свободный (С) N—NO <sub>3</sub> (в H <sub>2</sub> O)	Подвижный (В) N—NO <sub>3</sub> (в H <sub>2</sub> O)	Адсорбированный (А) N—NO <sub>3</sub> (в 0,04 н. Na <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> )	Е (А+В+С)	А/С	А/В
<i>Дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая почва</i>						
Слабая	5,5	1,5	4,1	11,1	0,7	2,7
Сильная	13,2	1,5	5,1	19,8	0,4	3,4
<i>Серая лесная тяжелосуглинистая почва</i>						
Слабая	1,8	0,8	4,0	6,6	2,2	5,0
Сильная	18,2	3,7	7,1	29,0	0,4	1,9
<i>Дерново-карбонатная выщелоченная глинистая почва</i>						
Средняя	4,5	1,0	4,2	0,7	0,9	4,2

ной) фазе почв в обменном состоянии. Особенно активно нитратный ион обменивается на фосфат-ион. Подвижный и адсорбированный нитратный азот, находясь в почвах в виде поглощенных ионов, не подвергается вымыванию и денитрификации.

В лесных почвах процесс нитрификации подавлен; в них преобладает *аммонийный азот*. При распашке лесных почв процесс нитрификации активизируется, количество нитратного азота в пахотных почвах, как правило, преобладает над аммонийным. Содержание нитратного азота в пахотных почвах зависит от типа почв, степени их окультуренности и состава глинистых минералов. Об уровне возможной обеспеченности сельскохозяйственных культур свободным нитратным почвенным азотом судят по нитрификационной способности почв (табл. 14).

**14. Уровень обеспеченности сельскохозяйственных культур азотом по нитрификационной способности дерново-подзолистых и серых лесных почв (по Кравкову)**

Культуры	Уровень обеспеченности, мг/кг N—NO <sub>3</sub>			
	I — очень низкий	II — низкий	III — средний	IV — высокий
Зерновые	<5	5—8	8—15	>15
Корнеплоды и картофель	<8	8—15	15—30	>30
Овощные	<15	15—30	30—60	>60

Для расчета доз азотных удобрений для получения планируемого урожая сельскохозяйственных культур необходимо знать содержание минерального азота в почвах.

Г. Гамзиков (1981) предложил метод определения ориентировочных доз азотных удобрений по содержанию свободного нитратного и аммонийного азота в пахотном слое почв перед посевом (табл. 15). Однако в этом методе не учитывается количество под-

вижного и адсорбированного азота. Тем не менее он имеет преимущество над другими методами определения доз азотных удобрений, при которых содержание минерального азота в почвах в расчет вообще не берется, а дозы определяют или, например, по соотношению выноса растениями из почвы с урожаем азота и фосфора (табл. 16), или с помощью других расчетов. Это приводит к большому завышению доз азотных удобрений, снижает качество растениеводческой продукции, причиняет вред экологической обстановке.

#### 15. Шкала обеспеченности растений легкоусвояемыми формами азота для почв Западной Сибири (Гамзиков, 1981)

Обеспеченность растений азотом	Интервалы содержания N в почвах, мг/кг, перед посевом			Потребность растений в N-удобрениях	Ориентировочные дозы внесения N, кг/га
	N-NO <sub>3</sub> (0—20 см)	N-NH <sub>3</sub> , N-NH <sub>4</sub> (0—20 см)	кислотно-гидролизуемый (0—20 см)		
Очень низкая	<10	<10	<30	Очень сильная	60—90
Низкая	10—15	10—20	30—60	Сильная	45—60
Средняя	15—20	20—40	60—90	Средняя	30—45
Высокая	>20	>40	>90	Отсутствует	0
Почвы, на которых рекомендуют применение метода	Дерново-подзолистые, серые и черноземы			Серые лесные и черноземы подзолистые	

#### 16. Вынос питательных веществ с урожаем зерновых культур (обобщенные показатели опытов по Удмуртии)

Культура*	Вынос с общим урожаем биомассы, кг на 100 кг основной продукции		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Озимая рожь	2,8	1,2	2,4
Озимая пшеница	3,1	1,2	2,5
Яровая пшеница	3,4	1,2	2,3
Ячмень	2,7	1,1	2,3
Овес	3,1	1,3	2,9
Гречиха	3,0	1,5	4,0
Горох	6,2	1,7	2,3

\*Основная продукция — зерно.

Наиболее полное представление о содержании минерального азота в почвах перед посевом дает сумма всех трех групп азота нитратного и аммонийного в слое 0—100 см в западных районах России, 0—60 см — в восточных районах европейской части России и 0—40 см — в Средней Сибири, так как в слоях этой мощности наблюдается большей частью миграция нитратов в суглинистых почвах. Из этих слоев наиболее вероятно также усвоение минерального азота корнями растений.

## 9.2. ФОСФОР В ПОЧВАХ

Фосфор является «дефицитным» элементом, так как в мире запасы фосфатного сырья (апатитов и фосфоритов) для производства фосфорных удобрений невелики. Наряду с этим содержание валового фосфора ( $P_2O_5$ ) в почвах низкое — 0,05—0,25 % (от 1 до 5 т/га в пахотном слое 0—20 см). Основное его количество растениям труднодоступно, а фосфор удобрений сильнее, чем азот и калий, закрепляется почвами в неподвижные формы. Естественных путей возобновления запасов фосфора в отличие от азота в почвах нет.

Соединения фосфора в твердой фазе почв по доступности растениям подразделяются на пять групп (по Ф. В. Чирикову). I группа — наиболее доступные растениям, легко переходят в раствор под воздействием угольной кислоты — фосфаты щелочей и  $NH_4$ , одно- и двузамещенные фосфаты Ca и Mg,  $Mg_3(PO_4)_2$ , часть  $Ca_3(PO_4)_2$ . II группа — ближайший резерв фосфора для питания растений — это  $Ca_3(PO_4)_2$ , часть фосфора фосфорита и апатита, часть  $AlPO_4$  и часть органических фосфатов; извлекаются раствором уксусной кислоты. III группа в основном представлена труднодоступными фосфатами железа и алюминия, фосфорита, апатита и фитина. IV группа — это фосфаты органического вещества почвы; непосредственно растениям недоступны. V группа — фосфаты невыветрившихся минералов; непосредственно растениям недоступны.

Содержание разных форм соединений фосфора в почвах по группам дано в таблице 17. Их количество зависит от типа почв, минералогического и гранулометрического составов, содержания гумуса, изменяется по генетическим горизонтам и в динамике. Часть фосфора содержится в твердой фазе почв в адсорбированном состоянии, в почвенных растворах (0,1—0,3 мг/л) в виде фосфат-ионов (в основном  $H_2PO_4^-$ ), которые входят в состав групп фосфатов, наиболее доступных растениям.

17. Групповой состав фосфатов в почвах по Ф.В. Чирикову

Горизонт почвы	Глубина взятия образца, см	Валовой фосфор, мг/100 г	Группы фосфатов, $P_2O_5^*$				
			I	II	III	IV	V
<i>Дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая почва</i>							
$A_n$	0—22	180	4,7	12,9	18,5	31,9	112,0
			<u>2,6</u>	<u>7,1</u>	<u>10,2</u>	<u>17,6</u>	<u>62,5</u>
$A_2$	22—30	81	0,5	6,6	20,8	12,9	40,2
			<u>0,6</u>	<u>8,2</u>	<u>25,7</u>	<u>15,9</u>	<u>49,6</u>
$B_2$	49—50	100	0,7	13,8	41,8	21,0	22,7
			<u>0,7</u>	<u>13,8</u>	<u>41,8</u>	<u>21,0</u>	<u>22,7</u>

Горизонт почвы	Глубина взятия образца, см	Валовой фосфор, мг/100 г	Группы фосфатов, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *				
			I	II	III	IV	V
<i>Серая лесная оподзоленная тяжелосуглинистая почва</i>							
A <sub>n</sub>	0—22	167	$\frac{0,6}{0,3}$	$\frac{9,7}{5,8}$	$\frac{20,7}{12,4}$	$\frac{38,7}{23,2}$	$\frac{97,3}{58,3}$
A <sub>2</sub> /B	24—34	118	$\frac{0,4}{0,3}$	$\frac{7,0}{5,9}$	$\frac{9,7}{8,2}$	$\frac{14,1}{12,0}$	$\frac{86,8}{73,6}$
B <sub>1</sub>	42—52	116	$\frac{0,6}{0,5}$	$\frac{24,7}{21,3}$	$\frac{16,0}{13,8}$	$\frac{12,3}{10,6}$	$\frac{62,4}{53,8}$

\*В числителе — в мг/100 г, в знаменателе — в % от валового.

Для агрономических целей определяют содержание подвижных фосфатов в почвах, т. е. условную сумму ближайшего резерва и непосредственно усвояемого фосфора растениями. Для этого применяют разные химические методы извлечения фосфора в зависимости от типа почв и их свойств. По количеству подвижного фосфора проведена агрономическая группировка почв (табл. 18), которую используют для характеристики почвенных условий питания растений фосфором, составления картограмм и расчетов доз фосфорных удобрений.

### 18. Группировка почв по содержанию подвижных форм фосфора (для зерновых культур)

Группа почв*	Содержание подвижных форм фосфора	Количество P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г почвы		
		по методу Кирсанова (в 0,2 н. HCl) для подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных почв	по методу Чирикова (в 0,5 н. CH <sub>3</sub> COOH) для некарбонатных черноземных почв	по методу Мачигина [в 1%-ном (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ] для карбонатных черноземов, каштановых, бурых и сероземов
1	Очень низкое	<2,5	<2	<1
2	Низкое	2,5—5,0	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	>25	>20	>6

\* 2 — низкое содержание для I группы сельскохозяйственных культур невысокого выноса питательных веществ (зерновые культуры), 3 — низкое содержание для II группы сельскохозяйственных культур повышенного выноса (кормовые корнеплоды, картофель), 4 — низкое содержание для III группы сельскохозяйственных культур большого выноса (овощные, некоторые технические культуры, чай, цитрусовые, виноград).

Содержание подвижного фосфора (в кг/га) в пахотном слое почв определяют по формуле

$$P_2O_5 = ad_v h_{\text{пах}},$$

где  $a$  — количество подвижного фосфора,  $P_2O_5$ , мг/100 г (по методу Кирсанова или Чиркова);  $d_v$  — плотность пахотного слоя, г/см<sup>3</sup>;  $h_{\text{пах}}$  — мощность пахотного слоя, см.

За вегетационный период растения используют 5—10 % фосфора от содержания подвижных фосфатов в почвах, т. е. непосредственно усвояемый фосфор. Количество усвояемого фосфора зависит от особенностей химического состава органической и минеральной частей почв, их кислотности, гранулометрического состава и может быть охарактеризовано степенью подвижности фосфора (содержанием  $P_2O_5$ , мг/л, в вытяжке 0,03 н. раствором  $K_2SO_4$ ). Использование показателя степени подвижности фосфора в агрономической группировке почв дополнительно к содержанию подвижных форм фосфора дает более полную и правильную характеристику условий фосфорного питания растений (табл. 19).

**19. Группировка почв по содержанию кислоторастворимого фосфора в сочетании с показателями степени подвижности фосфора (для зерновых культур Среднего Предуралья) (Дерюгин, 1978)**

Группа почв	Содержание кислоторастворимого фосфора	$P_2O_5$ , мг /1 г почвы (по Кирсанову)	$P_2O_5$ , мг на 1 л (по Карпинскому, Замятиной; степень подвижности, в вытяжке 0,03 н. $K_2SO_4$ )
2	Низкое	5—10	До 0,08—0,10 0,10—0,16 0,16—0,22 и более
3	Среднее		
4	Повышенное		
3	Среднее	10—15	До 0,10 0,10—0,16 0,16—0,22 и более
4	Повышенное		
5	Высокое		

### 9.3. КАЛИЙ В ПОЧВАХ

Валового калия ( $K_2O$ ) в почвах больше, чем азота и фосфора, вместе взятых, — 1,5—2,5 % (30—50 т/га в пахотном слое), что зависит от минералогического, гранулометрического составов и содержания гумуса. Основное количество калия находится в труднодоступных для питания растения формах. Главным источником усвояемого калия служат обменно-поглощенные и водорастворимосолевые его формы. Обменный калий составляет 0,5—1,5 % валового. В почвенных растворах Нечерноземной зоны России содержится 30—40 мг/л калия ( $K_2O$ ). Количество обменного калия изменяется по генетическим горизонтам почв.

Для агрономических целей разработана группировка почв по содержанию в почвах обменного калия (табл. 20).

Этой группировкой, так же как и по подвижному фосфору, пользуются для характеристики почвенных условий питания растений калием, для расчетов доз калийных удобрений и составления картограмм. Растения усваивают 10—20 % калия от его обменных форм.

## 20. Группировка почв по содержанию обменного калия (для зерновых культур)

Группа почв*	Содержание обменного калия	Количество $K_2O$ , мг/100 г почвы			
		по методу Кирсанова в 0,2 н. HCl) для подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных почв	по методу Масловой (в 0,5 н. $CH_3COONH_4$ ) для подзолистых, дерново-подзолистых, серых лесных почв	по методу Чирикова (в 0,5 н. $CH_3COOH$ ) для некарбонатных почв	по методу Мачигина (в 1%-ном $(NH_4)_2CO_3$ ) для карбонатных черноземов, каштановых, бурых, сероземов
1	Очень низкое	<4	<5	<2	<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	>25	>30	>18	>40

\* 2 — низкое содержание для I группы сельскохозяйственных культур, 3 — низкое содержание для II группы, 4 — низкое содержание для III группы сельскохозяйственных культур.

### 9.4. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ В ПОЧВАХ

Микроэлементы (бор, марганец, медь, цинк, кобальт, молибден, йод и др.) играют важную биохимическую и физиологическую роль в жизни растений, а также животных и человека. Неблагоприятным является как недостаток микроэлементов в питании, так и их избыток.

Недостаток в кормах кобальта вызывает беломышечную болезнь у овец, недостаток йода в пище человека — заболевание щитовидной железы, цинка — кожные заболевания. Недостаток в почве подвижного бора приводит к сердцевинной гнили корнеплода сахарной свеклы, а у капусты — к рыхлости кочана, недостаток меди — к недоразвитию метелки у овса и пустозерности. Высокая концентрация в почве меди и низкая — цинка способствует заболеванию яблони розеточностью. Избыток в пище человека молибдена приводит к развитию подагры, бора в кормах — к пневмонии и нервным расстройствам овец, бора в почвах — к побурению листьев люцерны.

На содержание микроэлементов в почвах оказывают влияние прежде всего материнские (почвообразующие) породы, принадлежащие к тем или иным геохимическим провинциям. Геохимические провинции микроэлементов — это территории, на которых в поверхностных участках земной коры содержится различные их количества (пониженные или повышенные). Неодинаковое содержание микроэлементов в геохимических провинциях обусловлено происхождением материнских пород, включая их генетическую связь с определенными горными системами. В результате по-

роды различаются по составу и количественному соотношению минералов, содержащих оксиды, соли и другие соединения микроэлементов как примеси.

Известна приуроченность микроэлементов к первичным минералам: Co, Zn — к авгиту, биотиту, ильмениту, роговой обманке; Cu — к биотиту, апатиту, гранату, авгиту, полевым шпатам; В — к турмалину и т. д.

В географическом плане содержание микроэлементов в почвах и материнских породах европейской территории России в целом повышается в южном направлении от зоны подзолистых почв к каштановым. В Нечерноземной зоне отмечается повышение количества меди, кобальта и марганца от центральных областей к Уралу.

В агрономических целях в почвах определяют валовые и подвижные количества микроэлементов, которые принято выражать в миллиграммах на килограмм (мг/кг) почвы. Содержание микроэлементов для некоторых почв Среднего Предуралья приведено в таблице 21. Из таблицы видно, что только небольшая часть валовых запасов микроэлементов находится в доступной для питания растений форме.

**21. Среднее валовое количество микроэлементов\* и содержание подвижных форм\*\* в пахотных горизонтах почв Среднего Предуралья, мг/кг (в вытяжках по Пейве—Ринькису) ( Кузнецов, 1990)**

Почвы	В	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	J
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные	$\frac{20}{0,12}$	$\frac{814}{115}$	$\frac{19}{0,8}$	$\frac{29}{0,5}$	$\frac{7}{0,9}$	$\frac{0,9}{0,09}$	$\frac{0,4}{\text{Не определяли}}$
Дерново-подзолистые суглинистые	$\frac{24}{0,26}$	$\frac{1355}{135}$	$\frac{20}{1,7}$	$\frac{34}{0,58}$	$\frac{12}{1,9}$	$\frac{1,3}{0,15}$	$\frac{0,8}{\text{Не определяли}}$
Серые лесные оподзоленные и суглинистые и глинистые	$\frac{26}{0,69}$	$\frac{1314}{131}$	$\frac{23}{4,1}$	$\frac{39}{0,49}$	$\frac{11}{2,8}$	$\frac{1,4}{0,19}$	$\frac{1,4}{\text{Не определяли}}$
Дерново-карбонатные глинистые	$\frac{27}{0,50}$	$\frac{1460}{148}$	$\frac{25}{3,3}$	$\frac{44}{0,26}$	$\frac{13}{2,7}$	$\frac{1,6}{0,14}$	$\frac{3,6}{\text{Не определяли}}$
Дерново-глеевые глинистые	$\frac{25}{\text{Не определяли}}$	$\frac{768}{\text{Не определяли}}$	$\frac{28}{5,2}$	$\frac{30}{\text{Не определяли}}$	$\frac{10}{1,4}$	$\frac{1,3}{0,13}$	$\frac{\text{Не определяли}}{\text{Не определяли}}$
Аллювиальные луговые суглинистые	$\frac{26}{0,87}$	$\frac{1164}{238}$	$\frac{24}{6,4}$	$\frac{35}{0,39}$	$\frac{10}{1,5}$	$\frac{1,2}{0,13}$	$\frac{1,3}{\text{Не определяли}}$

\* Числитель; \*\* Знаменатель.

В разных типах почв распределение валовых и подвижных форм микроэлементов по профилю неодинаковое, что обусловлено особенностями состава и свойств почв, и является результатом воздействия процессов почвообразования.

Один из важных показателей поведения микроэлементов в почвах — величины их элювиально-аккумулятивных коэффициентов (ЭАК): отношение валового содержания элементов в верхних горизонтах почв к содержанию в почвообразующих породах. Величины коэффициентов зависят от почвообразовательных процессов, активности биогенной аккумуляции микроэлементов, реакции почв, насыщенности их основаниями, типа водного режима и других факторов.

В таблице 22 показаны величины элювиально-аккумулятивных коэффициентов микроэлементов для некоторых почв Среднего Предуралья.

**22. Элювиально-аккумулятивные коэффициенты (ЭАК) микроэлементов в пахотных почвах Среднего Предуралья (Кузнецов, 1990)**

Почвы	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo	J
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные	1,25	1,87	1,04	1,34	0,64	0,88	0,8—1,4
Дерново-подзолистые суглинистые	0,82	2,01	0,73	0,92	0,90	0,71	1,2—4,0
Серые лесные оподзоленные суглинистые и глинистые	0,86	1,77	0,94	0,83	0,74	0,86	1,3—24,1
Дерново-карбонатные глинистые	1,08	2,25	1,37	0,89	1,18	0,70	1,3—11,1
Дерново-глеевые глинистые	0,85	1,56	0,94	0,79	0,89	0,70	Не определяли

В образовании этих почв значительное участие принимали элювиальные процессы, поэтому у многих почв коэффициенты ЭАК меньше единицы. Это означает, что содержание валовых форм микроэлементов в таких почвах ниже, чем в почвообразующих породах. Марганец во всех почвах имел положительную величину коэффициента накопления, так же как йод, благодаря своей высокой биогенности. Величина ЭАК больше единицы у дерново-карбонатных и дерново-подзолистых легких почв. В дерново-карбонатных почвах аккумулятивные процессы микроэлементов преобладают над элювиальными благодаря карбонатному геохимическому барьеру нижних горизонтов, а в легких дерново-подзолистых почвах из-за низкого содержания микроэлементов в почвообразующих породах даже незначительная их аккумуляция в гумусовом горизонте отражалась положительно на величине ЭАК.

Показатели содержания подвижных микроэлементов в почвах используют в агрономической практике для определения необхо-

димости использования микроудобрений. В таблице 23 приведена группировка по обеспеченности растений подвижными формами микроэлементов, которую широко используют в агрономической практике.

### 23. Группировка почв по обеспеченности растений микроэлементами (по Важенину)

Обеспеченность	Содержание подвижных микроэлементов, мг/кг почвы (в вытяжках по Пейве-Ринькису)					
	B	Mn	Cu	Zn	Co	Mo
<i>I группа растений (невысокого выноса микроэлементов)</i>						
Низкая	<0,1	<15	<0,5	<0,3	<0,3	<0,05
Средняя	0,1—0,3	15—30	0,5—1,5	0,3—1,5	0,3—1,0	0,05—0,15
Высокая	>0,3	>30	>1,5	>1,5	>1,0	>0,15
<i>II группа растений (повышенного выноса микроэлементов)</i>						
Низкая	<0,3	<45	<2,0	<1,5	<1,0	<0,2
Средняя	0,3—0,5	45—70	2,0—4,0	1,5—3,0	1,0—3,0	0,2—0,3
Высокая	>0,5	>70	>4,0	>3,0	3,0	>0,3
<i>III группа растений (высокого выноса микроэлементов)</i>						
Низкая	<0,3	<100	<5,0	3,0	<3,0	<0,3
Средняя	0,3—1,0	100—150	5,0—7,0	3,0—5,0	3,0—5,0	0,3—0,5
Высокая	>1,0	>150	>7,0	>5,0	>5,0	>0,5

Следует иметь в виду, что потребность сельскохозяйственных культур в тех или иных микроэлементах, как и в макроэлементах, различная. Поэтому группировка почв составлена для трех групп растений по выносу микроэлементов из почвы.

К первой группе культур невысокого выноса относятся зерновые хлеба, кукуруза, зерновые бобовые, картофель. Ко второй группе относятся культуры повышенного выноса микроэлементов: корнеплоды, овощи, травы (бобовые, злаковые, разнотравье), подсолнечник, плодовые. К третьей группе высокого выноса относятся сорта интенсивного типа, а также сельскохозяйственные культуры первой и второй групп, возделываемые в условиях высокого агрофона, когда применяют повышенные дозы микроудобрений, осуществляют хороший уход за растениями, а также при орошении.

## 9.5. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Самыми мощными приемами регулирования питания растений макро- и микроэлементами является внесение органических и минеральных удобрений, а также приемы обработки почв, так как они активно воздействуют на режим влажности и содержание почвенного воздуха. Большое значение имеет регулирование реак-

24. Модели плодородия для некоторых типов почв восточной части европейской территории России\* (Ковринго, 1989)

Гранулометрический состав	Оптимальные показатели свойств пахотного слоя почв перед посевом						Подвижные микроэлементы, мг/кг		
	Гумус, %	pH <sub>ккл</sub>	S <sub>с</sub> , мг-экв/100 г	V, %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/100 г	K <sub>2</sub> O, мг/100 г		d <sub>1</sub> , г/см <sup>3</sup>	Волокнистые агрегаты >0,25 мм, %
<i>Дерново-подзолистые почвы</i>									
Песчаный	1,6—2,0	5,5—6,0	8—10	75—85	10—11	12—13	1,3—1,4	До 5	B 0,3—0,5
Супесчаный	2,0—2,5	5,5—6,0	10—15	75—85	11—12	12—13	1,3—1,4	5—10	Mn 45—70
Суглинистый	2,5—3,0	5,5—6,0	15—20	80—90	12—13	13—15	1,2—1,3	30—35	Cu 2—4 Zn 1,5—3 Co 1—3 Mo 0,2—0,3
<i>Светло-серые лесные оподзоленные почвы</i>									
Суглинистый	3—4	5,5—6,0	20—25	80—90	12—13	13—15	1,2—1,3	35—40	»
<i>Серые лесные оподзоленные почвы</i>									
»	5—6	5,5—6,5	30—35	85—90	13—15	15—17	1,1—1,2	45—50	»
<i>Темно-серые лесные оподзоленные почвы</i>									
»	8—9	6,0—7,0	40—45	90—95	13—15	15—17	1,0—1,1	45—50	»

\* Разработанные модели плодородия обеспечивают получение урожайности зерновых культур на дерново-подзолистых почвах 3,0—3,5 т/га, а на серых лесных почвах — 3,5—4,0 т/га зерновых единиц.

ции почв с помощью известкования кислых и гипсования щелочных почв. При этом изменяются величины катионной и анионной обменной поглотительной способности почв, подвижность макро- и микроэлементов, направленность биологических и биохимических процессов и т. д. Эффективны агроприемы по увеличению емкости поглощения почв в результате внесения природных адсорбентов, таких, как цеолиты, бентониты, вермикулит, а также глинование песчаных почв, регулирование их температурного режима, проведение мероприятий по борьбе с плоскостной водной эрозией.

Одно из условий получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур — создание комплекса благоприятных свойств почв для роста и развития растений. Нельзя ограничиваться только регулированием пищевого режима, так как свойства почв оказывают друг на друга прямое или косвенное влияние. Разработанный на основе научных данных обязательный комплекс свойств и режимов почв, обеспечивающий получение определенного урожая, называется *моделью плодородия*.

В качестве примера в таблице 24 приведены основные показатели модели плодородия для дерново-подзолистых и серых лесных почв восточной части европейской территории России. По содержанию гумуса предусматривается региональная стабилизация его природного содержания в почвах. В таблице 24 указаны усредненные уровни оптимальных свойств почв. Некоторые показатели могут быть иными. Например, обменная кислотность может быть выше, если степень насыщенности почв основаниями будет более высокой. Подвижного фосфора может содержаться меньше, чем приведенные в таблице данные, если будет выше степень подвижности фосфора по Карпинскому—Замятиной и т. д.

Создание комплекса благоприятных свойств почв согласно модели плодородия является только частью работы агронома. Для получения гарантированных урожаев необходимо также качественно осуществлять весь комплекс агротехнических мероприятий по обработке почв, борьбе с сорняками, вредителями и болезнями растений; посев должен быть проведен в лучшие сроки, хорошими семенами; уборка должна быть своевременной, без потерь и т. д.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие элементы преобладают в почвах и почему? 2. Назовите формы соединенного азота, фосфора и калия в почвах. Какова их доступность растениям? 3. Как характеризовать почвы по содержанию минерального азота и использовать эти показатели в агрономических целях? 4. Как использовать градации почв по содержанию подвижного фосфора и обменного калия в агрономической практике? 5. Какова роль микроэлементов в жизни растений, животных и человека? 6. Как использовать в агрономической практике показатели содержания в почвах подвижных микроэлементов?

## ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ

Почва — сложная многофазная и полидисперсная система. В ней имеются грубые дисперсии с диаметром частиц более 0,02 мкм, образующие в почвенных и грунтовых водах суспензии, более тонкие дисперсии размером 0,02—0,0001 мкм — почвенные коллоиды и дисперсии на уровне молекулярного раздробления с диаметром частиц менее 0,0001 мкм, которые образуют молекулярные, или истинные, растворы.

Дисперсные системы коллоидного раздробления, обладающие большой свободной поверхностной энергией, электрокинетическими свойствами, обуславливают ряд важнейших процессов, связанных с поглотительной способностью почв.

Эти явления были известны очень давно (I—II в. до н. э.) и уже использовались тогда для опреснения морской воды (пропуская ее через почву).

В пятидесятые годы XIX в. английские ученые-химики Т. Грем и Д. Уэй попытались объяснить поглотительную способность почв на основании химических явлений.

В дальнейшем, в восьмидесятые годы прошлого столетия, развитие физической и коллоидной химии позволило голландскому ученому Ван-Беммелену объяснить поглотительную способность почв наличием в них тел, находящихся в коллоидном состоянии.

В начале XX в. поглотительную способность почв методами коллоидной химии изучали швейцарский ученый Г. Вигнер и шведский ученый С. Маттсон. Их исследования позволили раскрыть некоторые закономерности физико-химического поглощения и явлений амфотерности, но они не были связаны с решением агрономических вопросов.

Видная роль в изучении поглотительной способности почв принадлежит российскому ученому К. К. Гедройцу. Для его исследований характерны широкий подход к изучению почвенных коллоидов и поглотительной способности почв и тесная связь с практическими вопросами агрономии. В дальнейшем развитие учения о почвенных коллоидах и поглотительной способности почв получило как в нашей стране, так и за рубежом (Гапон, Соколовский, Тюлин, Антипов-Каратаев, Алешин, Горбунов, Ди-Глерия, Келли и др.).

## 10.1. ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ

Количество коллоидов в почвах различно и составляет от 1—2 до 30—40 % массы почвы. Образуются почвенные коллоиды при раздроблении более крупных частиц в процессе выветривания, пу-

тем поликонденсации в процессах почвообразования и образования гумуса, а также при химических реакциях между продуктами выветривания и почвообразования.

Коллоиды как двухфазная система состоят из дисперсной фазы (коллоидные частицы) и дисперсионной среды (почвенный раствор). Свойства почвенных коллоидов обусловлены их размерами, составом и строением.

Небольшие размеры коллоидов определяют огромную суммарную и удельную поверхность, что можно представить на примере суммарной и удельной поверхности при дроблении длины сторон куба (табл. 25).

**25. Увеличение суммарной и удельной поверхности 1 см<sup>3</sup> тела при возрастании дисперсности**

Длина сторон куба	Число кубов	Поверхность		Длина сторон куба, нм	Число кубов	Поверхность	
		суммарная, см <sup>2</sup>	на единицу объема			суммарная, м <sup>2</sup>	на единицу объема
1 см	1	6	6	0,1	10 <sup>12</sup>	6	6 · 10 <sup>4</sup>
1 мм	10 <sup>3</sup>	60	6 · 10	0,01	10 <sup>15</sup>	60	6 · 10 <sup>5</sup>
0,1 мм	10 <sup>6</sup>	600	6 · 10 <sup>2</sup>	0,001	10 <sup>18</sup>	600	6 · 10 <sup>6</sup>
0,01 мм	10 <sup>9</sup>	6000	6 · 10 <sup>3</sup>	0,0001	10 <sup>21</sup>	6000	6 · 10 <sup>7</sup>

От размеров удельной поверхности зависит величина поверхностной энергии, с которой связаны явления сорбции паров воды, газов и молекул других веществ. С поверхностной энергией дисперсных тел связан тепловой эффект — выделение тепла при их смачивании, который называется теплотой смачивания.

Состав почвенных коллоидов представлен минеральными, органическими и органо-минеральными соединениями.

К *минеральным коллоидам* относятся глинные минералы, коллоидные формы кремнезема, оксиды железа и алюминия. *Органические коллоиды* представлены в основном веществами гумусовой и белковой природы. В коллоидно-дисперсном состоянии могут находиться полисахариды и другие органические соединения. *Органо-минеральные коллоиды* представлены преимущественно соединениями гумусовых веществ с глинными минералами и осажденными формами оксидов железа и алюминия.

Поглотительная способность этих трех групп соединений проявляется в разной степени и обусловлена не только удельной поверхностью, но и строением коллоидов, наличием двойного электрического слоя ионов на границе раздела между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Общая схема строения коллоида приведена на рисунке 5.

Коллоидную частицу, по предложению Г. Вигнера, называют *мицеллой*. Ядро мицеллы представляет собой агрегат недиссоциированных молекул какого-либо вещества. Например, глинные минералы (каолинит, монтмориллонит и др.), гуминовые кислоты,

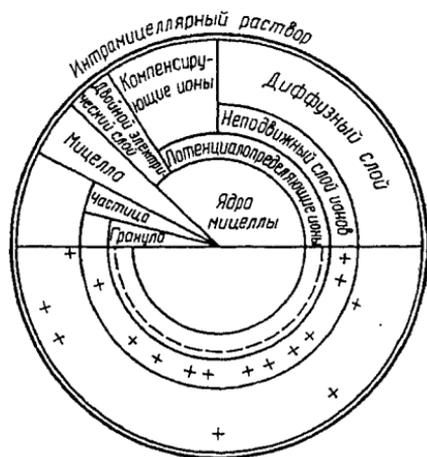


Рис. 5. Схема строения коллоидной мицеллы (по Н. И. Горбунову)

коллоидные формы кремнезема и др. На границе с дисперсионной средой в результате диссоциации внешних молекул ядра или поглощения ионов из дисперсионной среды, на поверхности ядра формируется двойной электрический слой ионов (ионогенный слой). Он состоит из внутреннего потенциалоопределяющего слоя прочно связанных с ядром неподвижных ионов и внешнего слоя компенсирующих противоположно заряженных ионов. Ядро с потенциалоопределяющим слоем ионов называется *гранулой*, гранула и слой компенсирующих ионов — *частицей*. Часть ионов компенсирующего слоя прочно

связана с потенциалоопределяющим слоем, часть его диффундирует в почвенный раствор, образуя внешний, или диффузный, слой.

В результате диффузии внешнего слоя между потенциалоопределяющим и диффузными слоями возникает разность потенциалов, которая обуславливает заряд коллоидной частицы и называется *электрокинетическим* или *дзета-потенциалом*. Величина дзета-потенциала колеблется от 0 до 40—60 мВ. Когда электрокинетический потенциал равен 0, коллоид находится в электронейтральном, или *изоэлектрическом*, состоянии, называемом *изоэлектрической точкой коллоида*.

В зависимости от состава ионов в потенциалоопределяющем слое коллоиды могут иметь отрицательный, положительный или переменный заряды. Коллоиды, содержащие в потенциалоопределяющем слое анионы, заряжены отрицательно и называются *ацидоидами*, содержащие в потенциалоопределяющем слое катионы заряжены положительно и называются *базоидами*. Коллоиды, способные менять характер диссоциации молекул двойного электрического слоя ионов в зависимости от реакции среды, имеют переменный заряд и ведут себя как базоиды или как ацидоиды. Такие коллоиды получили название *амфолитоидов*.

Согласно правилу Маттсона, если два соединения при диссоциации дают один общий ион, то они взаимно подавляют диссоциацию друг друга.

В условиях *кислой среды*, когда в растворе много  $H^+$ -ионов и мало  $OH^-$ -ионов, амфолитоиды ведут себя как основания:



При *щелочной реакции*, наоборот, высокая активность  $\text{OH}^-$ -ионов в растворе будет подавлять диссоциацию по основному типу и тот же коллоид  $\text{Al(OH)}_3$  диссоциирует как кислота:



Так же ведут себя при изменении реакции и коллоиды гидроксидов железа.

При определенной реакции среды диссоциация амфолитоидов идет в равной степени как по основному, так и по кислотному типу. Коллоидная система в этом случае будет *электронейтральной*, а величина pH называется *изоэлектрической*.

Считается, что большинство почвенных коллоидов — ацидоиды, в диффузном слое которых находятся катионы, способные к обменным реакциям; присутствуют амфолитоиды; типичных базондов в почве нет.

К ацидоидам относят большинство минеральных, органических и органо-минеральных коллоидов. Это глинные минералы, коллоидные формы кремнезема, гумусовые кислоты, соединения гумусовых кислот и их производных с минеральной частью почвы.

К амфолитоидам относят группы минеральных высокодисперсных форм гидроксидов железа и алюминия, некоторых глинных минералов (монтмориллонит и др.), а также органических коллоидов, представленных белковыми веществами, в основном плазмой микроорганизмов, изоэлектрическая величина pH которых равна 4—4,5, для гидроксидов железа — 7,1 и для гидроксидов алюминия — 8,1.

Наличие заряда обуславливает электрокинетические свойства почвенных коллоидов. К ним относят коагуляцию и пептизацию коллоидной системы.

В зависимости от наличия или отсутствия заряда коллоиды могут находиться в состоянии золя или геля.

*Золь* — коллоидный раствор. Обусловлен наличием заряда в коллоидной системе; представляет состояние коллоидно раздробленного вещества, рассеянного в дисперсионной среде.

*Гель* — коллоидный осадок. При отсутствии заряда в коллоидной системе дисперсная фаза укрупняется и отделяется от дисперсионной среды.

*Коагуляция* — переход коллоида из состояния золя в состояние геля. Коагуляция может происходить под действием электролитов, при взаимодействии двух противоположно заряженных коллоидных систем, при высушивании или замораживании почв, сопро-

вождающихся дегидратацией. Коагуляция — положительный процесс. В скоагулированном (осажденном) состоянии могут находиться, например, органические коллоиды в результате их взаимодействия с поливалентными катионами. Коагуляция способствует образованию почвенной структуры, уменьшению связности тяжелых по гранулометрическому составу почв, сохранению от вымывания коллоидов, обуславливающих важнейшие агрономические свойства почвы.

*Пептизация* — переход от состояния геля в состояние золя. Она связана с восстановлением заряда коллоидной системы, повышением ее дзета-потенциала, обусловленным главным образом действием растворов щелочей и гидролитически щелочных солей. Например, за счет образования гумусовых солей щелочных металлов, чаще всего натрия. При пептизации разрушается структура, коллоиды распыляются и приобретают способность к передвижению по почвенному профилю; верхние горизонты почв обедняются коллоидами, что отрицательно сказывается на многих агрономически важных свойствах почвы.

Коллоиды почвы обладают способностью поглощать молекулы воды. Эта способность называется *гидратацией* коллоида. Гидрофобные коллоиды практически не гидратируются, почвы характеризуются плохой смачиваемостью, при насыщении почвы высокогидратированными катионами происходит пептизация почвенных коллоидов.

## 10.2. ВИДЫ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ

Способность почвы поглощать пары, газы, задерживать растворенные или взмученные в почвенном растворе вещества или части их, живые организмы называется *поглощительной способностью*.

К. К. Гедройц выделил пять видов поглощительной способности — четыре абиотических вида: механическая, физическая, физико-химическая, или обменная, химическая и пятый вид — биологическая поглощительная способность.

Совокупность частиц почвы, обладающих абиотической катионной или анионной поглощительной способностью, называется, по К. К. Гедройцу, *почвенным поглощающим комплексом* (ППК).

С физической точки зрения, ППК представляет собой совокупность веществ в тонкодисперсном состоянии (коллоиды). В химическом отношении это нерастворимые в воде солеобразные алюмосиликатные, органические и органо-минеральные соединения.

*Механическая поглощительная способность* — это свойство почвы задерживать (подобно фильтру) твердые частицы, взмученные в фильтрующей воде, размеры которых превышают размеры почвенных пор.

Это свойство зависит от размера и формы почвенных пор, кото-

рые обусловлены гранулометрическим, агрегатным составами, плотностью почвы. Песчаные, крупноагрегатные, рыхлые почвы обладают слабой механической поглотительной способностью. Наоборот, глинистые почвы способны полностью поглощать из почвенных суспензий частицы размером более 0,001 мм.

В природе механическое поглощение взвешенных в почвенной воде частиц происходит при промывном режиме пористых и трещиноватых почв.

Явление механического поглощения используют для очистки питьевых и сточных вод путем их фильтрации через почву, для заиливания (кольматирования) дна и стенок каналов, водохранилищ в целях уменьшения потерь воды на фильтрацию.

*Физическая поглотительная способность* — это поглощение целых молекул газов, вещества, растворенного в воде, изменение его концентрации на поверхности твердых почвенных частиц. Эту поглотительную способность еще называют *молекулярной адсорбцией*.

Физическая поглотительная способность протекает на границе твердой и жидкой фаз. Она обусловлена наличием большой свободной поверхностной энергии, которая равна произведению поверхностного натяжения раствора на суммарную величину поверхности частиц.

Известно, что всякая дисперсная система стремится уменьшить свою поверхностную энергию. Она может быть уменьшена, во-первых, за счет укрупнения дисперсной фазы (коагуляция) и, во-вторых, за счет уменьшения поверхностного натяжения раствора.

Вещества, способные понижать поверхностное натяжение системы (поверхностно-активные вещества), концентрируются на поверхности твердых частиц почвы и испытывают *положительную физическую адсорбцию*. К таким веществам относятся органические кислоты, спирты, алкалоиды, высокомолекулярные органические соединения.

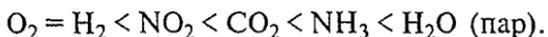
Чем длиннее углеводородная цепь, тем сильнее понижение поверхностного натяжения системы, тем выше поглощение, так как свободная энергия поверхностного слоя насыщается за счет связывания поглощенного вещества.

Вещества, способные повышать поверхностное натяжение системы, отталкиваются от почвенных частиц и испытывают *отрицательную физическую адсорбцию*. К таким веществам относятся неорганические кислоты, соли, основания, органические вещества с большим количеством гидроксильных групп (сахара).

Из этого следует, что такие соли, как нитраты, хлориды и другие, слабо удерживаются в почве и могут вымываться за пределы корнеобитаемого слоя, а в условиях промывного водного режима — и за пределы почвенного профиля. В агрономической практике важно знать и учитывать эти особенности физического поглощения. Они, в частности, могут привести к непродуктивным потерям вносимых азотных удобрений, что расценивается как от-

рицательное явление или как положительное при удалении  $\text{Cl}$ -ионов, входящих в состав калийных удобрений, ухудшающих качество продукции некоторых сельскохозяйственных культур.

К физическому поглощению относится также поглощение почвой паров, газов из газообразной фазы почвы. По энергии поглощения газы представляют следующий ряд:



Легче всего поглощаются водяные пары. При этом выделяется теплота смачивания, которая тем выше, чем больше в почве органического вещества и глинистых частиц.

Газы могут поглощаться лишь сухими участками почвенных частиц. Из газов наиболее высокой энергией поглощения отличаются аммиак и диоксид углерода.

Чем легче сгущаются пары и газы, тем легче и интенсивнее они поглощаются почвой. Понижение температуры и повышение атмосферного давления увеличивают поглощение газов.

Почва является хорошим поглотителем дымных и газообразных отравляющих веществ (ОВ). Ее можно использовать как подручное средство для защиты от них.

Наличие поглощенных газов — причина затрудненного смачивания сухих почв в момент ливня или полива. Для замещения поглощенного воздуха водой требуется длительное время, прежде чем произойдет полное смачивание почвы и наступит нормальное впитывание влаги. При быстром поливе или сплошном затоплении десорбирующийся воздух, стремительно вырываясь из почвы, разрушает ее структуру. Чтобы этого не происходило, полив должен быть умеренным, как правило, дождеванием.

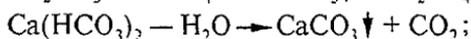
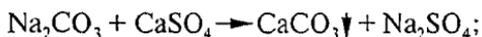
На поверхности твердых частиц удерживаются также разнообразные микроорганизмы, но термин «адсорбция» по отношению к ним может быть применен лишь условно. Д. Г. Звягинцев предлагает вместо него термины «прикрепление», «прилипание», «адгезия» (силы молекулярного притяжения).

Различные почвы обладают неодинаковой способностью поглощать микроорганизмы. Чем тяжелее гранулометрический состав, чем больше в почве содержится гумуса, тем выше поглощательная способность почв по отношению к микроорганизмам. Бактерии при поглощении их почвой снижают свою биохимическую активность, благодаря чему улучшаются санитарные условия местности, очищаются воды колодцев, грунтовых вод.

Таким образом, физическая поглотительная способность имеет экологическое значение, влияет на состояние окружающей природной среды.

*Химическая поглотительная способность (хемосорбция)* — это способность почвы закреплять в форме труднорастворимых соединений ионы, поступающие в раствор.

В результате химических реакций в почвенном растворе образуется труднорастворимая соль, которая определяет закрепление в почве химически как катионов, так и анионов почвенного раствора:



Кроме образования новой твердой фазы (труднорастворимого осадка) химическая поглощательная способность может осуществляться за счет осадочной сорбции фосфатов на поверхности труднорастворимых гидроксидов, комплексообразовательной сорбции, хемосорбционного и адгезионного взаимодействия при возникновении сорбционных глиногумусных комплексов, играющих роль в образовании органо-минеральных почвенных коллоидов.

Встречающиеся анионы в зависимости от их природы по-разному поглощаются почвой химически. Анионы  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SiO}_3^{2-}$  хорошо поглощаются, анионы  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  как неспособные образовывать с катионами труднорастворимые соли очень слабо поглощаются почвой химически. Анионы  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{CO}_3^{2-}$ , дающие с катионами осадки средней растворимости, по химической поглощательной способности занимают промежуточное положение.

Кроме природы аниона на его химическое поглощение оказывают влияние состав коллоидов и реакция среды. Чем больше в почве амфолитоидов и чем кислее реакция среды, тем сильнее выражено химическое поглощение аниона. Гумусовые вещества снижают интенсивность поглощения фосфатов.

Химическая поглощательная способность имеет большое значение в закреплении почвами анионов фосфорной кислоты, а также органического вещества и катионов поливалентных металлов. Поглощение фосфатов приводит к накоплению фосфора в почве, но снижает его доступность растениям. В связи с этим при внесении особенно фосфорных удобрений учитывают взаимодействие их с почвой, способность к химическому поглощению. Для уменьшения химического поглощения используют гранулированные удобрения, применяют способы внесения, обеспечивающие большие их контакты с корневыми системами растений.

*Биологическая поглощательная способность* проявляется в возможности живых почвенных организмов (корни растений, микроорганизмы) поглощать из почвы различные вещества, катионы и анионы ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{HPO}_4^-$ ).

Особенностью этой поглотительной способности является ее избирательность, т. е. усвоение ионов, жизненно необходимых веществ, специфичных для каждого вида организмов. Благодаря избирательной способности осуществляются биологическая трансформация, миграция и аккумуляция веществ, приводящие со временем к формированию почвенного плодородия.

Таким образом, биологическая поглотительная способность играет важную роль в плодородии почв и имеет большое агрономическое значение.

Благодаря биологическому поглощению в почве удерживаются от вымывания весьма важные элементы питания растений:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ . При минерализации органических веществ биологически поглощенные соединения вновь поступают в почвенный раствор и становятся доступными новым поколениям растений и животных организмов. Ежегодно растения на каждом гектаре поглощают и возвращают в почвы сотни килограммов химических элементов (Ковда, 1973).

Емкость катионного поглощения корней растений колеблется от 10 до 80 мг · экв/100 г. Бобовые растения — более активные сорбенты, чем злаки.

В результате жизнедеятельности растений, животных, микроорганизмов в почве образуются высокодисперсные органические (гумусовые), органо-минеральные вещества, составляющие сорбционные барьеры в почве, способные удерживать за счет обменного и необменного поглощений различные вещества. На сорбционных барьерах могут накапливаться Ni, Co, Cu, Zn, Hg, Ba и другие металлы; K, Cs, Zn, Cu и другие элементы могут удерживаться глинистыми минералами и гумусовыми веществами в необменной форме.

Процессы биологического поглощения, меняя концентрацию и состав почвенного раствора, влияют на его равновесие и состояние почвенного поглощающего комплекса.

*Физико-химическая, или обменная, поглотительная способность* — это способность почвы поглощать и обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц (в диффузном слое), на ионы почвенного раствора.

Если потенциалопределяющий слой почвенных коллоидов заряжен отрицательно, то обмениваются катионы, если заряд положительный — обмениваются анионы.

Обмен протекает по уравнению



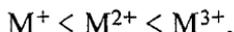
Основные закономерности обменного поглощения катионов заключаются в следующем.

1. Обмен происходит в эквивалентных количествах по законам обменных химических реакций.

2. Любой поглощенный катион может быть вытеснен и заменен любым другим катионом почвенного раствора.

3. Энергия поглощения и вытеснения катионов различна и зависит от величины валентности и атомной массы.

Энергия поглощения с увеличением валентности возрастает:



Внутри рядов катионов с одной валентностью энергия поглощения возрастает с увеличением атомной массы:



Г. Вигнер дал объяснение этой закономерности, исходя из теории гидратации ионов. Чем больше гидратационная оболочка, тем меньшей энергией поглощения обладает ион. Гидратированность иона зависит от радиуса (размера) иона.

Чем меньше радиус иона, тем выше плотность электростатического напряжения на его поверхности (самопотенциал), тем в большей степени он гидратирован. Исключение представляет комплексный ион  $\text{NH}_4^+$ , обладающий большей гидратацией, чем ион  $\text{K}^+$ , меньший по размеру.

Ион водорода обладает высокой энергией поглощения. В водном растворе он присоединяет одну молекулу воды ( $\text{H}_2\text{O}$ ) и образует гидроксоний ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ), который поглощается сильнее, чем другие одновалентные катионы.

На энергию поглощения оказывает влияние концентрация иона в почвенном растворе. Катион натрия, обладающий меньшей способностью к внедрению, чем катионы аммония и калия, может обменно поглощаться только при высокой концентрации их в почвенном растворе.

4. Обменный поглощение носит обратимый характер.

5. Скорость обмена обусловлена строением ядер коллоидных частиц, строением кристаллических решеток глинных минералов, величины внутримицеллярной порозности. Скорость обмена велика, почти мгновенная, если она развивается на внешних поверхностях коллоидов и может продолжаться долго (несколько суток) при внутримицеллярном обменном поглощении.

В поглощенном состоянии в почве могут находиться различные катионы:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  и др.

Общее количество всех поглощенных катионов, по К. К. Гедройцу, называется *емкостью поглощения* ( $T$ ). Ее характеризуют с некоторой условностью емкостью катионного обмена (ЕКО) и выражают в мг · экв на 100 г почвы.

Суммарное количество всех обменных катионов, за исключением  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , называют *суммой обменных оснований* ( $S$ ), которая также выражается в мг · экв на 100 г почвы. Доля суммы поглощенных оснований от емкости поглощения, выраженная в процентах, называется *степенью насыщенности почв основаниями*:

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100 \%$$

В различных почвах количество и состав обменных катионов, емкость поглощения, степень насыщенности основаниями неодинаковы (табл. 26).

26. Емкость катионного обмена основных типов почв, мг·экв/100 г (Горбунов, 1978)

Почва	Горизонт и глубина, см	$Ca^{2+}$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	$H^+ + Al^{3+}$	ЕКО
Дерново-среднеподзолистая	A <sub>1</sub> 1—5	28,1	6,6	Нет	10,5	45,2
	A <sub>2</sub> 20—30	1,9	1,4	»	1,2	4,4
	B 50—60	6,2	2,1	»	6,5	14,8
	C 180—190	4,4	2,9	»	1,0	8,3
Темно-серая лесная	A 0—7	35,4	3,5	»	Нет	38,9
	A <sub>2</sub> 20—30	14,3	2,0	»	»	16,3
	B 70—80	11,9	3,0	»	1,0	15,9
	BC 170—180	14,9	3,0	»	0,8	18,7
Чернозем типичный	A 0—10	43,9	9,6	0,1	Нет	53,7
	AB 70—80	27,8	9,6	0,05	»	37,5
	C 160—170	27,6	9,5	0,05	»	37,2
Солонец степной	A <sub>1</sub> 0—5	10,3	5,1	0,5	»	17,2
	B <sub>1</sub> 18—23	16,1	9,3	2,4	»	29,1
	B <sub>2</sub> 45—50	17,1	8,0	2,5	»	29,4
	C 95—100	14,0	6,5	2,7	»	24,7
Серозем	A 0—5	7,8	0,4	0,2	»	8,5
	AB 20—25	6,8	0,9	0,2	»	8,0
	C 70—75	4,1	4,2	0,2	»	8,6
Желтозем	A 0—8	7,2	4,7	Нет	0,2	12,1
	B 45—55	6,6	2,5	»	4,4	13,5
	C 120—130	6,5	3,0	»	7,3	16,8
Краснозем	A 0—10	2,4	1,7	»	7,2	11,4
	B 30—40	2,8	1,3	»	5,1	9,3
	C 150—200	0,3	0,9	»	10,8	12,0

Емкость поглощения зависит от содержания в почвах коллоидов и их природы. Чем больше в почве гумусовых веществ и ила, содержащего минералы монтмориллонитовой группы, тем выше ЕКО. Состав обменных катионов и степень насыщенности основаниями отражают особенности почвообразовательных процессов.

Наибольшая емкость поглощения характерна для черноземов типичных высокогумусных, в составе обменных катионов которых преобладают  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ ; степень насыщенности этих почв основаниями составляет 100%. В дерново-подзолистых почвах с небольшим содержанием гумуса емкость поглощения низкая; в со-

ставе обменных катионов кроме  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  присутствуют  $\text{H}^+$  и  $\text{Al}^{3+}$ ; почвы характеризуются низкой насыщенностью основаниями. В иллювиальных горизонтах ( $\text{B}_1$ ) солонцов много обменного натрия и магния; почвы полностью насыщены основаниями.

Необменное поглощение катионов (фиксация) определяется прочностью их связи с ППК. Эта часть катионов не вытесняется катионами нейтральных солей и представляет собой необменно-поглощенные, или фиксированные, катионы.

Необменному поглощению (фиксации) подвержены все почвенные катионы, но наиболее выражено оно для  $\text{K}^+$  и  $\text{NH}_4^+$ . Необменное поглощение катионов может иметь обратимый характер.

Механизм фиксации катионов до конца не изучен, но большинство исследователей считает, что переход катионов из свободного состояния в фиксированное и обратно сопровождается чередованием увлажнения и высушивания, обуславливающим набухание и усадку кристаллических решеток трехслойных глинистых минералов типа монтмориллонита, особенно вермикулита.

При набухании кристаллических решеток этих минералов в межпакетные пространства, имеющие сферы радиусом 1,3—1,65 Å проникают катионы. При усадке кристаллической решетки размеры межпакетного пространства уменьшаются и катионы остаются закрепленными. Сильнее закрепляются катионы с большим радиусом — 1,33 Å ( $\text{K}^+$ ); 1,43 Å ( $\text{NH}_4^+$ ), а также 1,49; 1,65 Å ( $\text{Rb}^+$  и  $\text{Cs}^+$ ).

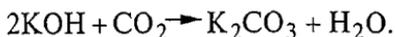
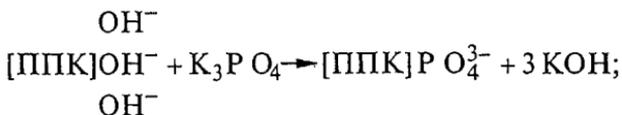
Фиксирующая способность почв по отношению к катионам зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса. Чем больше гумуса и тяжелее почва, тем выше способность почв поглощать катионы.

В таблице 27 приведена фиксирующая способность разных почв по отношению к аммонийному иону.

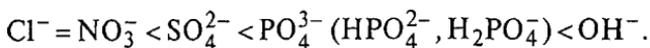
27. Средние значения  $\text{NH}_4^+$  - фиксирующей способности некоторых почв (по Могилевкиной)

Почвы	Природно-фиксированный $\text{NH}_4^+$	Емкость фиксации $\text{NH}_4^+$
	мг N на 100 г почвы	
Подзолистые	4,8	11,6
Черноземы	5,0	13,5
Каштановые	6,8	8,8
Сероземы	10,7	12,3

Обменное поглощение анионов возможно при наличии в ППК положительно заряженных участков:

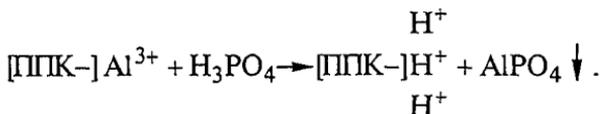


Закономерности обменного поглощения анионов те же, что и для обменного поглощения катионов. По способности поглощения анионы располагаются в следующий возрастающий ряд:



Лучше других поглощаются анионы гидроксила и фосфат-ионы.

Состав почвенного поглощающего комплекса обуславливает химическое осаждение фосфатов. Например,



Поглощение анионов в почве усиливается при ее подкислении, так как происходит увеличение базоидной части почвенных коллоидов (подзолистые почвы, красноземы). Большое значение имеет содержание в почве оксидов железа и алюминия ( $\text{R}_2\text{O}_3$ ) и соотношение  $\text{SiO}_2 : \text{R}_2\text{O}_3$ . Чем меньше это соотношение, т. е. чем больше в почвах амфолитоидов, тем выше в условиях кислой среды анионная емкость поглощения. Поскольку поглощение различных анионов в почве происходит физическим, химическим и физико-химическим путем, его важно учитывать при внесении минеральных удобрений (азотных и фосфорных). Так, анионы  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$  испытывают слабое физическое и обменное поглощение. Фосфат-ионы, наоборот, испытывают сильное химическое и обменное поглощение.

### 10.3. ВИДЫ ПОЧВЕННОЙ КИСЛОТНОСТИ И ЩЕЛОЧНОСТИ

Состав поглощенных катионов определяет многие свойства почв; с ними связаны кислотность и щелочность.

Кислотность почвы — способность почвы подкислять воду, а также растворы солей. Различают два вида почвенной кислотности: актуальную и потенциальную.

*Актуальная кислотность* характеризует активность свободных

ионов  $H^+$  в почвенном растворе и вызвана наличием в нем свободных кислот, гидролитически кислых солей и степенью их диссоциации. Для болшинства почв актуальная кислотность обусловлена угольной кислотой и ее солями. Величина актуальной кислотности выражается в мг · экв ·  $H^+$  на 100 г почвы или в рН (отрицательный логарифм активности ионов водорода). Нейтральную реакцию характеризует рН 7, кислую — рН < 7 и щелочную — рН > 7.

Актуальная кислотность определяется в водной вытяжке или суспензии, в связи с чем к индексу рН добавляется буквенный индекс «в» или « $H_2O$ » (рН<sub>в</sub> или рН <sub>$H_2O$</sub> ).

В почвах рН<sub>в</sub> может находиться в пределах от 4 до 8 и более. Крайне низкие значения рН характерны для некоторых торфяно-болотных и болотно-подзолистых почв. Для подзолистых, дерново-подзолистых почв и красноземов рН<sub>в</sub> равен 4,5—5,6, для серых лесных оподзоленных — 5,5—6,5, черноземов, каштановых, сероземов — 6,5—7,5, в карбонатных почвах, солонцах, солончаках рН<sub>в</sub> более 8,5.

Различные сельскохозяйственные культуры и микроорганизмы по-разному относятся к актуальной кислотности (табл. 28).

**28. Значение рН<sub>в</sub> для развития растений и микроорганизмов**  
(Прянишников, 1940; Ковда, 1973)

Растения	Оптimum рН <sub>в</sub>	Пределы рН <sub>в</sub>	Растения, микроорганизмы	Оптimum рН <sub>в</sub>	Пределы рН <sub>в</sub>
Пшеница	6—7	5—8	Чайный куст	4,5—6,0	—
Ячмень	—	6—7,2	Лен	5—8	4—7
Рожь	5—6	4—7	Табак	4,5—6,5	—
Овес	5—6	4—8	Люпин	4—5	4—6
Картофель	5	4—8	Горох	6—7	5—8
Люцерна	7—8	6—8	Грибы	3,5—6,0	—
Клевер	6,0—6,5	5—8	Азотобактер	6—8	—
Хлопчатник	6,0—7,3	6—8	Нитрификаторы	6,8—8,0	—
			Денитрификаторы	7,0—8,0	—

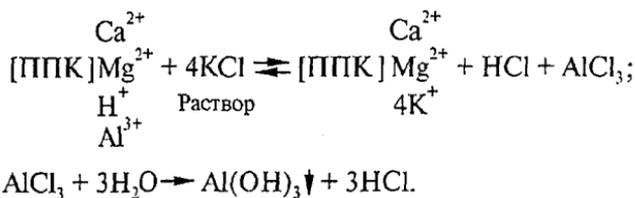
Для болшинства культур сильноокислая или сильнощелочная реакция водной вытяжки отрицательно сказывается на развитии растений. Так, для условий черноземов Алтайского Приобья (Бурлакова, 1984) из множества значений наиболее вероятная урожайность зерна яровой пшеницы находится в следующей зависимости от величины рН<sub>в</sub> пахотного слоя:

рН <sub>в</sub>	Урожайность, т/га	рН <sub>в</sub>	Урожайность, т/га
<6,3	0,6—0,8	7,1—7,5	0,9—1,1
6,4—6,5	2,1—2,3	7,8—8,0	0,6—0,8
6,6—7,0	1,8—2,0	>8,1	<0,5

*Потенциальная кислотность* определяется количеством  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , находящихся в почвенном поглощающем комплексе. Это

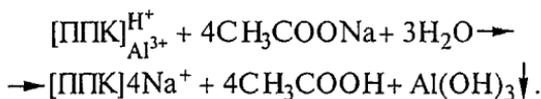
кислотность твердой фазы почвы. Потенциальная кислотность подразделяется на обменную и гидролитическую.

*Обменная кислотность* определяется количеством поглощенных  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , вытесняемых из почвы катионами нейтральных солей:



Образующаяся соляная кислота характеризует обменную кислотность. Она может быть выражена в мг · экв. на 100 г почвы, в  $pH_{KCl}$  или в  $pH_c$ , где «с» — дополнительный буквенный индекс, показывающий, что реакция определяется в солевой вытяжке почв. При обработке почвы раствором нейтральных солей не все поглощенные ионы водорода и алюминия вытесняются из почвенного поглощающего комплекса. Более полное вытеснение их происходит при действии раствора гидролитически щелочных солей.

*Гидролитическая кислотность* определяется количеством поглощенных  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , вытесняемых гидролитически щелочной солью ( $CH_3COONa$ ).



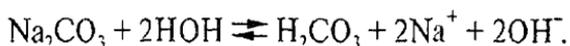
Количество образующейся уксусной кислоты, эквивалентное количеству поглощенных водорода и алюминия в почве, определяет величину гидролитической кислотности, выражаемую в мг · экв.  $H^+$  на 100 г почвы; обозначают ее  $H_r$ .

Гидролитическую кислотность рассматривают как суммарную кислотность почвы, состоящую из актуальной и потенциальной кислотности. Ее величина обуславливает ненасыщенность почв основаниями. Емкость поглощения ( $T$ ) в известной формуле определения степени насыщенности почв основаниями  $V = \frac{S}{T} 100\%$  с учетом величины гидролитической кислотности может быть выражена как  $T = S + H_r$ , тогда  $V = \frac{S}{S + H_r} 100\%$ .

*Щелочность почв* различают актуальную и потенциальную.

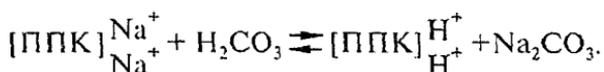
*Актуальная щелочность* обусловлена наличием в почве гидролитически щелочных солей [ $Na_2CO_3$ ,  $NaHCO_3$ ,  $Ca(HCO_3)_2$  и др.], ко-

торые при диссоциации определяют повышенную концентрацию гидроксил-ионов:



Актуальная щелочность выражается величиной  $\text{pH}_8$  или величиной титровальной щелочности в мг · экв. на 100 г почвы.

*Потенциальная щелочность* обусловлена содержанием обменно-поглощенного Na, который может переходить в раствор и подщелачивать его.



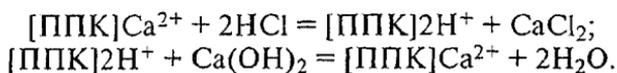
Сильная щелочность почвы, как и кислотность, оказывает неблагоприятное действие на развитие растений и микроорганизмов (см. табл. 28), усиливает пептизацию почвенных коллоидов, ухудшает структурное состояние почвы и ее физические свойства.

#### 10.4. БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ

В широком смысле она характеризует способность почвы противостоять изменению концентрации почвенного раствора, его щелочно-кислотного, окислительно-восстановительного состояний и др. Чаще под буферностью понимают способность почвы противостоять изменению ее актуальной реакции под воздействием различных факторов.

Накопление в почве кислых продуктов разложения органического вещества, выделение углекислоты корневыми системами, образование азотной кислоты в процессе нитрификации, внесение физиологически кислых или физиологически щелочных минеральных удобрений приводят к изменению реакции почвенного раствора. Но в различных почвах вследствие их неодинаковой буферной способности это изменение происходит по-разному.

Буферность проявляется либо против подкисления, либо против подщелачивания. Кислота или щелочь, появляющаяся в почвенном растворе, вступает во взаимодействие с ППК, что уменьшает изменение реакции. Почвы, в ППК которых находятся  $\text{Ca}^{2+}$  и другие катионы оснований, проявляют буферность против подкисления, а в ППК которых находится  $\text{H}^+$  — против подщелачивания:



Буферность почвы определяется и другими свойствами ее твердой фазы, а также наличием в почвенных растворах буферных сис-

тем, состоящих из слабых кислот и их солей с основаниями. Например,  $\text{H}_2\text{CO}_3$  и  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ .

Буферность почвы измеряется количеством миллилитров кислоты или щелочи, которое необходимо внести в почву, чтобы изменить реакцию (рН) в почвенном растворе.

Буферность почвы обычно выражают графически с помощью кривых буферности чистого кварцевого песка (практически не имеющего буферности) и исследуемой почвы, изображающих изменение рН при добавлении кислот или щелочей. Если буферность песка принять за 1, то о размерах буферности разных почв можно судить по данным таблицы 29.

**29. Сравнительная буферность почв и песка (Ковда, 1973)**

Почвы	Буферность	
	против кислот	против щелочей
Подзолы и красноземы	1—2	10
Слабоподзолистые	2—3	5—8
Черноземы и сероземы	5—8	2—3
Каштановые	8—10	2
Солонцовые	10	1
Пески	1	1

На величину буферности оказывают влияние минералогический и гранулометрический составы почвы, содержание гумуса, емкость поглощения, состав обменных катионов.

Чем больше в почве вторичных минералов (особенно монтмориллонита), чем тяжелее гранулометрический состав и чем больше в почве коллоидов, гумуса и выше емкость поглощения, тем выше буферность почвы.

Буферность почв — один из важнейших элементов почвенного плодородия. Она позволяет сохранять благоприятные для растений свойства почв (у черноземов) или оказать сопротивление приемам по регулированию реакции почвенного раствора и твердой фазы почвы (у подзолов, красноземов, солонцов).

Для преодоления буферности почв требуется внесение повышенных доз химических мелиорантов.

Почвы с низкой буферностью, способные резко изменять реакцию почвенного раствора при внесении, например физиологически кислых и физиологически щелочных удобрений, нуждаются в систематическом внесении высоких доз органических удобрений для увеличения их емкости поглощения и буферной способности.

## **10.5. ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ И ЕЕ РОЛЬ В ПЛОДОРОДИИ**

Поглотительная способность почв, состав обменных катионов и связанные с ними свойства (сорбционные, кислотность, щелоч-

ность, буферность и др.) в значительной степени определяют характер почвообразования и формирования почвенного плодородия.

Исследованиями К. К. Гедройца, О. К. Кедрова-Зихмана и других ученых доказаны доступность всех поглощенных катионов растениям и большое значение ионов в питании растений.

В стационарных опытах К. К. Гедройца с полным насыщением почв каким-либо одним катионом установлена огромная роль поглощенного  $\text{Ca}^{2+}$  для роста, развития и продуктивности растений. На почвах, искусственно насыщенных одним из катионов  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{H}^+$ , растения гибнут. Внесение извести ( $\text{CaCO}_3$ ) улучшает развитие растений, особенно на почвах с кислой реакцией, насыщенных  $\text{Al}^{3+}$  или  $\text{H}^+$ . На почвах, насыщенных одним из катионов  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ , растения гибнут. Первые три катиона вызывают щелочную реакцию, остальные ядовиты для растений.

Избыток этих катионов, попадающих в почву с техногенными выбросами, вызывает не только снижение продуктивности сельскохозяйственных культур, но и в значительной степени ухудшает качество продукции, так как эти элементы вредны для животных и человека. Это создает экологическую проблему борьбы с химическим загрязнением почв и производства экологически безопасных продуктов питания.

Поглотительная способность почв задерживает попадающие в них загрязняющие вещества (тяжелые металлы и др.), препятствуя их поглощению растениями и просачиванию в грунтовые воды. Нередко образующиеся при этом соединения обладают низкой подвижностью и слабой доступностью растениям, что снижает токсичное действие различных соединений, накапливаемых при загрязнении почв. Например, токсичное действие соединений свинца, поступающего в почву извне, проявляется при значительно меньших концентрациях на малогумусных, с более низкой емкостью катионного обмена дерново-подзолистых почвах, чем на черноземах, обладающих высокой емкостью катионного обмена.

Однако природная сопротивляемость почв, их естественная буферность, способствующая снижению негативного влияния загрязняющих веществ на растительные и животные организмы, не беспредельна. Чем тяжелее гранулометрический состав, чем выше гумусированность почв и емкость их катионного обмена, тем выше буферность почв, снижающая токсический эффект от поступающих в почву загрязняющих веществ.

Таким образом, емкость катионного обмена и состав обменных катионов во многом определяют плодородие почв. Для уравнивания почвенного раствора как питательной среды необходимо, чтобы в ППК находился не только поглощенный  $\text{Ca}^{2+}$ , но и в небольшом количестве имелись бы  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Na}^+$  или  $\text{H}^+$ , а

также необходимые для растений микроэлементы  $Mn^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Zn^{+2}$ ,  $Ni^{2+}$  и др.

Многие приемы внесения минеральных удобрений направлены на регулирование состава ППК и создание оптимальных условий для питания растений.

### 10.6. РЕГУЛИРОВАНИЕ КАТИОННОГО СОСТАВА ПОЧВЕННОГО ПОГЛОЩАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА

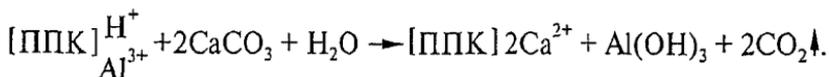
Приемы регулирования катионного состава почвенного поглощающего комплекса, определяющего кислую или щелочную реакцию, разработаны К. К. Гедройцем. Это известкование кислых и гипсование щелочных почв (химическая мелиорация), теоретической основой которых является учение о поглощательной способности.

В агрономической практике степень кислотности или щелочности почв характеризуют по величинам обменной кислотности и актуальной щелочности (табл. 30).

**30. Агрономические уровни кислотности и щелочности почв**

pH	Почва по уровню кислотности или щелочности	Почвы с указанными уровнями кислотности или щелочности
Ниже 4,00	Очень сильнокислая	Подзолистые, красноземы, болотно-подзолистые, болотные
4,01—4,50	Сильнокислая	Подзолистые, дерново-подзолистые, болотно-подзолистые, болотные, красноземы
4,51—5,00	Среднекислая	То же, и светло-серые лесные
5,01—5,50	Слабокислая	Дерново-подзолистые и красноземы (неокультуренные и окультуренные), серые лесные
5,51—6,00	Близкая к нейтральной	Серые лесные, лесостепные черноземы, окультуренные дерново-подзолистые и красноземы
6,01—7,01	Нейтральная	Серые лесные, черноземы
7,01—7,50	Слабощелочная	Каштановые, южные черноземы, бурые, сероземы
7,51—8,50	Среднещелочная	Солонцы, солончаки, солонцеватые каштановые и сероземы
Выше 8,51	Сильнощелочная	Содовые солонцы, солончаки

Для борьбы с кислотностью почв проводят известкование, вносят известь ( $CaCO_3$ ), которая взаимодействует с ППК по следующей схеме:



Почвенный поглощающий комплекс насыщается  $Ca^{2+}$ , почвенная кислотность нейтрализуется. Потребность в известкова-

нии определяется с использованием степени насыщенности почв основаниями. Например, при  $pH_{KCl} = 4,51-5,50$ .

Степень насыщенности основаниями, %

Потребность почвы в известковании

Ниже 50  
50—70  
70—80  
Более 80

Сильно нуждаются  
Средне нуждаются  
Слабо нуждаются  
Не нуждаются

Дозу извести (т/га) рассчитывают по величине гидролитической кислотности:

$$D_{CaCO_3} = H_T \cdot 0,05 \cdot h d_v,$$

где  $H_T$  — величина гидролитической кислотности в мг · экв/100 г почвы; 0,05 — коэффициент для пересчета на  $CaCO_3$  (для  $CaO$  он равен 0,028);  $h$  — мощность мелиорируемого слоя, см;  $d_v$  — плотность мелиорируемого слоя почвы, г/см<sup>3</sup>.

В расчетную дозу извести должны быть внесены поправки на процентное содержание действующего вещества, влажность и тонину помолы известкового материала.

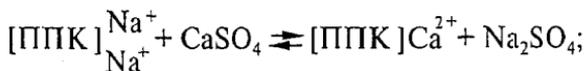
Кальций является химическим аналогом стронция, в том числе <sup>90</sup>Sr, который появляется в почве при радионуклидном ее загрязнении. Обогащение почвы  $Ca^{2+}$  путем известкования способствует уменьшению поступления <sup>90</sup>Sr в растения. В связи с этим известкования рекомендуют проводить в зонах загрязнения радиоактивными выпадениями.

На основе четких корреляционных зависимостей между pH солевой вытяжки и гидролитической кислотностью разработаны таблицы, позволяющие определять дозы извести, используя значения  $pH_{KCl}$  без показателей гидролитической кислотности (табл. 31).

31. Дозы извести, т/га, в зависимости от  $pH_{KCl}$

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

Для щелочных солонцовых почв доза химического мелиоранта (гипса), как правило, обусловлена количеством  $Ca^{2+}$ , обеспечивающего замену поглощенного  $Na^+$  и нейтрализацию избыточной щелочности:



Одним из методов расчета доз гипса для мелиорации щелочных (солонцовых) почв является метод, использующий содержание в почве активно поглощенного  $\text{Na}^+$ , равного общему содержанию поглощенного  $\text{Na}^+$  минус 5 % поглощенного  $\text{Na}^+$  от емкости катионного обмена, поскольку содержание поглощенного  $\text{Na}^+$  до 5 % от ЕКО не вызывает неблагоприятных солонцовых свойств почв:

$$D_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = (\text{Na}^+ - 0,05\text{E}) \cdot 0,086 \cdot hd_v,$$

где  $D_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}}$  — доза гипса, т/га;  $(\text{Na}^+ - 0,05\text{E})$  — активный натрий, мг · экв/100 г почвы; 0,086 — коэффициент для пересчета на  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ;  $h$  — мощность мелиорируемого слоя, см;  $d_v$  — плотность, г/см<sup>3</sup>.

Осуществление приемов химической мелиорации кислых и щелочных почв высокоэффективно.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Расскажите о происхождении, составе, строении и основных свойствах почвенных коллоидов. 2. Как появляется заряд почвенных коллоидов; что собой представляют ацидоиды, базиды и амфолитоиды? В чем состоит агрономическое значение коагуляции и пептизации почвенных коллоидов? 3. Дайте понятие и раскройте сущность и агрономическое значение механической и биологической поглощательной способности. 4. В чем сущность химической поглощательной способности? Каково ее агрономическое значение? 5. Раскройте сущность и основные закономерности физико-химической или обменной поглощательной способности, обменного или необменного поглощения катионов. 6. Что такое емкость поглощения, ЕКО, сумма обменных оснований и степень насыщенности основаниями? Назовите ЕКО и состав обменных катионов в основных типах почв. 7. Дайте определения и раскройте сущность видов почвенной кислотности и щелочности, буферности почв, их агрономического значения. 8. Какова роль поглощательной способности и состава обменно-поглощенных катионов в плодородии почв? Какие приемы вы знаете для регулирования катионного состава почвенного поглощающего комплекса?

## Глава 11

### **СТРУКТУРА, ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ**

Почва является полидисперсным и пористым телом. Ее твердая часть состоит из частиц различного размера — механических элементов. Они могут находиться в раздельно-частичном (бесструктурном) состоянии или в виде структурных элементов (агрегатов). При любом уплотнении механических элементов и агрегатов

между ними всегда имеются поры. С наличием пор и их размером тесно связаны проникновение корней, воды и воздуха, воздухообмен, запас, расход и передвижение влаги, нагревание и охлаждение почвы, интенсивность и направленность микробиологических процессов, т. е. важнейшие показатели плодородия почвы — ее способности обеспечивать растения водой, воздухом, элементами питания и в определенной степени теплом.

Особенности почвы как полидисперсного и пористого тела определяют ее специфические физические свойства. К ним относят структуру, общие физические, физико-механические, водные, воздушные, тепловые свойства почвы. В настоящей главе рассматриваются структура, общие физические и физико-механические свойства.

Физические свойства почвы — важный, а иногда решающий фактор формирования урожая сельскохозяйственных культур и эффективности различных приемов их возделывания.

### 11.1. АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТРУКТУРЫ

Физические свойства почвы и их влияние на плодородие в большой степени зависят от ее агрегатного состояния. В главе 4 рассмотрена структура почвы как ее морфологический признак. При изучении физических свойств необходимо знать характеристику структуры с точки зрения агрономии.

Агрономически ценной структурой является *комковатая* и *зернистая* структура верхних горизонтов почвы размером от 0,25 до 10 мм, обладающая водопрочностью и связностью.

Благоприятное влияние на агрономические свойства почв оказывает и микроструктура при условии ее пористости и водопрочности. Наилучшими являются микроагрегаты размером 0,25—0,05 и 0,05—0,01 мм. Более мелкие забивают поры, ухудшают пористость, воздухо- и водопроницаемость.

*Водопрочность* — способность агрегатов противостоять разрушающему действию воды. *Связность* — устойчивость агрегатов к механическому воздействию. Структурной считается почва, содержащая более 55 % водопрочных агрегатов (табл. 32). Важно, чтобы структурные отдельности пахотных горизонтов не разруша-

### 32. Шкала оценки структурного состояния почвы (по Долгову и Бахтину, 1966)

Содержание агрегатов 0,25—10 мм, % к веществу		Структурное состояние
водопрочных	воздушно-сухих	
>80	>70	Отличное
80—60	70—55	Хорошее
60—40	55—40	Удовлетворительное
40—20	40—20	Неудовлетворительное
<20	<20	Плохое

лись при увлажнении почвы и при механическом воздействии сельскохозяйственных машин и орудий.

Наличие такой структуры в корнеобитаемом слое создает устойчивое соотношение капиллярных и некапиллярных пор. В нем между агрегатами преобладают некапиллярные поры, а внутри агрегатов — капиллярные. Возникают хорошие условия для проникновения воды, воздуха, развития корней растений, нормальной аэрации, создания устойчивого и доступного запасов влаги. В бесструктурной почве или в почве с преобладанием неводопрочных и неустойчивых к механическому воздействию агрегатов крупные некапиллярные поры или отсутствуют, или быстро утрачиваются, почва уплотняется, и в ней господствуют капиллярные поры.

При таком строении пахотного слоя в период увлажнения все поры заполняются водой, нарушается воздухообмен. Вода не может продуктивно использоваться растениями, так как они страдают от недостатка воздуха. При просыхании почвы условия обеспечения корней кислородом улучшаются, но за счет потери воды растения начинают страдать от недостатка влаги. Для бесструктурных почв характерен антагонизм между водой и воздухом. Кроме того, при высыхании бесструктурных почв, особенно тяжелых, они приобретают глыбистое монолитное сложение. Таким почвам значительно труднее придать благоприятное строение пахотного слоя при обработках.

Образование агрономически ценной структуры протекает под воздействием физико-механических, физико-химических, химических и биологических факторов.

*Физико-механические* (или *физические*) факторы обуславливают крошение почвенной массы главным образом под влиянием изменяющегося давления или механического воздействия. К ним относятся уплотняющее и рыхлящее действие корней, роющих и копающих животных, попеременное высушивание и увлажнение, замерзание и оттаивание почвы, воздействие почвообрабатывающих орудий.

К *физико-химическим* и *химическим* факторам относятся коагуляция почвенных коллоидов и цементирующее воздействие ряда почвенных соединений. Клеящими и цементирующими веществами могут служить гумус, глинистое вещество, гидроксиды железа и алюминия, карбонат кальция. Одни минеральные соединения без гумусовых веществ не образуют водопрочных агрегатов.

Основная роль в образовании агрономически ценной структуры принадлежит *биологическим* факторам — растительности и почвенным организмам. Помимо механического уплотняюще-рыхляющего воздействия корней растительность является главным источником образования гумуса, а гуматы кальция выступают как важнейшие клецементирующие вещества при возникновении высокопрочных агрегатов. При высоком содержании гуматов натрия образуются неводопрочные очень плотные агрегаты.

Наиболее сильное оструктурирующее воздействие на почву оказывает многолетняя травянистая растительность. Важную положительную роль играют почвенные насекомые и животные, особенно черви.

## 11.2. УТРАТА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ

Структура почвы динамична. Она разрушается под воздействием механической обработки, передвижения машин и орудий, людей, животных, под ударами дождевых капель. Важнейшие пути уменьшения механического разрушения структуры — обработка почвы в состоянии ее физической спелости, а также минимализация обработок. Утрата агрегатами водопрочности может быть связана с физико-химическими явлениями — заменой обменных ионов кальция и магния на ион натрия. В этом случае при увлажнении происходит пептизация клеящих гумусовых веществ и, как следствие, разрушение агрегатов. Поэтому приемы химической мелиорации (известкование, гипсование и др.), обогащая почву обменным кальцием, способствуют улучшению структуры.

Биологические причины разрушения структуры связаны с процессами минерализации гумуса.

Восстановление и сохранение структуры почв — важное условие их рационального земледельческого использования, поддержания и повышения плодородия. Его осуществляют агротехническими приемами: посев многолетних трав, обработка почвы в спелом состоянии, минимализация обработок, известкование кислых почв, гипсование солонцов и солонцеватых почв, внесение органических и минеральных удобрений.

Водопрочная структура восстанавливается под воздействием как многолетних трав, так и однолетних сельскохозяйственных растений. Однако оструктурирующее воздействие многолетних трав выше. Они развивают более мощную корневую систему, более длительное время воздействуют на почву, оставляют в почве больше органического вещества (корней и послеукосной надземной массы), благоприятного по составу для деятельности микроорганизмов, образования гумуса.

Из однолетних культур пшеница, подсолнечник, кукуруза образуют мощные корневые системы и оказывают наибольшее положительное воздействие на структурообразование. Лен, картофель, капуста, имеющие слаборазвитые корневые системы, обычно оказывают незначительное оструктурирующее действие на почву.

Большое значение в оструктурировании почв имеет систематическое применение органических удобрений — навоза, торфокомпостов, сидератов. Они являются источником образования гумуса, значительно стимулируют деятельность червей и других предста-

вителей почвенной биоты, положительно влияющей на структурообразование.

Улучшение структурного состояния почв возможно также с помощью искусственных структурообразователей, преимущественно различных органических веществ, в частности полимеров и сополимеров, состоящих из производных акриловой, метакриловой и малеиновой кислот.

### 11.3. ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

К общим физическим свойствам почвы относятся плотность твердой фазы, плотность сложения и пористость.

*Плотность твердой фазы почвы* — отношение массы ее твердой фазы к массе воды при 4 °С в том же объеме. Выражается она в г/см<sup>3</sup>. Ее величина определяется соотношением в почве компонентов органической и минеральной частей. Для органических веществ (опад растений, торф, гумус) плотность твердой фазы колеблется от 0,2—0,5 до 1,0—1,4 г/см<sup>3</sup>, а для минеральных соединений — от 2,1—2,5 до 4,0—5,18 г/см<sup>3</sup>. Минеральные горизонты большинства почв имеют плотность твердой фазы от 2,4 до 2,65 г/см<sup>3</sup>, а торфяные горизонты — от 0,2—0,3 до 1,8 г/см<sup>3</sup>.

*Плотность (или плотность сложения) почвы* — масса единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении. Выражается она в г/см<sup>3</sup>. Плотность почвы зависит от минералогического и гранулометрического составов, структуры и содержания органического вещества. Она может существенно изменяться при обработках, под уплотняющим воздействием передвигающихся машин и орудий. Наиболее рыхлой почва бывает сразу после обработки, затем постепенно уплотняется, и через некоторое время ее плотность приходит в состояние равновесия, т. е. мало изменяется (до следующей обработки).

Верхние горизонты почвенного профиля, содержащие больше органического вещества, лучше оструктуренные, подвергающиеся рыхлению, имеют более низкую плотность, которая вниз по профилю возрастает. Плотность почвы сильно влияет на поглощение влаги и ее передвижение в профиле, газообмен, развитие корней, интенсивность микробиологических процессов, условия существования почвенных насекомых и животных. Оптимальная плотность корнеобитаемого слоя для большинства культурных растений 1,0—1,2 г/см<sup>3</sup>.

*Плотность суглинистых  
и глинистых почв, г/см<sup>3</sup>*

*Оценка*

<1,0  
1,0—1,1

Почва вспушена или богата органическими  
веществами  
Свежевспаханная почва

1,2—1,3	Пашня уплотнена
1,3—1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4—1,6	Типичные величины для подпахотных горизонтов (кроме черноземов)
1,6—1,8	Сильно уплотненные иллювиальные горизонты

*Пористость* (или *скважность*) почвы — суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы. Ее выражают в % от общего объема почвы и вычисляют по показателям плотности почвы ( $d_v$ ) и плотности твердой фазы ( $d$ ).

$$P_{\text{общ}} (\%) = \left(1 - \frac{d_v}{d}\right) 100.$$

Пористость зависит от гранулометрического состава, структурности, деятельности почвенной фауны, содержания органического вещества, в пахотных горизонтах — от частоты и приемов обработки и окультуренности почвы.

Различают капиллярную и некапиллярную пористость, составляющие вместе общую пористость. Поры могут быть заполнены водой и воздухом. Некапиллярные поры обеспечивают водопроницаемость и воздухообмен, капиллярные — удерживают воду за счет капиллярных сил. Для создания хорошего и устойчивого запаса влаги при одновременном нормальном воздухообмене (аэрации) необходимо, чтобы капиллярная пористость составляла 55—65 % общей пористости. Если она меньше 50 %, то воздухообмен ухудшается и может возникнуть анаэробнозис. Для наилучшего обеспечения растений водой и воздухом и высокой эффективности применяемых удобрений и других мероприятий по созданию высоких урожаев важно, чтобы почвы имели наибольшую капиллярную пористость, заполненную водой, и одновременно пористость аэрации не менее 15 % объема в минеральных и 30—40 % в торфяных почвах.

*Общая пористость в вегетационный период для суглинистых и глинистых почв, %*

>70  
65—55  
55—60  
<50  
40—25

*Качественная оценка пористости*

Почва вспушена — избыточно пористая  
Культурно-пахотный слой — отличная  
Удовлетворительная для пахотного слоя  
Неудовлетворительная для пахотного слоя  
Чрезмерно низкая, характерна для уплотненных иллювиальных горизонтов

#### 11.4. ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

К физико-механическим свойствам относятся пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость и удельное сопротивление. Физико-механические свойства имеют большое

значение для оценки технологических свойств почвы — условий ее обработки, работы посевных и уборочных агрегатов.

*Пластичность* — способность почвы изменять свою форму (деформироваться) без образования трещин под воздействием внешних сил и сохранять приданную форму после прекращения механического воздействия. Пластичность обусловлена илистой фракцией и зависит от влажности почвы. Сухие почвы не обладают пластичностью. Избыточно увлажненные начинают течь и теряют пластичность. В связи с этим различают верхний и нижний пределы пластичности. Верхний определяется величиной весовой влажности, при которой почва начинает течь, нижний — при которой почву еще можно раскатать в шнур диаметром 3 мм без образования трещин. Пластичность зависит от гранулометрического, минералогического и химического составов, состава обменных катионов. Наибольшей пластичностью обладают глинистые почвы, наименьшей — песчаные. Повышенное содержание обменного иона натрия увеличивает пластичность. Более гумусированные почвы характеризуются меньшей пластичностью. Пластичные почвы обладают меньшим сопротивлением к механическому воздействию. Чем выше пластичность, тем почва больше подвержена образованию колеи на ее поверхности при проходе агрегатов.

*Липкость* — способность влажной почвы прилипать к другим телам. Это свойство проявляется в определенных пределах влажности, когда сцепление между почвенными частицами меньше, чем между ними и соприкасающимися предметами. Она определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки от почвы, и выражается в г/см<sup>2</sup>. По липкости почвы подразделяют (по Н. А. Качинскому): на предельно вязкие (>15 г/см<sup>2</sup>), сильновязкие (5—15), средневязкие (2—5) и слабвязкие (<2 г/см<sup>2</sup>).

Липкость оказывает отрицательное влияние на условия обработки, если состояние влажности и повышенная пластичность почвы вызывают ее прилипание к рабочим частям сельскохозяйственных машин. При этом увеличивается тяговое сопротивление и ухудшается качество обработки почвы. Липкость зависит от гранулометрического, минералогического и химического составов почвы, ее структурности и состава обменных катионов. Наибольшей липкостью обладают тяжелые бесструктурные и слабоструктурные почвы; насыщенность ППК ионом кальция снижает липкость, а внедрение в ППК иона натрия увеличивает ее.

*Набухание* — увеличение объема почвы при увлажнении. Выражается в объемных процентах от исходного объема почвы. Это свойство связано со способностью коллоидов почвы сорбировать воду и образовывать гидратные оболочки вокруг минеральных и органических частиц. Набухание наиболее выражено у глинистых минералов с расширяющейся решеткой, что обуславливает не только поверхностную сорбцию воды, но и проникновение ее в межпакетные промежутки минералов. При этом объем таких

коллоидов может увеличиваться в 2 раза. Повышению набухаемости способствует внедрение иона натрия в ППК. Набухание — отрицательное свойство; его проявление может сопровождаться выпиранием почвенной массы, разрушением структурных отдельныхностей.

*Усадка* — сокращение объема почвы при высыхании. Это явление обратное набуханию и зависит от тех же факторов. Чем выше набухание почвы, тем сильнее ее усадка. Выражается она в процентах от объема исходной почвы. Усадка может вызывать разрыв корней, приводит к образованию трещин, что способствует непродвигательной потере влаги за счет испарения.

*Связность* — способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Выражают ее в  $\text{кг/см}^2$ . Связность обусловлена силами сцепления между частицами почвы, зависит от гранулометрического, минералогического и химического составов, влажности, а также оструктуренности почвы и факторов, ее обуславливающих (гумусированности, состава обменных катионов и др.). Наибольшей связностью обладают глинистые почвы и почвы, содержащие большое количество обменного натрия. Оструктуренные почвы характеризуются меньшей связностью. Невысокую связность имеют песчаные почвы. Минимальная связность наблюдается при влажности, близкой к влажности завядания.

Учет связности почвы имеет большое значение для качества выполняемых технологических операций — рыхления, перемешивания почвенных слоев, крошения почвы, вспашки и т. п. Эти приемы должны выполняться при наименьшей связности почвы. Определение такого состояния связано с понятием «физическая спелость почвы».

*Физическая спелость* — состояние почвы, при котором она хорошо крошится на комки, не приликая к орудиям обработки. Она определяется влажностью почвы и зависит от тех же факторов, что связность и липкость. Для среднесуглинистых почв физическая спелость наступает при следующей их абсолютной влажности (в %): дерново-подзолистые — 12—21, серые лесные — 15—23, черноземы — 15—24, каштановые — 13—25, каштановые солонцеватые — 13—20. С утяжелением гранулометрического состава интервал физической спелости почв во времени и по показателям влажности становится уже.

Помимо физической спелости выделяют *биологическую спелость*, которая характеризуется таким температурным состоянием почвы, при котором активно развиваются биологические процессы (деятельность почвенной биоты, прорастание семян и др.). Для большинства почв она близка к  $10^\circ\text{C}$ .

*Твердость* — свойство почвы в естественном залегании сопротивляться сжатию и расклиниванию. Выражается она в  $\text{кг/см}^2$ . Измеряется при помощи твердомеров. Ее показатели колеблются от 5

до 60 кг/см<sup>2</sup> и выше. Высокая твердость почвы — показатель плохих ее агрофизических качеств. Твердость зависит от влажности, гранулометрического состава, оструктуренности, состава поглощенных катионов, содержания гумуса. С понижением влажности почвы твердость возрастает. Почвы хорошо гумусированные и структурные имеют меньшие показатели твердости, чем малогумусные и бесструктурные. Насыщение ППК кальцием снижает твердость, а внедрение натрия в ППК значительно повышает ее. Так, у черноземов твердость в 10—15 раз ниже, чем у солонцов. Высокая твердость увеличивает тяговое сопротивление при обработке, снижает всхожесть семян, затрудняет проникновение корней растений.

*Удельное сопротивление* — усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Измеряют сопротивление почвы в килограмме, приходящемся на 1 см<sup>2</sup> поперечного сечения пласта, поднимаемого плугом. В зависимости от гранулометрического состава, физико-химических свойств, влажности, характера угодья удельное сопротивление почвы может изменяться от 0,2 до 1,2 кг/см<sup>2</sup>. От удельного сопротивления почвы зависят затраты на ее обработку; с этой величиной связана норма выработки машинно-тракторного парка, расход топливно-смазочных материалов.

#### **11.5. ПРИЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОБЩИХ ФИЗИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВ**

Для регулирования физических и физико-механических свойств почв в соответствии с требованиями растений и выбора наиболее эффективной технологии их возделывания агроному необходимо дать оценку параметрам этих свойств, а также оценить роль отдельных факторов в их формировании. Поскольку гранулометрический и минералогический составы трудно поддаются изменениям при земледельческом использовании почв, следует учитывать главным образом их значение при выборе приемов регулирования физических и физико-механических свойств почв: выбор оптимальных сроков обработки почв разного гранулометрического состава в зависимости от их влажности, применение рыхления подпахотного слоя на тяжелых почвах, дифференцированное осуществление прямых приемов их изменения (внесение органических удобрений, культура сидератов, регулирование состава обменных катионов и др.).

Сильное отрицательное влияние на физические и физико-механические свойства почвы оказывает тяжелая техника. Уплотняющее воздействие на почву может проявляться до глубины 50—80 см, а наиболее резко оно сказывается на плотности и порозности пахотного слоя. По подсчетам разных авторов, при возделыва-

нии зерновых культур уплотняющему воздействию подвергается от 30 до 80 % площади поля, при этом значительная часть двукратному и более.

В результате уплотняющего воздействия техники снижается порозность, особенно некапиллярная, ухудшаются условия для проникновения корней, уменьшаются водообеспеченность растений и аэрация, содержание нитратов в почвенном растворе. Следствием такого ухудшения физических свойств является значительное снижение урожая. Даже при однократном проходе техники урожай зерновых на следах прохода колес машин уменьшается до 50—60 %. Особенно сильно ухудшаются физические свойства на тяжелых слабоструктуренных почвах с повышенной влажностью (почвы таежно-лесной зоны, орошаемые земли).

Ослабления вредного уплотняющего воздействия тяжелой техники на почву достигают применением современных технологий возделывания культур, сокращающих количество проходов агрегатов по полю, строгим соблюдением оптимальных сроков проведения полевых работ с учетом состояния влажности почвы, ее физических и физико-механических свойств, осуществлением мероприятий по их улучшению, использованием активных приемов по борьбе с уплотнением (глубокое рыхление). Важное значение также имеют применение существующих и разработка новых машин и агрегатов с минимальным уплотняющим воздействием на почву (широкозахватные и комбинированные агрегаты с многоцелевыми рабочими органами, машины и агрегаты на гусеницах и шинах низкого давления и др.).

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие процессы определяют образование структуры, ее утрату и каковы процессы и приемы восстановления структуры почв? 2. В чем заключается роль структуры почвы в формировании ее свойств, режимов и плодородия? 3. Дайте понятия плотности почвы и плотности ее твердой фазы, порозности почвы и раскройте их агрономическое значение. 4. Назовите физико-механические свойства почв, дайте им определение и укажите их зависимость от состава почвы, ее физико-химических свойств и других факторов. 5. Как влияют физико-механические свойства на агрономическую оценку почв? 6. Перечислите приемы регулирования общих физических и физико-механических свойств почв.

## **Глава 12**

### **ВОДНЫЕ СВОЙСТВА И ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ**

Вода в почве — один из важнейших факторов плодородия и урожайности растений. В почвенных процессах, в создании агрономически важных свойств почвы она играет значительную и разностороннюю роль. Эта роль определяется особым положением воды в природе. Вода — это особая физико-химическая весьма ак-

тивная система, обеспечивающая перемещение веществ в пространстве. С содержанием воды в почве связаны скорость выветривания и почвообразования, гумусообразование, биологические, химические и физико-химические процессы. В воде растворяются питательные вещества, которые из почвенного раствора поступают в растения. Поскольку при испарении воды затрачивается огромное количество тепла, вода является и терморегулятором почвы и растений, предохраняя их от перегрева солнечной радиацией.

Вода поступает в почву в виде атмосферных осадков, грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы, при орошении. Главным источником воды в почве в условиях неорошаемого земледелия являются атмосферные осадки.

Содержание влаги в процентах к массе абсолютно сухой почвы (высушенной при 105 °С) характеризует влажность почвы. Ее можно также выразить в процентах объема почвы (в м<sup>3</sup>/га, мм или т/га).

В составе растений содержится 80—90 % воды. В процессе своей жизнедеятельности они тратят огромное ее количество. Для создания 1 г сухого вещества требуется от 200 до 1000 г воды. При недостатке воды в почве формируются неустойчивые и низкие урожаи сельскохозяйственных культур.

Водообеспеченность растений зависит не только от количества поступающей воды в почву, но и от ее водных свойств. При равной абсолютной влажности почвы могут содержать разное количество доступной воды, что обусловлено гранулометрическим составом почв, структурным состоянием, содержанием гумуса и другими показателями, определяющими их водные свойства.

Познание закономерностей поведения почвенной влаги, процессов водопотребления растениями, водных свойств и водного режима имеет большое значение для управления и оптимизации водного режима с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В изучение закономерностей взаимосвязей между водой, почвой и растением большой вклад внесли А. А. Измаильский, Г. Н. Высоцкий, П. С. Коссович. Основы учения о водных свойствах почв и водных режимах изложены в трудах А. Ф. Лебедева, С. И. Долгова, А. Н. Роде, Н. А. Качинского и других ученых.

### **12.1. КАТЕГОРИИ (ФОРМЫ) ПОЧВЕННОЙ ВОДЫ, ИХ ХАРАКТЕРИСТИКА И ДОСТУПНОСТЬ РАСТЕНИЯМ**

Вода в почвах неоднородна. Разные ее количества имеют неодинаковые физические свойства (термодинамический потенциал, теплоемкость, плотность, вязкость, химический состав, осмотическое давление и т. д.), обусловленные взаимодействием молекул

воды между собой и с другими фазами почвы (твердой, жидкой, газообразной). Количество почвенной воды, обладающие одинаковыми свойствами, получили название *категорий* или *форм почвенной воды*.

Согласно классификации, разработанной А. А. Роде (1965), в почвах различают пять категорий (форм) почвенной воды: твердую, химически связанную, парообразную, сорбированную и свободную.

*Твердая вода* — лед. Эта категория воды является потенциальным источником жидкой и парообразной воды. Появление воды в форме льда может иметь сезонный (сезонное промерзание почвы) или многолетний («вечная» мерзлота) характер. Лед переходит в жидкое и парообразное состояние при температуре воды выше  $0^{\circ}\text{C}$ .

*Химически связанная вода* входит в состав химических соединений (минералов) в виде гидроксильной группы — так называемая *конституционная вода*  $[\text{Fe}(\text{OH})_3, \text{Al}(\text{OH})_3]$  или целыми молекулами — *кристаллизационная вода*  $(\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O})$ .

Конституционную воду удаляют из почвы прокаливанием при температуре  $400\text{—}800^{\circ}\text{C}$ , кристаллизационную — при нагревании почвы до  $100\text{—}200^{\circ}\text{C}$ . Химически связанная вода — важный показатель состава почвы; она входит в состав твердой фазы почвы и не является самостоятельным физическим телом, не передвигается, не обладает свойствами растворителя и недоступна растениям.

*Парообразная вода* содержится в почвенном воздухе, в порах, свободных от воды, в форме водяного пара. Парообразная влага может передвигаться вместе с током почвенного воздуха, а также диффузно из мест с большей упругостью водяного пара в места с меньшей упругостью.

Несмотря на то что общее количество парообразной воды не превышает  $0,001\%$  массы почвы, она играет большую роль в перераспределении почвенной влаги и предохраняет корневые волоски растений от пересыхания.

Конденсируясь, пар переходит в жидкую воду. В почве парообразная влага передвигается от теплых слоев к более холодным. В связи с этим возникают восходящие и нисходящие сезонные и суточные потоки водяного пара. За счет восходящего передвижения водяного пара в зимнее время в метровом слое почвы засушливых районов аккумулируется до  $10\text{—}14$  мм влаги.

*Физически связанная, или сорбированная, вода* образуется путем сорбции парообразной и жидкой воды на поверхности твердых частиц почвы. Физически связанную воду в зависимости от прочности связи с твердой фазой почвы подразделяют на прочносвязанную и рыхлосвязанную (пленочную).

**П р о ч н о с в я з а н н а я** (гигроскопическая) вода образуется в результате адсорбции молекул воды из парообразного состо-

яния на поверхности твердых частиц почвы. Свойство почвы сорбировать парообразную воду называют *гигроскопичностью* почв, а сорбированную воду — *гигроскопической*. Прочносвязанная гигроскопическая вода удерживается на поверхности почвенных частиц очень высоким давлением, образуя вокруг почвенных частиц тончайшие пленки.

По физическим свойствам гигроскопическая вода приближается к твердым телам. Она обладает высокой плотностью (1,5—1,8 г/см<sup>3</sup>), низкой электропроводностью, не растворяет вещества, отличается повышенной вязкостью, замерзает при температуре от —4 до —78 °С, недоступна растениям.

Предельное количество воды, которое может быть поглощено почвой из парообразного состояния при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, называют *максимальной гигроскопической (МГ) водой*. При влажности почвы, равной МГ, толщина пленки из молекул воды достигает 3—4 слоев.

Величины гигроскопичности и МГ зависят от гранулометрического и минералогического составов, содержания гумуса. Чем больше в почве илистой, особенно коллоидной, фракции и гумуса, тем выше гигроскопичность и МГ.

В минеральных слабогумусированных песчаных и супесчаных почвах максимальная гигроскопичность колеблется от 0,5 до 1 %. В сильногумусированных суглинистых и глинистых почвах максимальная гигроскопичность может составлять 15—16 %, а в торфах — до 30—50 %.

Однако за счет поглощения парообразной воды сорбционные силы поверхности почвенных частиц не исчерпываются, даже если влажность почвы достигает максимальной гигроскопичности. При соприкосновении частиц почвы с водой происходит дополнительное ее поглощение и образуется рыхлосвязанная, или пленочная, вода. Она удерживается почвенными частицами менее прочно, очень медленно передвигается от почвенных частиц с большей пленкой к частицам с меньшей пленкой. Толщина пленки достигает нескольких десятков молекул воды и может превышать величину максимальной гигроскопичности в 2—4 раза. Пленочная влага имеет плотность несколько выше плотности свободной воды, обладает пониженной растворяющей способностью, замерзает при температуре —1,5...—4 °С, частично доступна для растений.

Свободная вода — это вода, содержащаяся в почве сверх рыхлосвязанной. Она не связана силами притяжения с почвенными частицами. Различают две формы свободной воды в почве: капиллярную и гравитационную.

Капиллярная вода находится в тонких капиллярных порах почвы и передвигается в них под влиянием капиллярных сил, возникающих на поверхности раздела твердой, жидкой и газообразной фаз. Эта вода наиболее доступна растениям.

В зависимости от характера увлажнения различают капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую воду. При увлажнении почвы сверху атмосферными осадками или оросительными водами формируется *капиллярно-подвешенная вода*. При увлажнении почвы снизу за счет грунтовых вод в почве образуется *капиллярно-подпертая вода*. Зону капиллярного насыщения над грунтовой водой называют *капиллярной каймой* (КК).

Гравитационная вода размещается в крупных некапиллярных порах, свободно просачивается вниз по профилю под действием силы тяжести. Различают гравитационную воду просачивающуюся и влагу водоносных горизонтов. Последняя над водоупорным слоем образует почвенные и грунтовые воды, а также временный горизонт верховых вод.

## 12.2. ВОДНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Основными водными свойствами почв являются водоудерживающая способность, водопроницаемость и водоподъемная способность.

*Водоудерживающая способность* — свойство почвы удерживать воду, обусловленное действием сорбционных и капиллярных сил. Наибольшее количество воды, которое способна удерживать почва теми или иными силами, называется *влагоемкостью*.

В зависимости от того, в какой форме находится удерживаемая почвой влага, различают полную, наименьшую, капиллярную и максимальную-молекулярную влагоемкость.

*Полная* (максимальная) *влагоемкость* (ПВ), или водовместимость, — это количество влаги, удерживаемое почвой в состоянии полного насыщения, когда все поры (капиллярные и некапиллярные) заполнены водой.

Для почв нормального увлажнения состояние влажности, соответствующее полной влагоемкости, может быть после снеготаяния, обильных дождей или при поливе большими нормами воды. Для избыточно влажных (гидроморфных) почв состояние полной влагоемкости может быть длительным или постоянным.

При длительном состоянии насыщения почв водой до полной влагоемкости в них развиваются анаэробные процессы, снижающие ее плодородие и продуктивность растений. Оптимальной для растений считается относительная влажность почв в пределах 50—60 % ПВ.

Обычно полную влагоемкость (в % на сухую почву) рассчитывают по общей пористости почвы:

$$ПВ = \frac{P}{d_v},$$

где  $P$  — общая пористость, %;  $d_v$  — плотность почвы, г/см<sup>3</sup>.

Однако в результате набухания почвы при ее увлажнении, наличия заземленного воздуха полная влагоемкость не всегда точно соответствует общей пористости почвы.

*Наименьшая влагоемкость* (НВ) — это максимальное количество капиллярно-подвешенной влаги, которое способна длительное время удерживать почва после обильного ее увлажнения и свободного стекания воды при условии исключения испарения и капиллярного увлажнения за счет грунтовой воды.

При НВ в почве 55—75 % пор заполнено водой, создаются оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности растений. Величина НВ зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса и сложения почвы. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу, чем больше в ней гумуса, тем выше ее наименьшая влагоемкость. Очень рыхлая и сильноплотная почвы имеют меньшую влагоемкость (НВ), чем почвы средней плотности. Для суглинистых и глинистых почв величина НВ колеблется от 20 до 45 % абсолютной влажности почв. Наибольшие значения НВ характерны для гумусированных почв тяжелого гранулометрического состава с хорошо выраженной макро- и микроструктурой.

По мере испарения и потребления воды растения теряют сплошное заполнение водой капилляров, уменьшаются подвижность воды и доступность ее растениям. Влажность, соответствующая разрыву капилляров, называется *влажностью разрыва капилляров* (ВРК). Это гидрологическая константа почвы, характеризующая нижний предел оптимальной влажности. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65—70 % НВ.

Максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которое может содержаться в почве над уровнем грунтовых вод, называется *капиллярной влагоемкостью* (КВ).

*Максимальная молекулярная влагоемкость* (ММВ) соответствует наибольшему содержанию рыхлосвязанной воды, удерживаемой сорбционными силами или силами молекулярного притяжения.

При влажности, близкой к ММВ, растения обычно начинают устойчиво завядать, поэтому такую влажность называют *влажностью завядания* (ВЗ) или «мертвым», недоступным для растений запасом влаги в почве. Для разных растений, а также разных периодов их роста (проростки или зрелые растения) влажность завядания будет неодинакова. Особенно чувствительны к критическому состоянию влажности почвы проростки.

Влажность завядания растений определяют методом проростков по С. И. Долгову или расчетным способом, используя процентное содержание воды в почве, равное максимальной гигроскопической влаге. При этом учитывают, что отношение влажности завядания к максимальной гигроскопической влаге в разных почвах для разных растений колеблется от 1 до 3, для незасоленных почв оно чаще составляет 1,3—1,5, для засоленных — несколько выше. Влажность завядания (в %) равна максимальной гигроско-

пической влажности (в %), умноженной на коэффициент 1,34 (по рекомендации гидрометеослужбы) или 1,5 (по рекомендации Н. А. Качинского):

$$BЗ = МГ \cdot 1,34 (1,5).$$

Влажность завядания различается в зависимости от типа почв и гранулометрического состава (табл. 33).

**33. Влажность завядания в почвах разного гранулометрического состава (по данным Францессона)**

Гранулометрический состав почв	ВЗ, % на абсолютно сухую почву	
	Дерново-подзолистые почвы	Черноземы
Песчаный	1—3	—
Супесчаный и легкосуглинистый	3—6	4—8
Средне- и тяжелосуглинистый	6—12	9—15
Глинистый	—	16—22

В торфяных почвах влажность завядания достигает 50 % массы абсолютно сухой почвы.

Влажность завядания представляет важнейшую гидрологическую константу. На основании данных ВЗ и общего содержания влаги в почве вычисляют *запас продуктивной влаги*, т. е. той влаги, которая доступна для растений и расходуется на формирование урожая.

Количество продуктивной влаги принято выражать в мм толщины водяного слоя. В таком виде запасы воды лучше сопоставлять с данными по осадкам. 1 мм воды на площади 1 га соответствует 10 т воды.

Запасы продуктивной влаги (в мм/га):

$$W = 0,1 d_v \cdot h(B - BЗ),$$

где 0,1 — коэффициент перевода запасов влаги из м<sup>3</sup>/га в мм водяного слоя;  $d_v$  — плотность почвы, г/см<sup>3</sup>;  $h$  — мощность слоя почвы, см, для которого рассчитывается запас продуктивной влаги;  $B$  — полевая влажность почвы, % на абсолютно сухую почву;  $BЗ$  — влажность завядания, % на абсолютно сухую почву.

Оптимальные запасы продуктивной влаги (по А. М. Шульгину) в метровом слое почвы в период вегетации растений находятся в среднем в пределах от 100 до 200 мм.

Как избыточная влажность (более 250 мм), так и недостаточная (менее 50 мм) отрицательно сказываются на развитии растений и их урожайности.

*Водопроницаемость почв* — способность почв впитывать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости: впитывание и фильтрацию. *Впитывание* — это поглощение воды почвой и ее прохождение в не насыщенную водой почве. *Фильтрация* (просачивание) — передвижение воды в почве под

влиянием силы тяжести и градиента напора при полном насыщении почвы водой. Эти стадии водопроницаемости характеризуются соответственно *коэффициентами впитывания и фильтрации*.

Водопроницаемость измеряется объемом воды (мм), протекающей через единицу площади почвы (см<sup>2</sup>) в единицу времени (ч) при напоре воды 5 см.

Величина эта очень динамична, зависит от гранулометрического состава и химических свойств почв, их структурного состояния, плотности, порозности, влажности.

В почвах тяжелого гранулометрического состава водопроницаемость ниже, чем в легких; присутствие в ППК поглощенного натрия или магния, способствующих быстрому набуханию почв, делает почвы практически водонепроницаемыми.

Оценку водопроницаемости почв проводят по шкале, предложенной Н. А. Качинским (1970).

*Водопроницаемость* (при напоре воды 5 см и температуре 10 °С, мм/ч)

*Оценка*

Свыше 1000  
1000 — 500  
500 — 100  
100 — 70  
70 — 30  
< 30

Провальная  
Излишне высокая  
Наилучшая  
Хорошая  
Удовлетворительная  
Неудовлетворительная

При недостаточной водопроницаемости влага или застаивается на поверхности почвы, создавая условия для вымочек посевов, или стекает по уклону местности, способствуя проявлению водной эрозии.

При очень высокой водопроницаемости влага не накапливается в корнеобитаемом слое, быстро фильтруется в глубь почвенного профиля, в условиях орошаемого земледелия происходят потери поливной воды, подъем уровня грунтовых вод и возникает опасность вторичного засоления почв.

*Водоподъемная способность* — свойство почвы вызывать восходящее передвижение содержащейся в ней воды за счет капиллярных сил.

Высота подъема воды в почвах и скорость ее передвижения определяются в основном гранулометрическим и структурным составами почв, их порозностью.

Чем почвы тяжелее и менее структурны, тем больше потенциальная высота подъема воды, а скорость подъема ее меньше.

<i>Гранулометрический состав</i>	<i>Водоподъемная способность, м</i>	<i>Гранулометрический состав</i>	<i>Водоподъемная способность, м</i>
Песок крупный	0,5	Суглинок средний	2,5—3,0
» средний	0,5—0,8	» тяжелый	3,0—3,5
Супесь	1,0—1,5	Глина	3,5—5,0
Пылеватая супесь	1,5—2,0	Лёссы	4,0—5,0

На скорость подъема воды влияет также степень минерализации грунтовых вод. Высокоминерализованные воды характеризуются меньшими высотой и скоростью подъема. Однако близкое к поверхности залегание минерализованных грунтовых вод (1—1,5 м) создает опасность быстрого засоления почв.

### 12.3. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Под *водным режимом* понимают совокупность явлений поступления влаги в почву, ее удержание, расход и передвижение в почве. Количественно его выражают через водный баланс, характеризующий приход влаги в почву и расход из нее.

Общее уравнение водного баланса выражают следующим образом:

$$V_0 + V_{oc} + V_r + V_k + V_{пр} + V_б = E_{исп} + E_T + V_{и} + V_{п} + V_c + V_1,$$

где  $V_0$  — начальный запас влаги;  $V_{oc}$  — сумма осадков за период наблюдения;  $V_r$  — количество влаги, поступающей из грунтовых вод;  $V_k$  — количество влаги, конденсирующейся из паров воды;  $V_{пр}$  — количество влаги, поступающей в результате поверхностного притока;  $V_б$  — количество влаги, поступающей от бокового притока почвенных и грунтовых вод;  $E_{исп}$  — количество влаги, испарившейся с поверхности почвы (физическое испарение);  $E_T$  — количество влаги, расходуемое на транспирацию (десукция);  $V_{и}$  — влага, инфильтрующаяся в почвенно-грунтовую толщу;  $V_{п}$  — количество воды, теряющейся за счет поверхностного стока;  $V_c$  — влага, теряющаяся при боковом внутриводном стоке;  $V_1$  — запас влаги в почве в конце периода наблюдения.

Если за длительный период времени прогрессирующего увлажнения или иссушения территории не происходит, приход и расход воды в почве равны, уравнение водного баланса равно нулю. Запасы воды в почве в этом случае в начале и в конце периода наблюдений могут быть равны:  $V_0 = V_1$ . Для склоновых элементов рельефа количество воды, поступающей от бокового притока почвенных и грунтовых вод, равно количеству воды, теряющейся при боковом стоке:  $V_б = V_c$ . Содержание конденсирующейся в почве влаги по сравнению с другими статьями баланса мало, и им можно пренебречь. С учетом этих уточнений уравнение водного баланса приобретает следующий вид:

$$V_{oc} + V_r + V_{пр} = E_{исп} + E_T + V_{и} + V_{п}.$$

Еще более простой вид имеет уравнение водного баланса равноценных территорий с глубоким залеганием грунтовых вод:

$$V_0 + V_{oc} = E + V_1,$$

где  $E$  — суммарное испарение, или эвапотранспирация.

В зависимости от характера годового водного баланса по соот-

ношению его составляющих — годовым осадкам и годовому испарению — формируются основные типы водного режима.

Отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости называют *коэффициентом увлажнения* (КУ). В разных природных зонах КУ колеблется от 3 до 0,1.

Для различных природных условий Г. Н. Высоцкий установил 4 типа водного режима: *промывной, периодически промывной, непромывной и выпотной*. Развивая учение Г. Н. Высоцкого, профессор А. А. Роде выделил 6 типов водного режима, разделив их на несколько подтипов.

**1. Мерзлотный тип.** Распространен в условиях многолетней мерзлоты. Мерзлый слой грунта водонепроницаем, является водупором, над которым проходит надмерзлотная верховодка, которая обуславливает насыщенность водой верхней части оттаявшей почвы в течение вегетационного периода.

**2. Промывной тип** (КУ > 1). Характерен для местностей, где сумма годовых осадков больше испаряемости. Весь профиль почвы ежегодно подвергается сквозному промачиванию до грунтовых вод и интенсивному выщелачиванию продуктов почвообразования. Под влиянием промывного типа водного режима формируются почвы подзолистого типа, красноземы и желтоземы. При близком к поверхности залегании грунтовых вод, слабой водопроницаемости почв и почвообразующих пород формируется *болотный подтип* водного режима. Под его влиянием формируются болотные и подзолисто-болотные почвы.

**3. Периодически промывной тип** (КУ = 1, при колебаниях от 1,2 до 0,8). Этот тип водного режима отличается средней многолетней сбалансированностью осадков и испаряемости. Для него характерны чередование ограниченного промачивания почв и пород в сухие годы (непромывные условия) и сквозное промачивание (промывной режим) во влажные. Промывание почв избытком осадков происходит 1—2 раза в несколько лет. Такой тип водного режима присущ серым лесным почвам, черноземам оподзоленным и выщелоченным. Водообеспеченность почв неустойчивая.

**4. Непромывной тип** (КУ < 1). Характеризуется распределением влаги осадков преимущественно в верхних горизонтах и не достигает грунтовых вод. Связь между атмосферной и грунтовой водой осуществляется через слой с очень низкой влажностью, близкой к ВЗ. Обмен влагой происходит путем передвижения воды в форме пара. Такой тип водного режима характерен для степных почв — черноземов, каштановых, бурых полупустынных и серо-бурых пустынных почв. В указанном ряду почв уменьшается количество осадков, увеличивается испаряемость. Коэффициент увлажнения снижается с 0,6 до 0,1.

Влагооборот захватывает толщу почв и грунта от 4 м (степные черноземы) до 1 м (пустынно-степные, пустынные почвы).

Запасы влаги, накопленные в почвах степей весной, интенсив-

но расходуются на транспирацию и физическое испарение и к осени становятся ничтожно малыми. В полупустынной и пустынной зонах без орошения земледелие невозможно.

5. **Выпотной тип** ( $KУ < 1$ ). Проявляется в степной, полупустынной и пустынной зонах при близком залегании грунтовых вод. Преобладают восходящие потоки влаги по капиллярам от грунтовых вод. При высокой минерализации грунтовых вод в почву поступают легкорастворимые соли, происходит ее засоление.

6. **Ирригационный тип**. Он создается при дополнительном увлажнении почвы оросительными водами. При правильном нормировании поливной воды и соблюдении оросительного режима водный режим почвы должен формироваться по непромывному типу с  $KУ$ , близким к единице.

## 12.4. РЕГУЛИРОВАНИЕ ВОДНОГО РЕЖИМА

Каждой почвенно-климатической зоне присущи те или иные типы водного режима почв, которые в зависимости от особенностей возделываемых культур требуют соответствующих мероприятий по его регулированию.

В таежно-лесной почвенно-климатической зоне и в других зонах, где наблюдается избыточное увлажнение почв, используют различные агротехнические приемы, направленные на отвод избыточной влаги из верхних горизонтов почвы: грядкование и гребневание, нивелировку микро- и мезопонижений. При необходимости проводят осушение открытыми канавами, закрытым дренажем, обвалованием, кольматажем и другие мелиоративные приемы.

Избыточное увлажнение можно устранить созданием мощного, хорошо окультуренного пахотного слоя и рыхлением подпахотного горизонта, что обеспечивает повышение влагоемкости почвы и просачивание влаги в нижние слои. Эта влага в засушливые критические периоды вегетации служит дополнительным резервом для выращиваемых растений.

В таежно-лесной зоне иногда бывают засушливые годы, когда сельскохозяйственные культуры из-за недостатка продуктивной влаги резко снижают урожай. Например, в Московской области из 100 лет 29 бывают засушливыми, 23 — избыточно влажными, 48 — нормальными. Поэтому даже в этой зоне в отдельные годы целесообразно накопление и сбережение влаги атмосферных осадков.

В зонах лесостепи и степи с неустойчивым и недостаточным увлажнением почв основные задачи по регулированию водного режима сводятся к накоплению, сохранению и продуктивному использованию влаги выпадающих осадков для поддержания необходимой обеспеченности возделываемых культур. В этих зонах большое значение приобретают мероприятия, направленные на

ослабление поверхностного стока воды, снегозадержание, уменьшение физического испарения воды из почвы.

Важная роль принадлежит системе обработки почвы, чистым парам, борьбе с сорняками, лесополосам. Так, зяблевая обработка почвы, обеспечивая рыхлое строение пахотного слоя, способствует лучшему поглощению дождевых и талых вод, уменьшает поверхностный сток и снижает потери влаги на физическое испарение. Это улучшает влагообеспеченность сельскохозяйственных культур и повышает их урожай.

В засушливых районах Заволжья, Западной Сибири эффективны кулисные пары, способствующие увеличению запасов продуктивной влаги в метровом слое до 50 мм и более (Шульгин). Непроизводительные потери влаги на физическое испарение существенно уменьшаются при проведении весеннего боронования полей, а также при рыхлении поверхностных горизонтов почвы после дождей, предупреждающих образование корки. Послепосевное прикатывание почвы изменяет плотность поверхностного слоя пахотного горизонта по сравнению с остальной его массой. Разность плотностей почвы обуславливает капиллярный подток влаги из нижележащего слоя и помогает возникновению конденсации водяных паров воздуха. Применение минеральных и органических удобрений способствует более экономичному использованию влаги; водопотребление в расчете на 100 кг зерна снижается в среднем на 26 % (Листопадов, Шапошникова).

В овощеводстве для сохранения влаги широко применяют мульчирование почвы различными материалами.

В пустынно-степной и пустынных зонах основной способ регулирования водного режима — орошение. При орошении особенно важно стремиться к уменьшению непродуктивных потерь воды для предотвращения вторичного засоления. Оптимизация водно-физических свойств почв, их структурного состояния способствует улучшению влагообеспеченности растений в различных почвенно-климатических зонах.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Назовите категории (формы) воды в почве. Какова их прочность связи с твердой фазой почвы и доступность растениям? 2. Дайте понятие почвенно-гидрологических констант, перечислите основные из них. 3. Что называется продуктивной влагой? Как ее вычислить? 4. Назовите и охарактеризуйте водные свойства почвы. Какие свойства почв определяют водные свойства? 5. Дайте понятие водного режима. 6. Охарактеризуйте типы водного режима и приемы их регулирования.

### ПОЧВЕННЫЕ РАСТВОРЫ

*Почвенные растворы* — это жидкая фаза почв, которую упрощенно называют почвенной водой. Процессы почвообразования, выветривания минералов и горных пород, жизнедеятельность растений и почвенных микроорганизмов неразрывно связаны с почвенными растворами. Почвенные растворы — один из основных источников питания растений. Поэтому важно знать их концентрацию, состав и изменения в динамике.

#### 13.1. ФОРМИРОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Источниками почвенных растворов являются атмосферные осадки, вода водоносных горизонтов и конденсационная влага. В конденсационной воде содержится некоторое количество растворенных газов, в воде, поднимающейся по капиллярам от водоносных горизонтов, также катионы и анионы растворенных солей, а в атмосферной воде, кроме того, частицы пыли и ила. Дополнительным источником почвенной воды являются поливные воды с растворенными в них минеральными компонентами и взвесями механических элементов. Попадая в почву, вода изменяет свой состав, взаимодействуя с твердой, газовой и жидкой фазами почв. Устанавливается равновесное состояние состава растворов, характерное для каждого типа почв.

Концентрация, состав и свойства почвенных растворов характеризуются динамичностью, так как изменяется их сезонное взаимодействие с твердой, газовой и жидкой фазами почв, а также в связи с колебаниями влажности почв.

#### 13.2. МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Для изучения почвенных растворов их выделяют отпрессовыванием под давлением, центрифугированием (если почвы переувлажненные) и замещением (вытеснением) другой жидкостью. Использование для анализов водных вытяжек из почвы и лизиметрических вод не дает истинного представления о составе и свойствах почвенных растворов.

При приготовлении водных вытяжек происходит высокое разбавление твердой фазы между жидкой и твердой фазами. Лизиметрические же воды являются разбавленными почвенными растворами, так как образуются при просачивании талых и дождевых вод в основном через трещины и крупные поры почв в периоды их переувлажнения. Лизиметрические воды собирают в специальные

приемники. Тем не менее анализы водных вытяжек и лизиметрических вод широко используют для характеристики солевого состава почв, интенсивности выноса из почв различных элементов и соединений в грунтовые воды.

### 13.3. КОНЦЕНТРАЦИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Концентрация почвенных растворов (по сухому остатку) в незасоленных почвах разных типов колеблется от десятых долей грамма до нескольких граммов на литр, а в засоленных почвах — от десятков до сотен граммов на литр. Концентрация почвенных растворов неодинакова в разных генетических горизонтах, а также в зависимости от сезона года, при неполивном и поливном земледелии.

В почвенных растворах содержатся минеральные, органические и органо-минеральные вещества в ионной, молекулярной и коллоидной формах, а также растворенные газы — кислород, диоксид углерода и др. Важнейшими катионами почвенных растворов являются  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ , а анионами —  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ,  $\text{OH}^-$ . Для большинства почв характерен гидрокарбонатно-кальциевый состав почвенных растворов, т. е. в них преобладают ионы  $\text{HCO}_3^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$ . В засоленных почвах содержатся в повышенных количествах  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ , в болотных почвах —  $\text{Fe}^{2+}$ , а в растворах сильноокислых почв —  $\text{Fe}^{3+}$  и  $\text{Al}^{3+}$ . Железо, алюминий и многие микроэлементы находятся в почвенных растворах в основном в виде устойчивых комплексов с органическими веществами.

В почвенных растворах всегда содержатся водорастворимые органические вещества различной природы (продукты разложения отмерших растительных и животных организмов, продукты их жизнедеятельности, гумусовые вещества и др.); в гидроморфных, полугидроморфных и солонцовых почвах их количество больше. Коллоидно-растворимые формы веществ представлены в почвенных растворах органическими, органо-минеральными и минеральными соединениями. Для минеральных коллоидных форм характерны золи кремниевых кислот, а также гидроксидов железа и алюминия. В таблице 34 в качестве примера приведен средний состав некоторых компонентов почвенных растворов дерново-подзолистых и дерново-карбонатной почв Среднего Предуралья.

Из таблицы 34 видно, что разные типы почв и их генетические горизонты, а также целинные и пахотные почвы одного и того же типа имеют большие различия по составу почвенных растворов.

34. Химический состав почвенных растворов (средние значения показателей\* за май—октябрь 1965—1966 гг.)  
(Дзюин, Ковриго, 1974)

Показатель*	Дерново-среднеподзолистая среднесуглинистая почва										Дерново-карбонатная слабовыщелоченная легкоглинистая почва			
	Лес					Чистый пар					Чистый пар			
	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>2</sub>	B <sub>2</sub>	A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>
pH	7,0	6,8	6,8	6,9	6,9	6,5	6,6	6,6	6,6	6,6	6,9	7,0	7,0	7,4
H <sup>+</sup>	0,41	0,46	0,33	0,26	0,26	0,36	0,26	0,26	0,10	0,10	0,14	0,18	0,18	0,09
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	257,8	74,5	51,7	60,7	60,7	51,4	48,2	48,2	57,3	57,3	76,5	83,4	83,4	184,1
Ca <sup>2+</sup>	110,0	60,4	39,1	45,1	45,1	150,5	107,8	107,8	98,0	98,0	79,3	71,4	71,4	97,9
Mg <sup>2+</sup>	39,3	26,1	15,5	14,8	14,8	37,9	34,9	34,9	30,7	30,7	35,9	38,2	38,2	29,6
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	16,5	6,4	8,4	7,9	7,9	5,0	7,3	7,3	10,2	10,2	6,0	7,5	7,5	5,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	61,4	20,2	20,2	15,3	15,3	35,9	9,3	9,3	2,1
K <sub>2</sub> O	64,0	35,5	44,3	34,3	34,3	40,0	56,8	56,8	29,1	29,1	32,0	39,6	39,6	46,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,20	0,27	0,45	0,54	0,54	0,10	0,31	0,31	0,45	0,45	0,30	0,40	0,40	0,25
Сухой остаток	990	604	564	795	795	1259	1420	1420	1129	1129	823	524	524	794

\* Все показатели, кроме pH, приведены в мг/л.

Преобладающими в этих почвах были ионы кальция, магния, калия и гидрокарбонатные, а в пахотных почвах, кроме того, нитратные ионы. У более плодородных дерново-карбонатных почв общая концентрация почвенных растворов ниже, чем у пахотных дерново-подзолистых почв, также ниже общая титровальная кислотность, содержание  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{K}^+$ , хотя обменных кальция и калия больше. В этом важную роль играют более высокая катионная емкость поглощения дерново-карбонатных почв, насыщенность ППК кальцием и низкая потенциальная кислотность.

Обращает на себя внимание реакция почвенных растворов кислых дерново-подзолистых почв. Она близка к нейтральной вследствие вытеснения водородными ионами почвенных растворов обменно-поглощенных катионов оснований при развитии потенциальной кислотности. Катионы же оснований, переходя в почвенный раствор, снижают его кислотность. Следовательно, чем выше катионная емкость поглощения и степень насыщенности почв основаниями, тем благоприятнее для растений реакция почвенного раствора. Это важно в физиологическом отношении, так как именно при реакции, близкой к нейтральной, у большинства сельскохозяйственных культур происходит нормальное усвоение корнями элементов питания (Сабинин, 1955; Журбицкий, 1963).

Величина окислительно-восстановительного потенциала почвенных растворов пониженная ( $\text{гН}_2$  большей частью 25—29 ед.) по сравнению с  $\text{гН}_2$  почв в целом, как трехфазных систем (Ковриго, 1982). Это также имеет важное физиологическое значение в жизнедеятельности растений, так как величины окислительно-восстановительного потенциала их клеточного сока тоже пониженные (Сердобольский, 1960).

Из таблицы 34 видно, что в целинной дерново-подзолистой почве в отличие от пахотной меньше магния, калия и особенно кальция, ниже общая концентрация растворов генетических горизонтов (исключая лесную подстилку  $\text{A}_0$ ). Это связано как с более низкой их биологической активностью, так и с постоянным удалением продуктов выветривания и почвообразования из почвенного слоя в результате промывного типа водного режима.

В лесных почвах процесс нитрификации подавлен, анион  $\text{NO}_3^-$  в минимальных количествах встречается только в растворах лесной подстилки. При освоении целинных дерново-подзолистых почв под пашню в них изменились направление и активность биологических процессов, активизировались процессы нитрификации, в почвенных растворах в довольно больших количествах стал содержаться нитратный азот. Возросло количество кальция, магния и калия, так как уменьшился вынос этих элементов в связи с изменением водного режима почв.

#### 13.4. ВЛИЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СОСТАВ ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Многие изменения состава почвенных растворов под сельскохозяйственными культурами связаны с их питанием. Особенно заметные сдвиги происходят в растворах в июле — августе. В это время в растворах повышается содержание элементов питания растений и усиливается поглотительная функция корней. Это происходит потому, что в июле — августе нитрификационные процессы в почвах достигают наивысшего уровня, повышается фосфатная активность почв и концентрация диоксида углерода в почвенном воздухе. В результате этого в почвенных растворах становится больше нитратного азота, фосфора и аммонийного азота. Наряду с этим к середине лета в почвах накапливаются кислотные продукты, следствием чего является возрастание кислотности почвенных растворов, сопровождаемое вытеснением иона кальция из ППК в раствор, и повышение обменной кислотности.

В последующий период благодаря регуляторной роли растений количество иона кальция в почвенных растворах уменьшается, а иона калия увеличивается, поэтому соотношение  $K^+ : Ca^{2+}$  расширяется (Ковриго, 1979). От этого соотношения зависит поступление в корни питательных веществ: чем оно шире в растворах и уже в растениях, тем сильнее проявляется поглотительная функция корней и наоборот (Гунар с сотр., 1969; 1970; Петров-Спиридонов, 1970).

Изменение соотношения  $K^+$  и  $Ca^{2+}$  в почвенных растворах наблюдается и в течение суток. К вечеру и в ночные часы оно более широкое, что приводит к более активному поступлению в это время в растения питательных элементов из почвенных растворов.

Для жизнедеятельности растений большое значение имеет также осмотическое давление почвенных растворов, которое зависит от их концентрации и степени диссоциации растворенных веществ. Сосушая сила корней большинства сельскохозяйственных культур не превышает 100—120 МПа. Если осмотическое давление клеточного сока растений равно или ниже осмотического давления почвенных растворов, то поступление воды и питательных веществ в растения прекращается и они погибают.

Разные типы почв отличаются по осмотическому давлению почвенных растворов, так как концентрация этих растворов неодинаковая. Растворы незасоленных почв имеют осмотическое давление обычно около 10 МПа, но оно может повышаться от избыточных доз минеральных удобрений и снижения влажности почв в засушливые периоды года, что отрицательно сказывается на развитии растений, урожае и его качестве.

Осмотическое давление почвенных растворов при уменьшении влажности почв от наименьшей влагоемкости до влажности завядания возрастает в 5—6 раз. Наиболее высокое осмотическое дав-

ление наблюдается у засоленных почв (более 150 МПа), которое выдерживают только определенные сельскохозяйственные культуры и растения-галофиты.

### 13.5. РЕГУЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

В земледельческой практике нет специальных агроприемов по регулированию состава и свойств почвенных растворов, но по существу их постоянно проводят. К таким мероприятиям относятся:

внесение минеральных удобрений; оно направлено на создание в почвенных растворах оптимальных количеств элементов-биофилов;

внесение в почву адсорбентов (бентонитовых глин, цеолитов и др.), регулирующих катионную и анионную емкости поглощения, а следовательно, ионное равновесие между почвенным раствором и твердой фазой почв;

регулирование концентрации диоксида углерода в почвенном воздухе применением органических удобрений или непосредственным его внесением до концентрации в почвенном воздухе не выше двух объемных процентов; это улучшает ионный состав почвенных растворов как среды для питания растений;

регулирование влажности почв, ее водного режима обработками, орошением, осушением, мульчированием и т. д.;

известкование кислых почв и гипсование щелочных;

внесение бактериальных препаратов (азотобактерин, ризоторфин и др.);

промывка засоленных почв и другие мероприятия.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Что такое почвенные растворы, каково их значение? За счет чего и как они формируются? 2. Охарактеризуйте почвенные растворы по концентрации и ионному составу. Почему эти показатели динамичны? 3. Какими свойствами обладают почвенные растворы? Расскажите о показателях почвенных растворов, имеющих физиологическое значение для растений. 4. Какие имеются отличия в концентрации, составе и свойствах растворов разных типов почв, а также одного и того же типа на целине и пашне? 5. Как влияют сельскохозяйственные культуры на состав почвенных растворов? 6. Как регулировать концентрацию, состав и свойства почвенных растворов в земледельческой практике?

## Глава 14

### ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА И ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

В почвах — пористых системах — в том или ином количестве присутствует почвенный воздух (газовая среда). Это важнейшая, наиболее динамичная составная часть почвы находится в тесном

взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы. Почвенный воздух является источником кислорода для дыхания корней растений, аэробных микроорганизмов и почвенной фауны.

*Почвенный воздух* — это смесь газов и летучих органических соединений, заполняющих поры почвы, свободные от воды.

Кислород почвенного воздуха активно участвует в химических реакциях минеральных и органических веществ.

Одни химические элементы, окисляясь, переходят в труднорастворимые формы (железо, марганец), другие приобретают большую растворимость (сера, хром, ванадий), замедляя или ускоряя миграцию химических элементов. Окисление органического вещества почвы обуславливает круговорот углерода, азота, фосфора, серы и других биологически важных химических элементов.

Почвенный воздух является источником диоксида углерода для растений, используемым в фотосинтезе. От всего количества  $\text{CO}_2$ , идущего на создание урожая, от 38 до 72 % поступает растению из почвы.

Почвенный воздух находится в почве в трех состояниях: свободном, адсорбированном и растворимом.

*Свободный* почвенный воздух, находясь в крупных некапиллярных и капиллярных порах почвы, свободно перемещается в ней, обеспечивает аэрацию почв и газообмен между почвой и атмосферой.

*Защемленный* почвенный воздух — воздух, находящийся в порах, со всех сторон изолированный водными пробками. В глинистых почвах содержание защемленного воздуха может достигать 12 % и более, в среднем же 6—8 % общего объема почвы. Защемленный воздух неподвижен, практически не участвует в газообмене, препятствует фильтрации воды в почве. Вырываясь из пор при защемлении водой, защемленный воздух может вызвать разрушение почвенной структуры.

*Адсорбированный* почвенный воздух — газы и летучие органические соединения, адсорбированные на поверхности почвенных частиц. Чем более дисперсна почва, тем больше содержит она адсорбированных газов при данной температуре. Адсорбция газов сильнее проявляется в почвах тяжелого гранулометрического состава, богатых органическим веществом. Газы в зависимости от их свойств адсорбируются в такой последовательности:  $\text{N}_2 < \text{O}_2 < \text{CO}_2 < \text{NH}_3$ . Более активно, чем газы, частицы почвы поглощают пары воды.

*Растворенный* почвенный воздух — газы, растворенные в почвенной воде. Растворимость газов в почвенной воде возрастает с повышением их концентрации в свободном почвенном воздухе, а также с понижением температуры почвы. Наиболее хорошо растворяются в воде аммиак, сероводород, диоксид углерода.

Количество растворенных газов подчиняется закону фазового

равновесия Генри:

$$C = \frac{\lambda P}{10,2},$$

где  $C$  — массовая концентрация газа, растворенного в воде, мг/л;  $P$  — парциальное давление газа в почвенном воздухе, МПа;  $\lambda$  — коэффициент растворимости газа в воде, мг/л.

В почве в условиях изменяющихся концентраций газов, температур, давлений, влажности постоянно протекают процессы сорбции — десорбции, растворения — дегазации. Находясь в состоянии подвижного равновесия, система почвенного воздуха связана с изменчивостью термодинамических условий и биологической активности.

Потребность в кислороде корней растений удовлетворяется преимущественно за счет свободного почвенного воздуха, участвующего постоянно в газообмене между почвой и атмосферой.

#### 14.1. СОСТАВ СВОБОДНОГО ПОЧВЕННОГО ВОЗДУХА

Первые сведения о составе почвенного воздуха были получены Ж. Буссенго в 1824 г. В первой половине XX в. знания о почвенном воздухе пополнились работами А. Г. Дояренко, Б. Кина, Э. Расселя и др.

Состав свободного почвенного воздуха отличается от атмосферного (табл. 35).

##### 35. Состав атмосферного и почвенного воздуха (в объемных %)

Химический компонент	Атмосферный воздух	Почвенный воздух
Азот ( $N_2$ )	78,08	78,08—80,24*
Кислород ( $O_2$ )	20,95	20,9—0,01
Аргон (Ar)	0,93	—
Диоксид углерода ( $CO_2$ )	0,03	0,03—20,0
Все остальные (пары $H_2O$ , $CH_4$ и др.)	0,01	—

\* Азот и аргон.

Атмосферный воздух имеет относительно постоянный состав, чего нельзя сказать о почвенном воздухе. В почвенном воздухе меньше содержится кислорода, больше  $CO_2$ . Изменяется и содержание азота в зависимости от протекания микробиологических процессов. В болотных и заболоченных почвах почвенный воздух может содержать заметные количества  $NH_3$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ ,  $H_2S$ .

В составе почвенного воздуха постоянно присутствуют летучие органические соединения (Холодный, 1953), образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов. Среди этих соединений могут быть углеводороды, спирты, сложные альдегиды. Эти

вещества могут поглощаться корнями, способствуя росту растений и повышению их жизнедеятельности.

В почвенном воздухе присутствуют также газообразные продукты распада радиоактивных элементов — эманации.

Из всех газов почвенного воздуха наиболее динамичны кислород и диоксид углерода. Различную концентрацию кислорода и диоксида углерода в почвенном воздухе определяют, с одной стороны, интенсивностью потребления кислорода и продуцированием  $\text{CO}_2$ , а с другой — скоростью газообмена между почвенным и атмосферным воздухом. Выделение  $\text{CO}_2$  из почвы в приземный слой атмосферы принято называть *дыханием почвы*. В условиях хорошей аэрации кислорода поглощается почвой больше, чем выделяется углекислоты.

Отношение содержания диоксида углерода в почвенном воздухе к содержанию кислорода ( $\frac{\text{CO}_2}{\text{O}_2}$ ) называется *коэффициентом дыхания*.

Для почв с плохим газообменом это отношение больше единицы. В таких почвах идут анаэробные процессы. Часть  $\text{CO}_2$  может связываться химически с образованием гидрокарбонатов. Этот процесс получил название *ретенции*  $\text{CO}_2$ . Ретенция зависит от pH: при  $\text{pH} < 5$  она не происходит. В щелочном интервале ретенция протекает очень интенсивно. Поэтому для почв засоленного ряда коэффициенты дыхания невысокие (0,16—0,35).

Диоксид углерода образуется в почве главным образом за счет биологических процессов. Частично  $\text{CO}_2$  может поступать в почвенный воздух из грунтовых вод и в результате десорбции из твердой и жидкой фаз почвы. Некоторое количество  $\text{CO}_2$  может образоваться вследствие превращения бикарбонатов в карбонаты при испарении почвенных растворов:  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ , в результате воздействия кислот на карбонаты почв, а также вследствие химического окисления органического вещества.

## 14.2. ВОЗДУШНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Наиболее важными воздушными свойствами почв являются воздухоемкость, воздухопроницаемость, аэрация.

Максимальное количество воздуха, которое может быть в почве, выраженное в объемных процентах, называют *общей воздухоемкостью почв* ( $P_{\text{о. в}}$ ). Ее можно определить по формуле

$$P_{\text{о. в}} = P_{\text{общ}} - P_{\text{г}},$$

где  $P_{\text{общ}}$  — общая порозность почвы, %;  $P_{\text{г}}$  — гигроскопическая влажность (в объемных процентах).

Воздухоемкость почв зависит от их гранулометрического состава, сложения, степени оструктуренности.

Различают также капиллярную и некапиллярную воздухоемкость. *Капиллярная воздухоемкость* характеризует количество почвенного воздуха, размещенного в капиллярных порах. Наибольшей капиллярной воздухоемкостью отличаются тяжелые по гранулометрическому составу бесструктурные плотные почвы.

Для обеспечения нормальной аэрации почв наибольшее значение имеет *некапиллярная воздухоемкость*, или порозность аэрации, — воздухоемкость межагрегатных пор, трещин, ходов червей, корней. Она связана со свободным почвенным воздухом. Некапиллярная воздухоемкость при наименьшей влагоемкости имеет особое значение для аэрации. Если воздухоемкость при наименьшей влагоемкости составляет менее 15 %, то аэрация почв недостаточная, чтобы обеспечить благоприятный состав почвенного воздуха. Оптимальные условия для газообмена создаются при содержании воздуха в минеральных почвах 20—25 %, в торфяных — 30—40 %.

Способность почвы пропускать через себя воздух называют *воздухопроницаемостью*. Это свойство определяет скорость газообмена между почвой и атмосферой. Она зависит от гранулометрического состава почвы, ее структурного состояния, строения порового пространства. В естественных условиях воздухопроницаемость изменяется в широких пределах — от 0 до 1 л/с и выше.

Процессы обмена почвенного воздуха с атмосферным называют *аэрацией* или *газообменом*. Газообмен осуществляется через систему воздухоносных пор почвы, сообщающихся между собой и с атмосферой. Газообмен обусловлен несколькими факторами: диффузией, изменением температуры почвы и барометрического давления, изменением количества влаги в почве под давлением осадков, орошением, испарением, влиянием ветра, изменением уровня грунтовых вод или верховодки.

Поступление в почву влаги с осадками или при орошении вызывает сжатие почвенного воздуха, его выталкивание наружу и засасывание атмосферного воздуха.

Изменение температуры почвы и атмосферного давления, ветра и уровня грунтовых вод также вызывает объемные изменения воздуха в почве и, как следствие, влияет на газообмен.

Однако ведущим фактором газообмена в почве является диффузия. Это основной механизм массопереноса газов в почве и газообмена между почвой и атмосферой. Под *диффузией* понимают перемещение газов в соответствии с их парциальным давлением. Под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления  $O_2$  в почву и выделения  $CO_2$  в атмосферу.

Коэффициент диффузии равен объему газа ( $v$  см<sup>3</sup>), проходящего в секунду через 1 см<sup>2</sup> поверхности при мощности слоя 1 см и градиенте концентрации, равном единице.

Коэффициенты диффузии газов в почве ( $D$ ) и в атмосфере ( $D_0$ ) различны. Через почву диффузия газов протекает в 2—20 раз мед-

леннее, чем в атмосфере. Отношение коэффициента диффузии в почве к коэффициенту диффузии в атмосфере ( $\frac{D}{D_0}$ ) меньше единицы.

### 14.3. ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ И ЕГО РЕГУЛИРОВАНИЕ

*Воздушный режим почвы* — это совокупность всех явлений поступления воздуха в почву, его передвижения в ней и расхода, а также явлений обмена газами между почвенным воздухом, твердой и жидкой фазами, потребления и выделения отдельных газов живым населением почвы.

Воздушный режим почв подвержен суточной, сезонной, годовой и многолетней изменчивости и находится в прямой зависимости от различных свойств почв, погодных условий, характера растительности, агротехники.

Для нормального произрастания растений необходимо оптимизировать воздушный режим почвы. Улучшение воздушного режима почв особенно важно там, где распространены почвы с временным избыточным увлажнением и при сельскохозяйственном использовании болотных почв.

В почвах легкого гранулометрического состава, а также в суглинистых и глинистых, но обладающих агрономически ценной структурой в верхних горизонтах содержание воздуха поддерживается на высоком уровне (20—25 % объема почвы). В бесструктурных почвах тяжелого гранулометрического состава содержание почвенного воздуха зависит от состояния и увлажнения почвы. При относительной влажности, равной НВ, содержание воздуха в таких почвах может достигать критической величины (менее 15 % объема почвы).

На бесструктурных почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава нередко образуется почвенная корка. Обладая высокой плотностью и низкой пористостью, почвенная корка уже при влажности 17 % (22 % объема почвы) препятствует нормальной аэрации.

Поскольку оптимальный воздушный режим в основном зависит от состояния увлажнения почвы, то приемы регулирования водного и других режимов являются и приемами регулирования воздушного режима.

Такие приемы, как окультуривание почв, регулирование их реакции, применение органических и минеральных удобрений, орошение или осушение почв, активизируют биологические процессы в почвах, повышают интенсивность дыхания в них при наличии доступной влаги. Важными приемами регулирования воздушного режима, особенно на малогумусных почвах тяжелого гранулометрического состава, также являются создание глубокого пахотного

слоя, рыхление подпахотного, ликвидация почвенной корки. Для минеральных почв большое значение в создании оптимального воздушного режима имеет улучшение их гумусного состояния и структуры.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте понятие почвенного воздуха, назовите его главный состав, отличие от атмосферного воздуха. 2. В чем значение почвенного воздуха в жизни почвы и продуктивности растений? 3. Что такое газообмен и какие факторы его определяют? 4. Перечислите и охарактеризуйте воздушные свойства почвы. 5. Дайте понятие воздушного режима и охарактеризуйте приемы его оптимизации.

## **Глава 15**

### **ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА И ТЕПЛОВЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ**

Тепло — необходимый фактор жизни и роста растения. С ним связаны важнейшие биологические и абиотические процессы, протекающие в почве и определяющие развитие почвообразования и плодородия: интенсивность химических реакций, процессы физического выветривания, деятельность микроорганизмов и почвенной фауны, прорастание семян и рост растений, процессы обмена веществом и энергией.

Знание закономерностей формирования теплового режима почв необходимо для его направленного регулирования с целью создания наиболее благоприятных условий для продуктивности возделываемых растений.

#### **15.1. ИСТОЧНИКИ ТЕПЛА В ПОЧВЕ**

Главным источником тепла, поступающего в почву, является лучистая энергия Солнца (солнечная радиация). Небольшое количество тепла почва получает из глубинных слоев Земли и за счет химических, биологических и радиоактивных процессов, протекающих в верхних слоях литосферы. Тепло, образующееся при разложении органических веществ (навоза, растительных остатков и др.), широко используют в овощеводстве закрытого грунта.

Часть поступающей к поверхности почвы лучистой солнечной энергии поглощается почвой и, преобразуясь в тепло, нагревает почву; часть отражается поверхностью почвы и напочвенным покровом. Почва отдает тепло в атмосферу, если температура ее поверхности выше, чем температура приземного слоя воздуха.

В зависимости от соотношения количества поглощенной поверхностью почвы лучистой энергии и излучения почвой тепла в атмосферу почвенная поверхность будет или нагреваться, или ох-

лаждаться. Наряду с поглощением тепла почвенной поверхностью идут процессы перемещения тепла от слоев более нагретых к слоям с более низкой температурой. Это сказывается на тепловом состоянии различных слоев почвы. Чем больше разность температур поверхности почвы и ее глубоких слоев, тем больше тепла уходит из почвы или поступает в нее.

## 15.2. ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВЫ

Приток лучистой солнечной энергии к поверхности почвы зависит от широты и рельефа местности, состояния поверхности почвы (покрытие растительностью), а также времени года и суток и состояния атмосферы (ясно, пасмурно и пр.). В Северном полушарии суммарный приток солнечной радиации увеличивается при движении с севера на юг. Наибольший приток солнечной радиации получают южные склоны, наименьший — северные.

Наряду с условиями, определяющими приток солнечной энергии, важное значение в формировании теплового режима почвы (поглощение тепла, нагревание и охлаждение) имеют тепловые свойства почвы. К тепловым свойствам почвы относятся теплопоглощительная способность, теплоемкость и теплопроводность.

*Теплопоглощительная способность* — способность почвы поглощать лучистую энергию Солнца. Она характеризуется величиной альбедо (*A*). *Альбедо* — количество коротковолновой солнечной радиации, отраженной поверхностью почвы и выраженное в % общей величины солнечной радиации, достигающей поверхности почвы. Чем меньше альбедо, тем больше поглощает почва солнечной радиации. Оно зависит от цвета, влажности, структурного состояния, выравнивания поверхности почвы и растительного покрова.

Приведем альбедо (%) различных почв, пород и растительных покровов (Чудновский, 1959): чернозем сухой — 14, чернозем влажный — 8, серозем сухой — 25—30, серозем влажный — 10—12, глина сухая — 23, глина влажная — 16, песок белый и желтый — 30—40, пшеница яровая — 10—25, пшеница озимая — 16—23, травы зеленые — 26, травы высохшие — 19, хлопчатник — 20—22, рис — 12, картофель — 19.

Темно-каштановая почва (черноземы и др.) поглощает больше солнечной радиации, чем светло-каштановые (подзолистые, сероземы и др.); влажная — больше, чем сухая.

*Теплоемкость* — свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством тепла в джоулях (калориях), необходимого для нагревания единицы массы (1 г) на 1 °C — весовая (или удельная) теплоемкость или объемная — в 1 м<sup>3</sup> на 1 °C; зависит от минералогического, гранулометрического составов, содержания органического вещества, влажности, пористости почвы и содержания

воздуха. Теплоемкость воды равна 1,000 кал, торфа — 0,477, глины — 0,233 и песка — 0,196 кал.

Из этих данных видно, что вода — наиболее теплоемкий компонент почвы по сравнению с минеральными и органическими ее частями. Поэтому для повышения температуры влажной почвы требуется больше тепла, чем для сухой. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются, чем сухие. Глинистые почвы как более теплоемкие во влажном состоянии нагреваются весной медленнее по сравнению с песчаными. Осенью при большем увлажнении они медленнее охлаждаются и становятся теплее песчаных. В связи с этим, изменяя влажность и пористость почвы поливами и обработкой, можно в определенных пределах регулировать температуру почвы.

*Теплопроводность* — способность почвы проводить тепло. От нее зависит скорость передачи тепла от одного слоя к другому, а следовательно, и способность почвы быстрее или медленнее нагреваться или охлаждаться в определенной толще ее профиля. Она измеряется количеством тепла в джоулях (калориях), которое проходит за 1 с через 1 см<sup>2</sup> слоя почвы толщиной в 1 см. Отдельные составные части почвы имеют разную теплопроводность. Минимальной теплопроводностью обладает воздух (0,00006 кал), затем торф (0,00027 кал) и вода (0,00136 кал). Теплопроводность минеральной части почвы в среднем в 100 раз выше, чем воздуха, и в 28 раз, чем воды.

Поскольку в почве наряду с ее твердой (органической и минеральной) фазой в порах присутствуют воздух и вода, то теплопроводность сильно зависит от влажности почвы и содержания в ее порах воздуха. Поэтому чем влажнее почва, тем выше ее теплопроводность, а чем рыхлее, тем ниже.

### 15.3. ТЕПЛОВЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

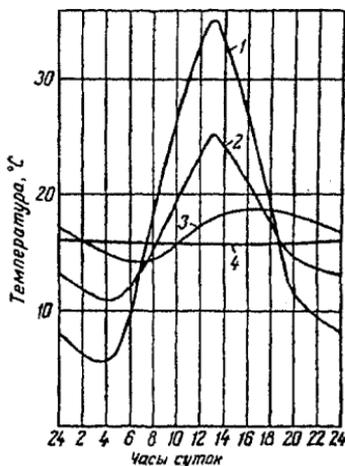
Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называют *тепловым режимом почвы*. Основным показателем теплового режима почвы, который характеризует ее тепловое состояние, является температура генетических горизонтов почвенного профиля.

Поскольку приток лучистой солнечной энергии связан с его суточными и годовыми ритмами, то и для температуры почвы характерны суточные и годовые закономерности ее изменения (рис. 6 и 7).

**Суточный ход температуры.** Днем поверхность почвы нагревается и максимальная ее температура наблюдается около 13 ч. Затем происходит постепенное охлаждение почвенной поверхности, и минимум ее температуры отмечается перед восходом солнца. По мере нагревания поверхности почвы происходит передача тепла и в более глубокие слои. При этом наиболее быстро изменяется тем-

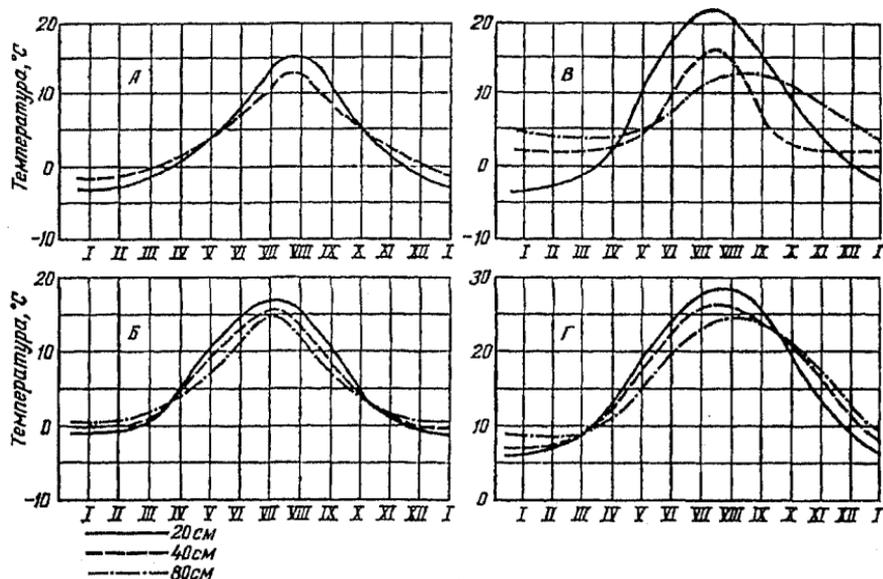
**Рис. 6. Колебания температуры почвы на разных глубинах в течение суток (13 августа) (по Хомену):**

1 — на поверхности почвы; 2 — на глубине 2 см; 3 — на глубине 10 см; 4 — на глубине 40 см



пература на поверхности почвы. С глубиной скорость этих изменений заметно уменьшается в связи со слабой теплопроводностью почвы. Поэтому максимум и минимум суточных температур на разных глубинах профиля почвы наступают в разное время, в среднем отмечено запаздывание на 2—3 ч на каждые 10 см глубины профиля.

Наибольшие суточные колебания температуры происходят на поверхности почвы, а с глубины 3—5 см они уже резко уменьшаются. На глубине 30—100 см суточные колебания температуры затухают. На фоне общих закономерностей каждому типу почвы свойствен свой суточный ход температуры,



**Рис. 7. Годовой ход температуры почвы на разных глубинах (по Шульгину):**

А — подзолистая (с. Усть-Цильма); Б — дерново-подзолистая (Москва); В — чернозем (Каменная степь, Воронежская область); Г — бурая горно-лесная (Сочи)

поскольку ее профильная суточная динамика зависит от свойств почвы (гранулометрического состава, плотности, окраски, влажности и др.), состояния атмосферы, растительного и снежного покровов.

**Годовой ход температуры.** Годовой ход температуры имеет два периода: летний — *период нагревания* почвы с потоком тепла от верхних горизонтов к нижним и зимний — *период охлаждения* почвы с потоком тепла от нижних слоев профиля к верхним. Амплитуды колебаний температуры почвы между этими периодами определяются условиями атмосферного климата и свойствами почв. В умеренных широтах максимум среднесуточной температуры почвы наблюдается обычно в июле — августе, а минимум — в январе — феврале. Летом самая высокая температура отмечается в верхних горизонтах, с глубиной она снижается. Зимой нижние слои профиля имеют более высокие температуры.

На годовые изменения температуры почвы большое влияние оказывает растительность, предохраняя поверхность почвы от резких колебаний температуры.

В регионах со снежными и холодными зимами сильное влияние на температурный режим оказывают промерзание, оттаивание почвы, мощность и продолжительность снежного покрова.

Почва начинает промерзать при температуре несколько ниже 0 °С, поскольку в почвенном растворе содержатся растворимые вещества, понижающие температуру замерзания. На замерзание почвы влияют снежный и растительный покровы, рельеф местности, свойства почвы, ее влажность, а также хозяйственная деятельность человека.

*Снежный покров* предохраняет почву от промерзания: чем он меньше, рыхлее и длительнее сохраняется, тем больше утепляет почву и снижает глубину ее промерзания. Сохранение и накопление снега имеет большое значение в предохранении от вымерзания посевов озимых, многолетних трав и посадок плодово-ягодных культур.

*Растительный покров*, задерживая и накапливая снег, ослабляет промерзание почвы.

*Рельеф* влияет на накопление снега и увлажнение почвы. Поэтому наибольшую глубину промерзания почвы наблюдают на выпуклых формах рельефа и наветренных склонах, где сдувается снег. Накопление снега в понижениях (лощинах, западинах) способствует меньшему промерзанию почвы. Глубже промерзают склоны северной экспозиции, а на меньшую глубину — южной. Чем влажнее почва, тем меньше она промерзает. При промерзании почвы идет подток парообразной и жидкой влаги к фронту промерзания. Замерзание почвы начинается до или после установления снежного покрова и продолжается до января — февраля. Затем она начинает постепенно оттаивать снизу за счет передачи тепла от нижних незамерзших слоев.

*Влияние деятельности человека* на промерзание почвы связано с применением растительного покрова (вырубка или посадка древесно-кустарниковой растительности, сохранение травянистой растительности и т. д.), что сказывается на накоплении снега или существенном изменении увлажнения (орошение, осушение).

*Оттаивание* почв происходит двумя способами. В первом оттаивание идет снизу и заканчивается до схода снега. При этом мерзлая прослойка исчезнет у поверхности почвы; талая вода в этом случае лучше проникает в почву. Во втором оттаивание начинается снизу, а затем одновременно и сверху, и снизу. В этот период мерзлая прослойка почвы сохраняется на некоторой глубине, что приводит к значительной потере воды и смыву почвы за счет поверхностного стока.

Для оценки теплообеспеченности почв как важной обобщающей характеристики их температурного режима используют сумму активных температур ( $>10^{\circ}\text{C}$ ) в почве на глубине 20 см. Здесь расположена главная масса корней многих растений. Рост корневых систем растений активно происходит при температуре почвы выше  $10^{\circ}\text{C}$ .

<i>Сумма активных температур почвы на глубине 0,2 м, °С</i>	<i>Теплообеспеченность почв</i>
0—400	Низкая
400—800	Весьма слабая
800—1200	Слабая
1200—1600	Ниже средней
1600—2100	Средняя
2100—2700	Выше средней
2700—3400	Хорошая
3400—4400	Весьма хорошая
4400—5600	Высокая
5600—7200	Весьма высокая

Теплообеспеченность почв основных зон страны снижается с запада на восток. В сельскохозяйственных районах таежно-лесной зоны она колеблется от нижесредней (Западная и Средняя Сибирь) до вышесредней (Приморье), в лесостепной — от нижесредней до хорошей, в степной — от средней (Восточная Сибирь) до весьма хорошей (Предкавказье), в зоне сухой степи — от хорошей до весьма хорошей. Наилучшая теплообеспеченность у почв сухих и влажных субтропиков.

Для оценки температурного состояния почв и возможности выращивания культур, различных по требовательности к теплу, важное значение имеют также показатели суровости зимних почвенных условий. Такими показателями являются сумма отрицательных температур на глубине 20 см и средний из абсолютных минимумов температур на поверхности почвы. По этим показателям выделяют почвы: теплые, умеренно теплые, умеренные, умеренно холодные, холодные, мерзлотные и длительно сезоннопромерза-

ющие. Учет показателей теплообеспеченности и суровости зимних почвенных условий необходим при районировании сортов сельскохозяйственных культур, разработке агротехнических и мелиоративных мероприятий.

#### 15.4. ТИПЫ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЧВ

В зависимости от среднегодовой температуры и длительности промерзания почвы выделяют 4 типа температурного режима почв (по В. Н. Димо): мерзлотный, длительно сезоннопромерзающий, сезоннопромерзающий и непромерзающий.

*Мерзлотный* тип температурного режима характерен для местностей, где среднегодовая температура профиля почвы имеет отрицательный показатель (ряд провинций полярной и Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной областей). В таких почвах преобладает процесс охлаждения, сопровождающийся промерзанием почвенной влаги до верхней границы многолетнемерзлых пород.

*Длительно сезоннопромерзающий* тип температурного режима проявляется на территориях, где преобладает положительная среднегодовая температура почвенного профиля. Глубина проникновения отрицательных температур не менее 1 м, но смыкание сезоннопромерзающей толщи с многолетнемерзлыми породами не наблюдается. Длительность промерзания не менее 5 мес.

*Сезоннопромерзающий* тип температурного режима отличается положительной среднегодовой температурой почвенного профиля. Промерзание профиля длится менее 5 мес. Подстилающие породы немерзлые. Длительно сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима свойственны большей части территории России.

*Непромерзающий* тип температурного режима имеют территории, где промерзание профиля почв и морозность не проявляются. К ним относятся теплая южноевропейская фация и зоны субтропического пояса.

#### 15.5. РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА

В сельскохозяйственной практике регулирование теплового режима имеет важное значение для обеспечения оптимальных условий роста растений.

Улучшение теплового режима почв основывается на осуществлении приемов, регулирующих приток тепла солнечной радиации и ослабляющих или повышающих его потери за счет теплоотдачи в атмосферу.

В северных районах с повышенным увлажнением почв и меньшим притоком солнечной радиации эти мероприятия преследуют

повышение температуры почвы в летний период, в южных засушливых — понижение ее температуры.

К приемам, регулирующим приток солнечного тепла к поверхности почвы, относят затенение почвы растительностью, мульчой, некоторые способы обработки почвы (рыхление и прикатывание поверхности почвы), гребневые и грядовые посевы.

*Растительный покров*, затеняя поверхность почвы, ослабляет приток к ней солнечного тепла и способствует понижению температуры почвы. Поэтому в жарких районах некоторые культуры (табак, кофе) возделывают под пологом древесных пород. Для этих целей применяют также создание кулис из высокостебельных растений и устройство легких навесов. Лесные полосы в летнее время понижают температуру почвы не только в самой полосе, но и в межполосном пространстве, что способствует большей устойчивости посевов против суховеев.

*Мульчирование поверхности почвы* торфом, соломой, мульчбумагой и другими материалами широко применяют для регулирования температуры почвы, особенно в овощеводстве. Применение светлоокрашенной мульчи увеличивает альбедо и ослабляет нагревание, и, наоборот, темные материалы (черная мульчбумага, темная торфяная крошка) способствуют большему притоку тепла. Любое мульчирующее покрытие заметно снижает испарение, а следовательно, расход влаги и тепла. При мульчировании суточные колебания температуры почвы сглаживаются.

*Обработка почвы и рыхление поверхностного слоя* способствуют более быстрому обмену тепла в почве. Шероховатая поверхность обработанной почвы днем больше поглощает солнечной энергии, а ночью больше излучает тепла по сравнению с плотной поверхностью.

Рыхление почвы уменьшает ее теплопроводность и увеличивает лучеиспускательную способность. Поэтому такой прием снижает температуру почвы днем и способствует сохранению тепла в ночные часы.

В Нечерноземной зоне в овощеводстве для более быстрого прогревания верхнего слоя почвы применяют гребневые и грядовые посевы.

*Полив* — эффективный прием регулирования температуры почвы. При этом температура ее поверхностных слоев заметно снижается. *Осушение* болотных торфяных почв заметно ухудшает их прогревание в весенне-летний период, так как при улучшении аэрации теплопроводность снижается.

Эффективными приемами регулирования теплового режима почв в холодное время являются *снежные мелиорации*. Снегозадержание одновременно и важный прием накопления влаги в почве. Его широко применяют в засушливых и континентальных районах, где снежный покров обычно невелик, а сильные морозы могут значительно повредить посевы полевых и посадки плодово-ягодных культур.

При небольшом снежном покрове температура почвы на глубине залегания узла кущения озимых (около 3 см) может достигать критических величин и вызвать повреждение или гибель растений. Накопление снега резко снижает отрицательные температуры в почве и глубину их проникновения.

Приемы регулирования теплового режима должны осуществляться с учетом почвенно-климатических и погодных условий и особенностей возделываемых растений.

В овощеводстве для улучшения температурного режима почв применяют биотопливо (навоз, компосты и др.), электрический, паровой и водяной обогревы. При паровом и водяном обогревах в теплицах под слоем культурной почвы на глубине 40—70 см прокладывают трубы, по которым подают горячую воду или пар.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Назовите тепловые свойства почвы, дайте им характеристику и агрономическую оценку. 2. Дайте характеристику типам температурных режимов. 3. Какими агрономическими приемами осуществляют регулирование температурного режима почв?

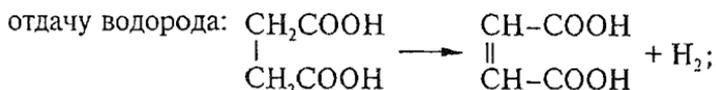
## Глава 16

### ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ

#### 16.1. ПОНЯТИЕ ОБ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

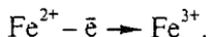
В почве широко распространены окислительно-восстановительные процессы, имеющие большое значение в почвообразовании и плодородии почв.

Процессами окисления называют:



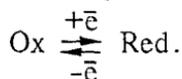
Янтарная  
кислота

отдачу электронов без участия водорода и кислорода:



Обратные процессы объединены в понятие «восстановление». В общем виде реакции окисления рассматривают как отдачу элек-

тронов, а восстановления — как присоединение электронов.



Соотношение в почве в конкретный период наблюдений окислительных и восстановительных процессов, сопровождающихся накоплением окисленных или восстановленных продуктов этих реакций, характеризует *окислительно-восстановительное (ОВ) состояние* почвы.

Для количественной оценки ОВ-состояния почвы можно использовать несколько показателей: величину ОВ-потенциала ( $E_h$ ), которую определяют с помощью потенциометров, величину индекса аэробности ( $rH_2$ ), рассчитанную по формуле

$$rH_2 = \frac{E_h}{30} + 2pH;$$

количественные показатели содержания в почве суммы восстановленных продуктов или отдельных их компонентов ( $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$ ,  $H_2S$  и др.).  $E_h$  характеризует разность потенциалов, возникающую между почвенным раствором и электродом из инертного металла (платины), помещенным в почву.

По величине  $E_h$  можно судить о преобладании в почве окислительных или восстановительных процессов, условиях обеспечения корней растений кислородом и т. д. Благоприятное ОВ-состояние почвенной среды характеризует величина  $E_h$  в пределах 450—700 мВ. Показатели в 250—300 мВ и ниже свидетельствуют о заметном развитии восстановительных процессов и создании неблагоприятных для растений условий аэрации в почве. При глубоком анаэробии и господстве восстановительных процессов  $E_h$  может достигать отрицательных значений (–100 мВ).

Величина  $rH_2 = 27$  характеризует рубеж перехода от окислительного состояния к восстановительному (и наоборот). При величине  $rH_2 > 27$  в почве преобладают окислительные процессы, а показатель  $rH_2 < 27$  свидетельствует о нарастании восстановительных условий. При интенсивном развитии восстановительных процессов  $rH_2$  снижается до 20 и менее. Характеристика ОВ-состояния почвы по показателям  $rH_2$  позволяет получить сравнительную его оценку для почв с разной величиной их реакции.

## 16.2. ФАКТОРЫ РАЗВИТИЯ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Проявление ОВ-процессов в почве зависит от ее генетических свойств и состояния водно-воздушного, температурного и биохимического режимов.

Главным окислителем в почвах является свободный кислород почвенного воздуха и кислород, растворенный в почвенной влаге. Большая часть окислительно-восстановительных реакций имеет биохимическую природу, т. е. они связаны с проявлением микробиологических процессов.

Эти два обстоятельства определяют особую роль в развитии окислительно-восстановительных процессов следующих факторов: аэрации, влажности почвы, температуры, содержания и состава в почве органического вещества и минеральных соединений элементов переменной валентности.

*Аэрация* характеризует условия воздухообмена. Она тесно связана с комплексом физических свойств почвы (структурой, плотностью, пористостью) и увлажнением. Так, при пористости аэрации 18—20 % создается благоприятный воздухообмен почвы с атмосферой, что обеспечивает нормальное течение в ней окислительных процессов. Пористость аэрации в 10—12 % затрудняет поступление кислорода в почву, и при нормальной микробиологической активности его расход не восполняется, что приводит к возникновению анаэробных процессов, при которых в качестве источника кислорода анаэробные микроорганизмы используют связанный кислород минеральных соединений почвы. При этом образуются восстановленные продукты.

При пористости аэрации <6 % восстановительные процессы интенсивно развиваются. Поэтому улучшение структуры, пористости почвы, поддержание ее плотности в пределах оптимальных величин (1,1—1,3 г/см<sup>3</sup>) имеют важное значение в создании нормального ОВ-состояния почвы.

*С влажностью* связана аэрация почвы, и в этом ее главное влияние на развитие ОВ-процессов.

Ухудшение аэрации в результате повышения влажности почвы приводит к снижению ОВ-потенциала. Наиболее резко он падает при влажности, близкой к полной влагоемкости ( $\geq 90$  % ПВ), когда сильно нарушается нормальный газообмен почвенного воздуха с атмосферным. При повышении влажности с 10 до 90 % ПВ снижение потенциала в большинстве почв происходит медленно.

Влияние влажности на развитие ОВ-процессов проявляется и в том, что с содержанием влаги в почве тесно связана активность микроорганизмов, корней растений, почвенной фауны, а следовательно, и расход кислорода. Поэтому повышение влажности почвы даже в пределах ее оптимальных значений (ВРК—НВ) может вызвать некоторое изменение ОВ-потенциала. Кроме того, вода в почве переводит в растворимое состояние элементы переменной валентности (соединения Fe, Mn и др.), активность которых при этом к проявлению окислительно-восстановительных реакций заметно возрастает.

Особая роль *органического вещества* в жизнедеятельности микроорганизмов определяет и его большое значение в проявлении

ОВ-процессов в почве. Наиболее быстро изменение ОВ-состояние почвы при избыточном ее увлажнении происходит в гумусовых горизонтах. Свежее органическое вещество, богатое белками и растворимыми углеводами, являясь благоприятным материалом для жизнедеятельности микроорганизмов, способствует интенсивному развитию восстановительных процессов в избыточно увлажненной почве.

Органическое вещество почвы содержит соединения, обладающие восстановительной способностью. Поэтому возможно и прямое влияние органического вещества на изменение ОВ-состояния почвы.

С температурой связаны интенсивность жизнедеятельности почвенных организмов, а следовательно, и расход (поглощение) кислорода почвенного воздуха, его мобилизация анаэробами из окисленных форм минеральных соединений почвы, активность различных химических реакций, влияющих на ОВ-процессы. В этом проявляется роль температуры. Поэтому, если избыточное увлажнение почвы наблюдается при температурах  $>10^{\circ}\text{C}$ , то можно ожидать быстрого возникновения восстановительных процессов и ухудшения условий роста растений. Переувлажнение в течение 5—7 дней при низких температурах почвы ( $1-5^{\circ}\text{C}$ ) не вызывает резкого изменения ее ОВ-состояния.

На развитие ОВ-процессов большое влияние оказывают также содержание и формы соединений элементов переменной валентности. В частности, повышенное содержание подвижных форм железа и марганца способствует более быстрому снижению потенциалов при переувлажнении почв.

### 16.3. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РЕЖИМЫ ПОЧВ

Поскольку развитие ОВ-процессов в почвах тесно связано с особенностями их состава, свойств и динамикой водно-воздушного, температурного и микробиологического режимов, это обуславливает большую неоднородность ОВ-состояния почв. Она проявляется в следующем: разным почвам свойственно различное ОВ-состояние; для большинства типов почв характерна неоднородность ОВ-состояния их профиля.

В любой зоне наиболее заметно по ОВ-состоянию различаются автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные почвы. Неоднородность ОВ-состояния почвенного профиля проявляется в изменчивости ОВ-состояния по генетическим горизонтам профиля почв в связи с различиями в их составе, свойствах и режимах; в изменении ОВ-состояния в пределах одного горизонта, обусловленном различиями состава, увлажнения, аэрации, микробиологической активности в отдельных его участках (микроразонах); в изменчивости ОВ-состояния профиля и его горизонтов во времени в

связи с сезонной динамикой гидротермического, воздушного и микробиологического режимов, определяющих ОВ-режим почвы.

Под *окислительно-восстановительным режимом* следует понимать соотношение ОВ-процессов в почвенном профиле в годовом цикле почвообразования.

Различают следующие типы ОВ-режима почв.

1. Почвы с абсолютным господством окислительных процессов. Этот тип ОВ-режима характерен для автоморфных почв степей, полупустыни и пустыни (черноземов, каштановых, бурых полупустынных, серо-бурых и песчаных пустынных почв, сероземов и др.).

2. Почвы с господством окислительных процессов при возможном проявлении восстановительных условий в отдельные влажные годы или сезоны (автоморфные почвы таежно-лесной зоны, лесостепи, буроземно-лесной, влажных субтропиков).

3. Почвы с контрастным ОВ-режимом (полугидроморфные почвы различных зон). Наиболее контрастен ОВ-режим с временным избыточным увлажнением верхних или нижних горизонтов профиля. Такие почвы широко распространены среди подзолистых, дерново-подзолистых, бурых лесных, солодей и других типов.

4. Почвы с устойчивым развитием восстановительных процессов (болотные, гидроморфные солончаки).

Наиболее изменчивы показатели ОВ-потенциала в верхних горизонтах, обогащенных органическим веществом, с наибольшими колебаниями влажности и с более интенсивным развитием микробиологических процессов. Нижние горизонты почвенного профиля, бедные органическим веществом, со слабой микробиологической активностью обычно характеризуются и более высокими и устойчивыми потенциалами. Исключение составляют грунтово-оглеенные почвы.

#### 16.4. ЗНАЧЕНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ

Значение ОВ-процессов в почвообразовании и плодородии исключительно велико и проявляется в их влиянии на процессы превращения органических и минеральных веществ, их миграцию и аккумуляцию.

Конкретное проявление такого влияния выражается в темпах и качественной направленности превращения растительных остатков (соотношении процессов их минерализации, гумификации и консервации). Так, избыточное увлажнение и развитие восстановительных процессов замедляют минерализацию и гумификацию, способствуют образованию наиболее подвижных и активных форм органического вещества (фульвокислот, различных соединений неспецифической природы) и формированию оторфован-



ных соединений и др.). Чем активнее и продолжительнее развиваются восстановительные процессы, тем медленнее почва возвращается в свое исходное ОВ-состояние до их возникновения, тем сильнее ухудшается последующее состояние растений.

Постоянно избыточно высокие ОВ-потенциалы способствуют повышению минерализации органического вещества, в том числе гумуса, снижают подвижность некоторых элементов. Поэтому необходимо поддерживать оптимальный уровень ОВ-потенциала. Его ориентировочные параметры могут быть определены, исходя из тех значений, которые типичны для конкретных почв в условиях их нормального водно-воздушного режима.

Так, для дерново-подзолистых почв ОВ-потенциал составляет 550—750 мВ, черноземов и каштановых — 400—600, для сероземов — 350—450 мВ. Приемы регулирования окислительно-восстановительного состояния почвы основываются на учете роли рассмотренных факторов (аэрация, органическое вещество, влажность и др.) в их проявлении.

Регулирование ОВ-состояния почвы включает агротехнические и агромелиоративные приемы, направленные на создание оптимальных условий аэрации, водного и микробиологического режимов. К ним относятся:

1. Агротехнические приемы по борьбе с поверхностным избыточным увлажнением — создание мощного пахотного слоя, улучшение его структуры, поддержание благоприятной плотности и пористости, планировка поверхности почвы, рыхление подпахотного горизонта, отвод поверхностных вод путем устройства водотоковых борозд, кротование и др.

2. Осушительные мелиорации, направленные на радикальное улучшение водно-воздушного режима. При этом особое значение приобретает установление оптимальной нормы осушения, т. е. понижение уровня грунтовых вод до глубины, обеспечивающей достаточную аэрацию корнеобитаемого слоя и в то же время сохраняющей возможность поддерживать его влажность на уровне, близком к НВ, не только за счет атмосферного увлажнения, но и за счет капиллярной каймы грунтовых вод. Норма осушения колеблется в зависимости от свойств почв и возделываемых культур.

На переувлажненных тяжелых минеральных почвах эффективное регулирование водно-воздушного и окислительно-восстановительного режимов достигают путем сочетания закрытого дренажа с возделыванием культур на гребнях или в сочетании с узкозагонной вспашкой.

3. Оросительные мелиорации помимо создания оптимального водного режима способствуют ослаблению в почве избыточно интенсивных окислительных процессов, а это сопровождается некоторым (в допустимых пределах) понижением величин Eh.

4. Все приемы регулирования органического вещества касаются и ОВ-состояния почвы, поскольку органическое вещество оказы-

вает значительное влияние на развитие ОВ-процессов. При возделывании культуры затопляемого риса для нормализации восстановительных процессов широко используют мобильные формы органического вещества (навоз, рыбные удобрения, заплата сидератов).

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте понятие окислительных и восстановительных процессов. 2. Почему почва представляет собой сложную окислительно-восстановительную систему? 3. Как влияют окислительно-восстановительные процессы на питательный режим почвы и другие показатели, характеризующие условия развития растений? 4. Дайте понятие окислительно-восстановительного режима почв. Назовите типы и подтипы окислительно-восстановительных режимов для дерново-подзолистых, болотно-подзолистых, болотных и черноземных почв. 5. Укажите основные приемы регулирования окислительно-восстановительного состояния почв.

## Глава 17

### РАДИОАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

В почвах и материнских породах присутствует широкий набор радиоактивных элементов (радионуклидов). Они могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения. В связи с этим различают естественную и искусственную радиоактивность почв. Она выражается количеством ядерных распадов в единицу времени и измеряется в беккерелях ( $1 \text{ Бк} = 1 \text{ распад/с}$ ) или единицах активности — кюри ( $1 \text{ Ки} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ ).

#### 17.1. ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Она обусловлена двумя группами радиоактивных элементов — *первичными*, которые содержатся в материнских породах и вошли в состав почв, и *космогенными* — поступающими в почву из атмосферы, образование которых происходит при взаимодействии космического излучения с ядрами стабильных элементов. Первичные радионуклиды представлены ураном ( $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$ ), торием ( $^{232}\text{Th}$ ), радием ( $^{226}\text{Ra}$ ), радоном ( $^{222}\text{Rn}$ ,  $^{220}\text{Rn}$ ), изотопами калия ( $^{40}\text{K}$ ), рубидия ( $^{87}\text{Rb}$ ), кальция ( $^{48}\text{Ca}$ ), циркония ( $^{96}\text{Zr}$ ) и др.; космогенные представлены тритием ( $^3\text{H}$ ), бериллием ( $^7\text{Be}$ ,  $^{10}\text{Be}$ ) и углеродом ( $^{14}\text{C}$ ).

Все естественные радиоактивные изотопы, как правило, долгоживущие с периодом полураспада  $10^8$ — $10^{16}$  лет, испускающие альфа- и бета-частицы и гамма-лучи. Естественная радиоактивность определяется в основном содержанием урана, тория, радия и изотопа калия. В почвах радионуклиды находятся в очень малых количествах, в рассеянном состоянии (уран —  $3 \cdot 10^{-6}$  —  $5,1 \cdot 10^{-4} \%$ ; то-

рий —  $4 \cdot 10^{-6}$  —  $16 \cdot 10^{-4}$ ; радий —  $1 \cdot 10^{-12}$  —  $1,7 \cdot 10^{-10}$ ; калий —  $3,9 \cdot 10^{-6}$  —  $3,1 \cdot 10^{-5}$  %). Наблюдается возрастание их концентраций в меридиональном направлении (табл. 36) от подзолистых почв к сероземам.

### 36. Концентрация основных естественных радиоизотопов в почвах (Тихомиров, 1988)

Почвы	Концентрация, Бк/кг		
	<sup>40</sup> K	<sup>238</sup> U	<sup>232</sup> Th
Болотные	110	8	8
Подзолистые	180	11	15
Дерново-подзолистые	360	18	27
Серые лесные	450	22	32
Черноземы	500	26	44
Каштановые	700	32	45
Сероземы	810	38	60
Среднемировое значение для почвенного покрова	450	32	32

Валовое содержание радионуклидов в почвах прежде всего зависит от материнских пород. Например, почвы, сформировавшиеся на обогащенных фосфором породах, содержат повышенные концентрации урана. Содержание естественных радиоактивных элементов в почвах зависит также от степени изменения материнской породы в процессе почвообразования, а количественные изменения по профилю — от типа почвообразования. Оподзоливание, осолодение, лёсшивирование, осолонцевание приводят к выносу естественных радионуклидов из элювиальных горизонтов в иллювиальные. В лесостепных почвах и почвах степных областей профильная дифференциация содержания радиоэлементов совпадает с типичными профильными закономерностями изменений в них гранулометрического состава, оксидов железа и алюминия.

## 17.2. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Она является следствием загрязнения почв радионуклидами в результате термоядерных взрывов, аварий на атомных электростанциях, внесения в почву фосфорных удобрений, часто содержащих изотопы урана, загрязнения почвы отходами атомной промышленности, зольными выбросами тепловых электростанций, работающих на угле и горючих сланцах, содержащих уран, радий, торий, полоний. Всем известны трагические последствия сброшенных США атомных бомб в конце второй мировой войны на города Японии Хиросима и Нагасаки, последствия аварии на Чернобыльской АЭС в Белоруссии. Радиоэлементы разносятся ветром, дождевыми и тальми водными потоками, расширяя зоны ра-

диоактивных загрязнений почвенного покрова и природных вод, подвергая радиоактивному облучению живые организмы.

Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они обычно не изменяют уровень плодородия почв, но накапливаются в урожае. Поэтому на продукты питания для человека и корма для животных установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) радионуклидов.

В почвах более тяжелых и гумусированных антропогенные радионуклиды активнее и надолго закрепляются в верхнем гумусовом горизонте. В почвах же легких они могут мигрировать в течение 10—15 лет на глубину 40—50 см. В экологическом отношении особенно опасны долгоживущие антропогенные радионуклиды:  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{106}\text{Ru}$ ,  $^{129}\text{I}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{144}\text{Ce}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ . У стронция-90 период полураспада 28 лет, у цезия-137 — 33 года, а у некоторых других долгоживущих радионуклидов он составляет сотни лет. Цезий и стронций наиболее активно вовлекаются в биологический круговорот веществ благодаря тому, что цезий является аналогом калия, а стронций — кальция. Основное количество стронция и цезия, поступившее в растения, накапливается в их надземной массе, а остальных радионуклидов — в корнях. В урожае сельскохозяйственных культур содержание стронция можно уменьшить в 4—5 раз, применяя органические и минеральные удобрения, а на кислых почвах — известь. Стронций-90 задерживается в организме человека и животных гораздо дольше, чем цезий-137.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Что такое естественная радиоактивность почв, чем она вызывается? 2. Чем вызывается искусственная радиоактивность? 3. Охарактеризуйте агрономическое и экологическое значение радиоактивности почв.

## **Глава 18**

### **МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ**

Магнитные свойства почв являются объективным отражением их типа, сложения, происхождения и протекающих в них процессов. Показатели магнитных свойств почв обладают большой информативностью. Они тесно коррелируют с традиционно используемыми в почвоведении показателями свойств почв, поэтому могут с успехом применяться для решения многих вопросов почвоведения: диагностики различных типов почв, образовавшихся под влиянием тех или иных почвообразовательных процессов, при составлении почвенных карт и агрохимических картограмм, в агрономической практике для определения производительности почв и т. д. (Ковриго, Лукшин с сотр., 1967—1994).

## 18.1. ПОНЯТИЕ О МАГНИТНЫХ СВОЙСТВАХ ПОЧВ

Магнитные свойства почв, как и любого вещества, проявляются в их способности намагничиваться в магнитном поле. Одним из наиболее важных показателей магнитных свойств почв является магнитная восприимчивость ( $\kappa$ )

$$\kappa = \frac{I}{H},$$

где  $I$  — намагниченность почвенного образца;  $H$  — напряженность магнитного поля, вызвавшего эту намагниченность.

Магнитная восприимчивость является мерой намагниченности образца под действием внешнего магнитного поля.

Магнитные свойства почв связаны в основном с их твердой фазой, в состав которой входят первичные и вторичные минералы, а также органическое вещество, обладающие различными по своей природе магнитными свойствами. Они могут быть диамагнитными, парамагнитными и ферромагнитными. У диамагнетиков  $\kappa < 0$ , при этом очень мала по абсолютному значению ( $\approx 10^{-5}$  ед. СИ), у парамагнетиков  $\kappa > 0$  и более высокие значения по абсолютному значению (до  $10^{-2}$  ед. СИ). Для ферромагнетиков характерны несравненно большие значения магнитной восприимчивости ( $\kappa \gg 0$ ).

Типичные представители диамагнетиков в почвах — кварц, каолинит, гипс, ортоклаз, кальцит, органическое вещество. Парамагнитными компонентами являются авгит, доломит, мусковит, монтмориллонит, вермикулит. К ферромагнитным компонентам почв относятся минералы, содержащие железо, никель, кобальт, титан, железоорганические и другие соединения (магнетит —  $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ , гематит —  $\alpha\text{Fe}_2\text{O}_3$ , маггемит —  $\gamma\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ильменит —  $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$ , лимонит —  $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ , лепидокрокит —  $\gamma\text{FeO} \cdot \text{OH}$ , гидролепидокрокит —  $\gamma\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , гетит —  $\alpha\text{FeO} \cdot \text{OH}$ , гидрогетит —  $\alpha\text{FeO} \cdot \text{OH} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ).

Характер намагничивания диа-, пара- и ферромагнитных компонентов твердой фазы почв выражается зависимостью намагниченности  $I$  от напряженности магнитного поля  $H$  (рис. 8). Для диамагнетиков

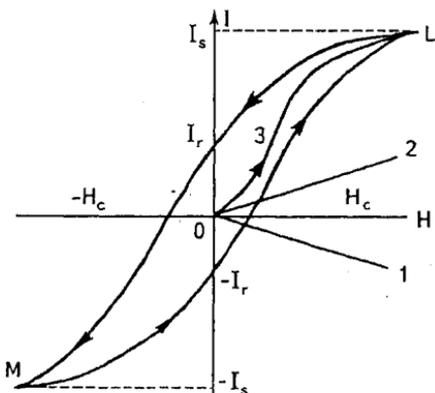


Рис. 8. Линии намагничивания:

1 — диамагнетиков; 2 — парамагнетиков; 3 — ферромагнетиков;  $L, I, M, -I, L$  — гистерезисная петля

это прямая 1 с отрицательным угловым коэффициентом, для парамагнетиков — прямая 2 с положительным угловым коэффициентом, а для ферромагнетиков это кривая 3, имеющая сложный характер. В средних полях она круто идет вверх, а в сильных полях асимптотически приближается к намагниченности насыщения  $I_S$ .

У ферромагнетиков в отличие от диа- и парамагнетиков линия размагничивания  $LI_r$  не совпадает с линией намагничивания  $OL$ . При размагничивании, когда напряженность магнитного поля снижается до нуля, ферромагнетики еще обладают остаточной намагниченностью  $I_r$ .

Для того чтобы привести намагниченность ферромагнетика к нулю, надо приложить обратное (противоположное) магнитное поле  $-H_c$  (см. рис. 8), называемое *коэрцитивной силой*. Дальнейшим возрастанием обратного поля доводят образцы до насыщения  $-I_S$ . С уменьшением обратного поля и переменной его знака снова наступает насыщение  $I_S$ . При полном цикле намагничивания получается замкнутая кривая  $LI_rM-I_rL$ , называемая *петлей магнитного гистерезиса*.

Мы рассмотрели особенности намагничивания диа-, пара- и ферромагнитных компонентов твердой фазы почв отдельно. Но твердая фаза почв является их смесью. Каков же в этом случае характер намагничивания почв? Оказывается, даже незначительное присутствие в почве ферромагнитного компонента обеспечивает ей гистерезисный характер намагничивания. Поэтому показателями магнитных свойств почв наряду с магнитной восприимчивостью являются также остаточная намагниченность  $I_r$ , коэрцитивная сила  $H_c$ , намагниченность насыщения  $I_S$  и сама гистерезисная петля.

## 18.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПО МАГНИТНЫМ СВОЙСТВАМ

Количественный и качественный состав ферромагнитных компонентов в почвах изменяется и зависит прежде всего от процесса почвообразования. Поэтому величина площади и форма петель магнитного гистерезиса верхних горизонтов почв, а также изменение этих петель по генетическим горизонтам характерны для каждого типа почв (рис. 9). Развитие дернового процесса почвообразования способствует расширению гистерезисной петли, что связано с образованием в почве ферромагнитных минералов с высокой магнитной восприимчивостью. При развитии подзолистого и глеевого процессов почвообразования гистерезисная петля сужается, практически вырождаясь в прямую, как у парамагнетиков. Магнитная восприимчивость легко определяется с помощью специальных приборов (ИМВ-2, ИПК-2 и др.) как в полевых, так и в лабораторных условиях, без применения каких-либо химических анализов. Для этого достаточно привести в контактное соприкос-

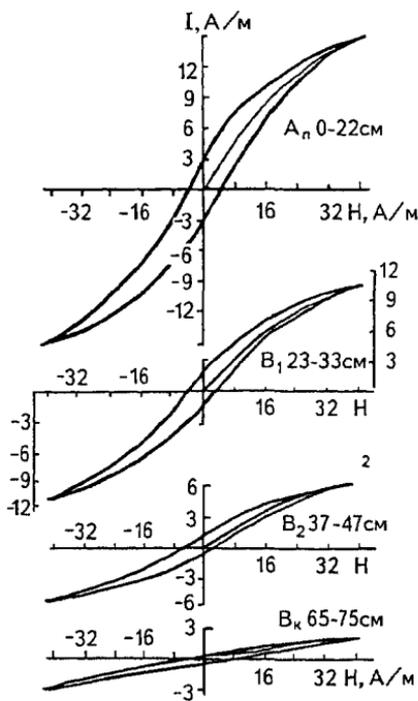


Рис. 9. Петли магнитного гистерезиса дерново-карбонатной слабовыщелоченной глинистой почвы по генетическим горизонтам

новение рабочую поверхность датчика прибора с поверхностью почвенного образца. Значения магнитной восприимчивости, выраженные в единицах СИ, считают со шкалы прибора.

Во многих случаях необходимо рассчитать еще один показатель магнитных свойств почв — удельную магнитную восприимчивость:

$$\chi = \frac{\alpha}{\rho},$$

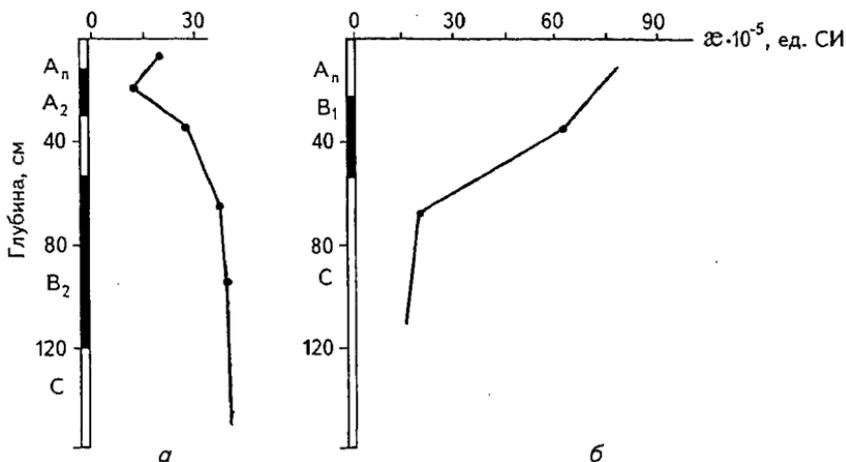
где  $\rho$  — плотность почвы.

Типы и подтипы почв, сформировавшиеся на тех или иных материнских породах, имеют определенные для них значения магнитной восприимчивости верхних гумусовых (пахотных) горизонтов, обусловленные почвообразовательными процессами, в результате которых изменяется магнитная восприимчивость ферромагнитных компонентов почв. Например, значения магнитной восприимчивости

пахотного горизонта дерново-подзолистых суглинистых почв восточноевропейской части России колеблются в пределах  $(40,3 \pm 14,3) \cdot 10^{-5}$  единиц СИ, а дерново-карбонатных — соответственно  $(68,5 \pm 18,7) \cdot 10^{-5}$  единиц СИ.

Величины магнитной восприимчивости для верхних гумусовых (пахотных) горизонтов автоморфных почв отражают зональные и региональные особенности почвообразования, которые в большой степени зависят от интенсивности и качественной направленности гумусово-аккумулятивного процесса, в результате которого происходят количественные и качественные изменения ферромагнитных минералов. Значения магнитной восприимчивости становятся выше от дерново-подзолистых к серым лесным почвам. Черноземы имеют наиболее высокие значения  $\alpha$ , в каштановых почвах величины  $\alpha$  ниже, они еще ниже у сероземов.

На снижение значений  $\alpha$  заметно влияют процессы оподзоливания и оглеения, еще более — гранулометрический состав, разви-



**Рис. 10. Показатели магнитной восприимчивости по профилю почв:**

*а* — дерново-слабоподзолистая среднесуглинистая на покровном тяжелом пылеватом суглинке; *б* — дерново-карбонатная выщелоченная на буровато-красной карбонатной глине

тие плоскостной водной эрозии и наличие свободных карбонатов.

Каждый тип и подтип почвы характеризуется своим магнитным профилем, т. е. закономерностями изменения магнитной восприимчивости по генетическим горизонтам. Для примера на рисунке 10 приведены профили магнитной восприимчивости дерново-подзолистой и дерново-карбонатной почв. Профильную кривую магнитной восприимчивости в основном определяет илстая фракция, в которой сосредоточены в дисперсном состоянии ферромагнитные минералы.

На основе измерений магнитной восприимчивости разработаны магнитометрические способы диагностики почв, определения их качественных показателей и производительности.

### **18.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ СПОСОБОВ В ПОЧВОВЕДЕНИИ И АГРОНОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ**

Так как различные почвы имеют типичные для них показатели магнитной восприимчивости, то магнитометрические способы могут использоваться для диагностики почв и установления почвенных границ при крупномасштабном почвенном картографировании, для уточнения границ элементарных агрохимических участков при составлении агрохимических картограмм. Показатели магнитной восприимчивости имеют положительную корреля-

цию с содержанием гумуса, величиной обменной кислотности, суммой обменных оснований, степенью насыщенности почв основаниями, содержанием физической глины, т. е. со свойствами, при которых произошли количественные и качественные изменения ферромагнитных компонентов почвы. Поэтому по величине магнитной восприимчивости верхнего гумусового (пахотного) горизонта можно устанавливать нуждаемость почв в известковании, степень окультуренности почв, их бонитетный балл, делать заключение о степени развития плоскостной водной эрозии, выделять однородные по плодородию участки поля для проведения полевых опытов и т. д.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие компоненты твердой фазы почв называют диамагнитными, парамагнитными и ферромагнитными? По какому признаку? 2. Назовите основные показатели магнитных свойств почв и дайте им определения. 3. Как гистерезисным характером намагничивания и показателями магнитной восприимчивости можно охарактеризовать разные типы почв? 4. Какие имеются возможности использования магнитометрических способов для определения качественных показателей почв и их производительности?

## **Глава 19**

### **ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ**

#### **19.1. ПЛОДОРОДИЕ КАК ОТРАЖЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И ВЗАИМОВЛИЯНИЯ СОСТАВА, СВОЙСТВ И РЕЖИМОВ ПОЧВ**

В предыдущих главах были рассмотрены состав, свойства и режимы почвы и их значение в формировании и развитии плодородия.

Следует различать факторы и условия плодородия. К факторам относятся элементы зольного питания растений и азот, вода, воздух и частично тепло, необходимые для жизни растений, к условиям — совокупность свойств, сложное взаимодействие которых определяет возможность обеспечения растений земными факторами (физические и физико-химические свойства, наличие токсичных веществ и др.).

Необходимо подчеркнуть, что взаимодействие и взаимовлияние отдельных компонентов состава и свойств почвы протекают в гидротермических условиях атмосферного климата, что находит конкретное отражение в формировании почвенных режимов. Поэтому уровень плодородия зависит от показателей теплового, водно-воздушного, питательного, физико-химического, биохимического, солевого и окислительно-восстановительного режимов.

Параметры режимов, в свою очередь, определяются климатическими условиями, агрофизическими свойствами почв, их гранулометрическим, минералогическим и химическим составами, по-

тенциальными запасами элементов питания растений, содержанием их подвижных форм, содержанием, составом и запасами гумуса, интенсивностью микробиологических процессов, реакцией и другими физико-химическими свойствами.

Геохимические и геологические процессы также могут оказывать влияние на формирование почвенного плодородия (приток жестких и мягких, пресных или минерализованных грунтовых вод, отложение плодородных наилков, эрозионный снос гумусового горизонта и т. д.). Однако влияние этих процессов на плодородие проявляется прежде всего через изменение в том или ином направлении показателей состава, свойств и режимов почвы.

Оценка состава, свойств и режимов почвы с точки зрения развития почвенного плодородия, его уровня с учетом требований сельскохозяйственных растений и технологий их возделывания составляет понятие *агронимическая характеристика почв*.

Она строится на оценке следующих показателей: 1) строения почвенного профиля (чередование и мощность генетических горизонтов, в особенности мощность гумусового слоя, структурное состояние, плотность и пористость, мощность мелкоземистой толщи); 2) гранулометрического и минералогического составов; 3) химического состава (содержание валовых запасов и доступных форм элементов питания, наличие токсичных соединений — токсичных водорастворимых солей, подвижных форм  $Al$ ,  $Mn$ ,  $Fe^{2+}$ , сероводорода, компонентов техногенного загрязнения и пестицидов, содержание карбонатов и несиликатных полутораоксидов); 4) физико-химических свойств; 5) окультуренности почв; 6) степени эродированности и 7) заболоченности. Значение их роли в формировании почвенно-экологических условий для сельскохозяйственных растений и почвенной биоты позволяет агроному дать правильную и разностороннюю агрономическую характеристику (оценку) почв и определить рациональные приемы регулирования почвенного плодородия путем оптимизации конкретных параметров состава, свойств и режимов почв.

Оценивая роль отдельных почвенных свойств и режимов в формировании плодородия почв, необходимо отметить: плодородие проявляется как результат сложного взаимодействия и взаимовлияния свойств и режимов почвы; показатели свойств и режимов могут быть оценены количественно; различные растения (группы растений) предъявляют неодинаковые требования к свойствам и режимам почвы; свойства и режимы динамичны, т. е. изменяются во времени (рис. 11).

Остановимся на этих положениях более подробно. Формирование режимов и отдельных свойств почвы есть результат их тесного взаимодействия и взаимозависимости. Например, питательный режим почвы формируется как результат сложного превращения ее минеральных соединений, процессов минерализации и гумификации органического вещества, активности различных групп

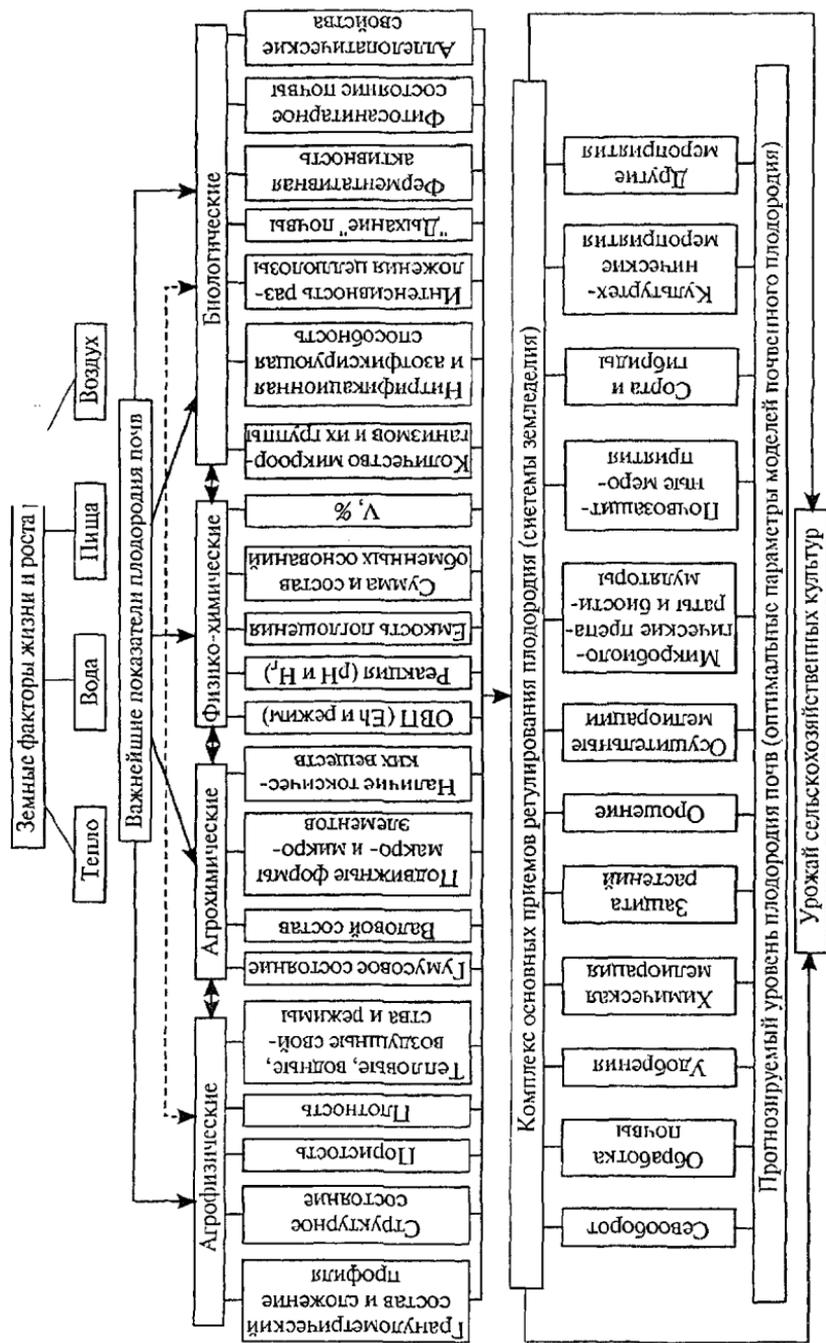


Рис. 11. Схема важнейших показателей плодородия почв и основных приемов его регулирования

микроорганизмов и почвенной фауны, влияния щелочно-кислотных почвенных условий, динамики окислительно-восстановительных процессов, водно-воздушного и температурного режимов и т. п.

В свою очередь, окислительно-восстановительный режим зависит от содержания и форм органического вещества, физических свойств почв, определяющих условия аэрации, гидротермических условий развития микробиологических процессов и т. д.

Структура как важнейшее свойство почвы, с которым связаны водно-воздушный, окислительно-восстановительный режимы, агрофизические показатели почв, в свою очередь, зависит от содержания гумуса, его качественного гранулометрического и минералогического составов, физико-химических свойств, развития ОВ-процессов и т. д.

Тесная взаимосвязь и взаимозависимость между свойствами и режимами почв, с одной стороны, раскрывает сложный процесс формирования и развития почвенного плодородия и с другой — требует от агронома понимания возможного изменения отдельных свойств и режимов почвы при воздействии на нее теми или иными приемами обработки, мелиорацией, внесением удобрений и т. д.

Как было отмечено, свойства и режимы почвы имеют количественные параметры. Поэтому возможна количественная оценка плодородия почвы. Для этой цели используются два подхода — экономический и биологический.

Экономическая количественная оценка плодородия основывается на относительной его оценке в баллах по количественным показателям свойств почв, коррелирующих с урожайностью сельскохозяйственных культур, или продуктивностью сельскохозяйственных ценозов, а также климатических условий. Такая оценка получила название *бонитировки почв*.

Экономическая оценка земли может быть выражена в ценах на единицу площади (1 га), исходя из данных ее бонитета, учета ее местоположения, конкретных почвенных ресурсов, возможных для возделывания культур, и других условий. Подробно вопросы бонитировки почв и экономической оценки земли будут рассмотрены в главе 39.

Количественная оценка плодородия может быть дана и на основе показателей среднегодовой биологической продуктивности растений на данной почве, характеризующей способность почвы обеспечивать продуктивность фотосинтеза.

Возможность количественной оценки плодородия почвы на основе количественных показателей ее свойств и режимов чрезвычайно важна, так как позволяет решать вопросы повышения плодородия при земледельческом использовании почв на научной нормативной основе.

## 19.2. ТРЕБОВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР К ПОЧВЕННЫМ УСЛОВИЯМ (ПЛОДОРОДИЮ)

Различные сельскохозяйственные растения предъявляют неодинаковые требования к почвенному плодородию — уровню питания, наличию влаги, почвенной реакции и т. д. В связи с этим различные культуры в разной мере снижают свою продуктивность в зависимости от отклонения того или иного показателя почв от его оптимального уровня. Поэтому при земледельческом использовании почв для обеспечения наивысшей продуктивности растений и наиболее рационального использования почв необходимо знать требования конкретных культур (или их групп) к почвенным условиям.

**О з и м а я п ш е н и ц а.** Является одной из основных зерновых культур и среди хлебных злаков наиболее требовательна к почвенным условиям. Для нее характерна высокая потребность в элементах питания. В лесостепных и степных районах предпочтительны хорошо и глубокогумусированные оструктуренные черноземные, серые лесные и каштановые почвы с близкой к нейтральной реакцией. В таежно-лесной зоне лучшими являются дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные и дерново-подзолистые окультуренные легко- и среднесуглинистые почвы. Озимая пшеница чувствительна к переувлажнению почв, кислой реакции, наличию повышенных количеств подвижного алюминия ( $>8-10$  мг/100 г почвы) и марганца. Песчаные и супесчаные почвы на глубоких песках неблагоприятны: эта культура относительно устойчива к засолению и солонцеватости. Осушенные торфяно-болотные почвы пригодны под озимую пшеницу.

**Я ч м е н ь.** Менее требователен к почвенным условиям, чем пшеница, но более требователен, чем овес и рожь. Наилучшие почвы по гранулометрическому составу — тяжело- и среднесуглинистые, неблагоприятны песчаные. Относительно засухоустойчив, чувствителен к переувлажнению, повышенной кислотности и переуплотнению почв, солеустойчив.

В таежно-лесной зоне наиболее благоприятны дерново-карбонатные, а также мелиорированные торфяно-болотные и дерново-глеевые почвы, малопригодны песчаные и супесчаные на песках.

**Р о ж ь.** По сравнению с пшеницей и ячменем менее требовательна к почвенным условиям. Хорошо развивается в широком диапазоне рН (от 5,0 до 8,6), слабо чувствительна к переувлажнению. Лучшие почвы в степной зоне — глубокогумусированные оструктуренные черноземы всех подтипов. В таежно-лесной зоне наиболее благоприятны дерново-подзолистые легко-, среднесуглинистые и супесчаные почвы, а также мелиорированные дерново-глеевые и торфяно-болотные.

**О в е с.** Среди зерновых культур он менее требователен к почвенным условиям. Слабо реагирует на почвенную кислотность,

средне солонце- и солеустойчив. Нуждается в хорошем увлажнении, не боится переувлажнения почв во второй период вегетации. Выращивают преимущественно в таежно-лесной зоне, где для него наиболее благоприятны дерново-карбонатные (выщелоченные и оподзоленные), дерново-подзолистые суглинистые и супесчаные, а также осушенные торфяно-болотные и дерново-глеевые почвы, малопригодны песчаные.

**К у к у р у з а.** Она предъявляет повышенные требования к влажности почвы и обеспечению элементами питания, неустойчива к переувлажнению, засолению и солонцеватости, чувствительна к сильнокислой реакции. Предпочтительны суглинистые и структурные глинистые почвы, неблагоприятны песчаные и супесчаные. Лучше растет на хорошо и глубокогумусированных черноземах, луговых, лугово-черноземных и каштановых почвах. В таежно-лесной зоне наиболее пригодны хорошо окультуренные легко- и среднесуглинистые почвы.

**К а р т о ф е л ь.** Требователен к условиям аэрации и влажности. Поэтому для него предпочтительны легкосуглинистые и связносупесчаные почвы или структурные тяжелосуглинистые, обладающие наиболее рыхлым сложением. Устойчив к подкислению почв, оптимальный рН 5—7. Чувствителен к подщелочению реакции, засолению и солонцеватости. Неустойчив к затоплению и переувлажнению. Наибольшие урожаи в таежно-лесной зоне получают на мелиорированных низинных торфяных почвах, а также окультуренных легко-, среднесуглинистых и супесчаных дерново-подзолистых. Неблагоприятны песчаные, тяжелосуглинистые и глинистые почвы.

**С а х а р н а я с в е к л а.** Предъявляет повышенные требования к почвенному плодородию. Наилучшие урожаи дает на хорошо и глубокогумусированных рыхлых почвах. Предпочтительны среднесуглинистые, неблагоприятны песчаные, супесчаные и слитые почвы. Оптимальный рН 6—8, кислые почвы (рН < 6,0) неблагоприятны. Хорошо переносит слабое засоление, устойчива к солонцеватости. Сильно угнетается и даже погибает при переувлажнении.

**Л е н.** Требователен к условиям водного и питательного режимов, а также к условиям реакции. Плохо переносит избыточное увлажнение и близкие грунтовые воды. Оптимум рН 5,9—6,5. При щелочной реакции качество волокна снижается. Наиболее благоприятны легко- и среднесуглинистые почвы. Лен-долгунец выращивают преимущественно в таежно-лесной зоне, где лучшими почвами для него являются дерново-подзолистые суглинистые, особенно на лёссовидных суглинках.

**Г р е ч и х а.** Относится к культурам, не очень требовательным к потенциальному плодородию почв, способна усваивать элементы питания из труднорастворимых соединений почвы. Весьма чувствительна к заболачиванию, засолению, карбонатности, слитос-

ти, солонцеватости и переизвесткованию. Предпочитает легко- и среднесуглинистые почвы, малоблагоприятны тяжелые почвы.

**Кормовые корнеплоды.** Весьма требовательны к почвенному плодородию, отличаются высоким выносом с урожаем азота, калия и кальция. Благоприятны почвы, содержащие большое количество элементов питания: хорошо гумусированные черноземные, окультуренные дерново-подзолистые, легко- и среднесуглинистые слабокислые, а также аллювиальные луговые и дерново-глеевые почвы.

**Овощные культуры.** Высокотребовательны к условиям почвенного питания и обеспечения влагой. Предпочтительны почвы с хорошим гумусовым слоем, близкой к нейтральной реакцией, содержащие большое количество доступных форм элементов питания, имеющих благоприятное увлажнение. Наиболее пригодны окультуренные луговые, лугово-черноземные, легко- и среднесуглинистые окультуренные дерново-подзолистые, дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные почвы, серые лесные, мелиорированные торфяно-болотные и дерново-глеевые, а также почвы пойм.

**Плодовые культуры.** Произрастают на одном месте десятки лет, имеют глубокую корневую систему. Поэтому для них важна оценка не только верхнего слоя почвы, но и всего профиля до глубины 1,5—2 м. Почва под сад должна быть достаточно мощной, плодородной, хорошо водопроницаемой, обеспечивающей необходимый запас влаги в глубоких горизонтах и одновременно благоприятную аэрацию. Предпочтительны супесчаные и легкосуглинистые почвы. Почвы не должны иметь плотных горизонтов ( $d_v > 1,5—1,55$ ) в верхней полуметровой толще. Не рекомендуются почвы, содержащие вредные водорастворимые соли более 2 мг-экв до глубины 3 м. Непригодны почвы с наличием оглеенных горизонтов до глубины 2 м и с залеганием грунтовых вод выше 1,5—2 м. Более требовательны к почвенным условиям из плодовых культур семечковые, менее — кустарниковые и ягодные культуры.

### 19.3. ВИДЫ ПЛОДОРОДИЯ

Различают следующие виды плодородия: естественное, или природное, искусственное, эффективное и экономическое. Выделяют также понятие потенциального плодородия.

*Естественное плодородие* определяется сложным взаимодействием свойств и режимов почв, обусловленных развитием природного почвообразовательного процесса, не нарушенного воздействием человека. В чистом виде оно присуще целинным почвам и характеризуется продуктивностью произрастающих на почве ценозов.

Земледельческое освоение почв вносит существенные изменения в естественное развитие почвенных процессов и режимов, в свойства почв. Эти изменения обусловлены обработкой, внесением удобрений, различными мелиорациями и т. д. Качественные и количественные изменения в свойствах и режимах почв, вызванные воздействием человека, характеризуют их *искусственное плодородие*. В чистом виде оно возникает при создании субстратов для выращивания растений в теплицах, парниках и т. д.

При сельскохозяйственном использовании почв искусственное плодородие в совокупности с естественным проявляется как *эффективное плодородие*. Оно реализуется в урожае сельскохозяйственных культур. Эффективное плодородие зависит не только от уровня природного плодородия, но в большой степени от условий использования почв в производстве, развития науки и техники и реализации их достижений. Эффективное плодородие всегда связано с определенными затратами труда и средств для получения продукции возделываемых растений, с хозяйственной деятельностью человека. Оно может быть оценено в экономических показателях. Такому плодородию дали название *экономическое*.

Почва обладает определенными запасами элементов питания (запасной фонд), которые реализуются при создании урожая растений при частичном его расходе (обменный фонд). Из этого представления вытекает понятие о потенциальном плодородии.

*Потенциальное плодородие* характеризуется общими запасами элементов питания растений, формами их соединений и сложным взаимодействием всех других свойств, определяющих способность почвы в благоприятных условиях обеспечивать растения также другими земными факторами (водой, воздухом, теплом), длительное время мобилизовывать в необходимых для растений количествах элементы питания и поддерживать высокий уровень эффективного плодородия. Высоким потенциальным плодородием обладают, например, черноземные почвы, низким — подзолистые почвы.

Примером почв с высоким уровнем потенциального плодородия могут служить также болотные низинные торфяные почвы, которые характеризуются значительными запасами элементов питания и способны после осушительных мелиораций обеспечивать высокое эффективное плодородие за счет частичного расхода запасного фонда. Поскольку проявление плодородия дифференцируется в зависимости от требований различных сельскохозяйственных (и естественных) растений, то плодородие почвы по отношению к какой-либо определенной группе или виду растений называют *относительным плодородием*.

#### 19.4. ВОСПРОИЗВОДСТВО ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Плодородие почвы — следствие почвообразовательного процесса, в то же время оно выступает как необходимое условие его развития, поскольку от него зависит проявление главного фактора почвообразования — развитие почвенной биоты, и прежде всего высшей растительности и микроорганизмов. Так же как и почвообразование, плодородие тесно связано с процессами превращения, аккумуляции и передачи веществ и энергии, что является причиной количественных и качественных изменений факторов и условий плодородия.

Эти изменения могут протекать как в благоприятном направлении для развития плодородия и приводить к его повышению (накопление элементов питания, переход их в более доступные для растений формы, улучшение структуры и т. д.), так и в неблагоприятном, что приводит к снижению плодородия (вынос элементов питания, закрепление их в труднодоступных формах, разрушение структуры и т. д.). Изменения свойств почвы в течение какого-либо периода могут привести также и к относительно исходному уровню плодородия. Следовательно, за определенный период времени (вегетационный период, годичный или севооборотный цикл и т. д.) изменение плодородия может проявляться в виде неполного, простого и расширенного его воспроизводства.

Формирование плодородия почвы ниже первоначального уровня означает *неполное воспроизводство* почвенного плодородия, возвращение почвенного плодородия к исходному уровню — *простое воспроизводство* плодородия. Создание почвенного плодородия выше исходного уровня представляет собой *расширенное воспроизводство* плодородия.

Воспроизводство почвенного плодородия есть объективный закон почвообразования, присущий всем формам его проявления. При развитии природного процесса почвообразования воспроизводство плодородия по неполному, простому или расширенному типу определяется развитием конкретных почвообразовательных процессов или их сочетанием.

В условиях земледельческого использования почв воспроизводство их плодородия протекает под влиянием естественных факторов и различных приемов воздействия человека на почву.

Под совместным воздействием естественных и антропогенных факторов развивается *культурный* (антропогенный) *почвообразовательный процесс*. Специфичность антропогенного процесса почвообразования заключается в том, что он развивается под воздействием человека. При этом происходит замена естественной растительности культурными агроценозами, на почвообразование воздействуют новые факторы, не свойственные природному процессу, — обработка почвы, применение удобрений и других средств химизации, различные приемы водной мелиорации (осу-

шение, орошение и др.). При развитии антропогенного почвообразовательного процесса изменяются емкость, интенсивность и характер биологического круговорота веществ и в целом обмен веществ и энергии.

Важнейшей особенностью круговорота веществ и энергии при развитии антропогенного процесса почвообразования является отчуждение части созданного растениями урожая и заключенных в нем питательных элементов. Развитие антропогенного почвообразовательного процесса в условиях разумной целенаправленной деятельности человека способствует улучшению почв и повышению их плодородия. Нарушение этого принципа может привести к утрате почвенного плодородия (развитие эрозии, процессов засоления, потери гумуса, разрушение структуры и др.).

В годичных и севооборотных циклах развития антропогенного почвообразовательного процесса происходят изменения показателей состава и свойств почвы, обеспечивающих удовлетворение потребностей растений в воде, элементах питания и других почвенных факторах жизни.

Эти изменения могут быть как положительными для плодородия, так и отрицательными. Примером положительных изменений является устранение избыточной кислотности в результате известкования, накопление азота за счет деятельности клубеньковых бактерий при посевах бобовых, удаление вредных солей в орошаемых почвах после их промывок, улучшение водно-воздушного режима за счет рыхления подпахотного слоя и т. д.

Отрицательные изменения связаны с отчуждением элементов питания с продукцией урожая, ухудшением физических свойств пахотного слоя при уплотнении его техникой, появление токсичных количеств солей в корнеобитаемом слое орошаемой почвы, повышение потерь гумуса под пропашными культурами и в паровом поле и т. д.

Современное интенсивное земледелие основывается на широком применении химизации, мелиорации и механизации, а также на использовании высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений. Наибольшая эффективность этих факторов обеспечивается при высоком уровне почвенного плодородия, что подчеркивает все возрастающее значение плодородия почвы по мере повышения интенсивности земледелия.

Поэтому в условиях интенсивного земледелия важнейшей задачей рационального использования почв является обеспечение устойчивого высокого уровня почвенного плодородия, а при низком уровне — расширенное его воспроизводство, т. е. одновременный рост эффективного и потенциального плодородия.

Объективная возможность осуществления расширенного воспроизводства почвенного плодородия обеспечивается тем, что человек, зная закономерности развития почвы и ее плодородия, может, во-первых, повысить продуктивность почвы за счет увеличе-

ния содержания элементов питания, влаги и направленного восполнения их расхода (например, освоение пустынь и других территорий с малопродуктивными почвами); во-вторых, может вернуть почве больше, чем изъято у нее с урожаем; в-третьих, может регулировать свойства и режимы почвы в целях создания более высокого уровня плодородия.

Эти задачи решаются в земледелии на основе практического осуществления установленных наукой и передовой практикой приемов улучшения свойств и режимов почв. Вместе с тем они требуют от науки поиска новых путей регулирования почвенного плодородия.

Воспроизводство плодородия почвы в интенсивном земледелии осуществляют двумя путями: вещественным и технологическим.

Первый включает применение удобрений, мелиорантов, пестицидов, благоприятное в агрономическом отношении чередование культур (севооборот); второй связан с улучшением свойств почвы путем механической обработки, приемов осушительной мелиорации и др. Основные конкретные пути воспроизводства почвенного плодородия показаны на рисунке 11 (в нижней части схемы). Их сочетание характеризует содержание зональных систем земледелия и антропогенные условия развития культурного почвообразовательного процесса.

## 19.5. МОДЕЛИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Направленное развитие культурного почвообразовательного процесса позволяет обеспечить определенные уровни (модели) *почвенного плодородия*, под которыми следует понимать совокупность агрономически значимых свойств почв и их режимов, отвечающих определенному уровню продуктивности растений.

Для условий интенсивного земледелия необходимо создание моделей почвенного плодородия, характеризующихся оптимальными параметрами свойств почв.

*Оптимальные параметры свойств почв* — это такое сочетание количественных показателей свойств (и режимов) почв, при котором могут быть максимально использованы все жизненно важные для растений факторы, наиболее полно реализованы потенциальные возможности выращиваемых культур и обеспечен наивысший урожай при его хорошем качестве (Кулаковская).

Одновременно почва с оптимальными параметрами свойств, режимов и площади производственного участка обеспечивает наибольшую эффективность факторов интенсификации — химизации, механизации и мелиорации.

Поскольку различные растения предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям, модель почвенного плодородия

дия должна разрабатываться с учетом требований растений к свойствам почв. Вместе с тем при разработке модели следует учитывать свойства и режимы конкретных почв и структуру почвенного покрова, так как для каждого типа почв (в ряде случаев даже подтипа, рода и разновидности) с учетом фациальных особенностей почвенного плодородия урожайность культурных растений будет различна.

На фоне генетических особенностей почв (строение профиля, наличие гумусовых горизонтов, фациальные условия водно-температурного режима и др.) модели почвенного плодородия разрабатывают с учетом гранулометрического состава (песчаные и супесчаные, легко- и среднесуглинистые, тяжелосуглинистые и глинистые) как фундаментального показателя, имеющего интегральное значение в формировании агрономических свойств почв и дифференцирования агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных растений.

Модели почвенного плодородия разрабатывают совместно почвоведы, мелиораторы, растениеводы и другие специалисты агрономической науки. Их создают на основе изучения основных параметров почв в системе полевых опытов с ведущими культурами, изучения и обобщения данных по характеристике почв и урожайности растений передовых хозяйств и сортоучастков, конструирования моделей почв с заданными параметрами в специальных мелкоделяночных и вегетационных опытах. Модели оптимального почвенного плодородия и установленные наукой и практикой пути их достижения позволяют хозяйствам наиболее успешно решать конкретную задачу повышения плодородия почв.

К числу общих показателей свойств почв (и их режимов), оптимальные параметры которых необходимо установить для модели плодородной почвы, относятся:

показатели гумусного состояния почвы — содержание и состав гумуса, его запасы, мощность гумусового слоя;

параметры, характеризующие питательный режим почв — содержание доступных форм элементов питания растений;

показатели оптимальных физических свойств — плотность, агрегатированность, наименьшая влагоемкость, водопроницаемость, аэрация;

показатели, характеризующие строение почвенного профиля — мощность пахотного слоя и в целом гумусового профиля;

показатели физико-химических свойств — реакция, емкость поглощения, состав обменных катионов, степень насыщенности основаниями.

Кроме названных свойств, общих для всех типов почв, устанавливают оптимальные зональные показатели, определяющие условия (и уровень) почвенного плодородия отдельных типов почв (наличие токсичных веществ — подвижных форм алюминия и марганца в почвах таежно-лесной зоны, показатели солевого режи-

ма — содержание, состав и глубина залегания токсичных солей в почвах аридных и семиаридных зон и др.).

Оптимальные показатели многих свойств в значительной степени зависят от того, насколько оптимальны параметры фундаментальных свойств почвы — гранулометрического состава и гумусного состояния, оказывающие практически основное влияние на все агрономически важные свойства почв и их режимы.

Все факторы жизни равнозначны для растений. Ни один из них не может быть заменен другим. В связи с этим чрезвычайно важно в целях повышения плодородия и получения высоких устойчивых урожаев воздействовать одновременно на все факторы жизни растений. При этом необходимо выявить основной фактор (или группу факторов), воздействие на который стимулирует максимальную эффективность остальных. Например, в засушливых районах главный лимитирующий фактор развития растений и их урожайности — вода. Поэтому в этих зонах важнейшее значение приобретают мероприятия по накоплению и продуктивному расходованию влаги.

В таежно-лесной зоне особое значение приобретает улучшение питательного режима и реакции почвы путем внесения удобрений и известкования. В почвах избыточного увлажнения в первую очередь необходимо регулировать водно-воздушный режим. В этом случае максимальный эффект дают применение удобрений и другие приемы повышения плодородия почв.

В зоне орошаемого земледелия важнейшее значение имеет правильное орошение, исключающее возможность заболачивания и вторичного засоления почв.

Таким образом, воздействия на факторы, определяющие урожай растений, требуют дифференцированных приемов повышения плодородия почв в различных зонах с учетом свойств и режимов почв и климатических условий, лимитирующих эффективное плодородие.

В этой связи важное значение приобретают материалы почвенно-агрономических исследований: почвенные карты, картограммы содержания доступных растениям элементов питания (P, K, N), картограммы кислотности, засоленности, эродированности, заболоченности почв и др.

Одностороннее воздействие на какой-либо фактор жизни растений без изменения других приводит к постепенному снижению эффективности такого воздействия, а при определенных условиях может снизить урожай. Например, избыточное увлажнение приводит к ухудшению воздушного режима, развитию вредных восстановительных процессов и, как следствие, снижению продуктивности растений; одностороннее избыточное азотное питание затягивает развитие растений, способствует полеганию и снижению урожая.

Наукой и практикой выработан широкий комплекс приемов

воздействия на свойства почвы, обеспечивающих регулирование питательного, водно-воздушного, теплового и солевого режимов почв.

Основные приемы повышения эффективного плодородия почвы и максимального использования ее естественного плодородия связаны с рациональным применением органических и минеральных удобрений, известкованием и гипсованием почв, системой их обработки, орошением и осушением, травосеянием, созданием полезащитных лесных полос, введением севооборотов, с мероприятиями по борьбе с эрозией и возделыванием наиболее урожайных сортов растений.

Конкретные приемы в системе этих мероприятий определяются особенностями почв хозяйства, местного климата и требованиями возделываемых культур.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте понятие плодородия и его видов. 2. Назовите группы свойств почв, определяющие плодородие. 3. Покажите на примерах проявление плодородия как результата сложного взаимовлияния состава, свойств и режимов почв. 4. Охарактеризуйте требования к почвенному плодородию (почвенным условиям) наиболее распространенных сельскохозяйственных культур. 5. Каковы особенности воспроизводства плодородия в интенсивном земледелии? 6. Что такое «культурный» (антропогенный) процесс почвообразования? Каковы положительные и негативные стороны влияния на плодородие почв? 7. Расскажите об оптимальных параметрах почв. Какими приемами они создаются? Назовите модели плодородия.

---

## Раздел III

# ПОЧВЕННЫЕ ЗОНЫ, ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ, АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРОДИЯ



В этой части учебника охарактеризованы почвы природных зон России, образовавшиеся под влиянием различных природных почвообразовательных процессов, обусловивших формирование определенных свойств и режимов почв. Эти свойства и режимы не всегда благоприятны для культурных растений, предъявляющих к ним более высокие требования при формировании урожая, чем дикие виды растений. Поэтому при рассмотрении разных типов почв обращается внимание на особенности их состава, свойств и режимов, чтобы на этой основе проводить мероприятия по повышению плодородия почв, создавая условия, необходимые для устойчивого земледелия.

### Глава 20

## ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЧВ. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

### 20.1. ГЛАВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОГРАФИИ ПОЧВ

Образование (генезис) любой почвы есть результат сложного взаимодействия факторов почвообразования. Поскольку в распределении факторов на земной поверхности наблюдаются определенные закономерности, естественно, они отражаются на распределении почв. Главные закономерности в географии почв выражаются следующими законами: закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности, закон вертикальной почвенной зональности, закон фациальности почв, закон аналогичных топографических рядов.

Закон горизонтальной (широтной) почвенной зональности. Сформулирован В. В. Докучаевым. Сущность его заключается в том, что поскольку важнейшие почвообразователи (климат, растительность и животный мир) закономерно изменяются в широтном направлении с севера на юг,

то и главные (зональные) типы почв должны последовательно сменять друг друга, располагаясь на земной поверхности широтными полосами (зонами). Этот закон отражал главное положение докучаевского генетического почвоведения о том, что почва как особое природное образование есть следствие определенного сочетания факторов почвообразования, и явился вместе с тем результатом обобщения обширных географических исследований В. В. Докучаева по изучению почв Русской равнины.

Закон широтной почвенной зональности получил отражение в следующих двух главных проявлениях. Первое — в наличии на территории суши земного шара последовательно сменяющихся друг друга почвенно-биоклиматических (термических) поясов, характеризующихся сходством природных условий и почвенного покрова, обусловленных общностью радиационных и термических показателей (см. табл. 5). При движении с севера на юг в пределах Северного полушария выделяют пять поясов: полярный, бореальный, суббореальный, субтропический и тропический. Аналогичные пояса могут быть выделены в Южном полушарии.

Второе проявление закона горизонтальной почвенной зональности выражается в разделении почвенно-биоклиматических поясов по совокупности условий почвообразования и общим чертам почвенного покрова на почвенные зоны — широтные полосы в связи с закономерной схемой не только термических условий, но и увлажнения (см. табл. 6) и, как следствие, растительности.

Наиболее отчетливо широтные почвенные зоны обособляются на обширных равнинных пространствах внутри континентов (Русская равнина, Западная Сибирь и др.). Так, суббореальный пояс в пределах Центральной Евразии разделяется на следующие зоны: лесостепь (серые лесные почвы, оподзоленные, выщелоченные и типичные черноземы) — степь (черноземы обыкновенные и южные) — сухая степь (каштановые почвы) — полупустыня (бурые полупустынные почвы) — пустыня (серо-бурые пустынные, такыры, такыровидные и пустынные песчаные почвы). На территории материков, прилегающих к океаническому и морским бассейнам, такая последовательность в смене широтных почвенных зон нарушается из-за осложняющего влияния влажных воздушных масс, притекающих с обширных водных пространств, на изменение условий почвообразования (климата, растительности и почв).

Закон вертикальной почвенной зональности. Он гласит, что в условиях горного рельефа происходят закономерные последовательные изменения климата, растительности и почв в связи с изменением абсолютной высоты местности. По мере поднятия от подножия гор к их вершинам понижается температура воздуха в среднем на  $0,5^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м абсолютных высот, что влечет за собой изменение количества выпадающих осадков и, как следствие, смен растительности и почв. Эти изменения проявляются в образовании вертикальных растительно-кли-

матических и почвенных поясов (вертикальных зон). В общем виде последовательная смена зон аналогична их смене на равнинных пространствах при движении с юга на север. Например, если нижняя зона представлена черноземами, то по мере повышения абсолютной высоты могут размещаться серые лесные почвы, затем дерново-подзолистые и т. д.

Такая общая схема последовательной смены вертикальных почвенных зон может осложняться и нарушаться из-за особенностей горного рельефа (резкой смены абсолютных высот, крутизны и экспозиции склонов, типов макрорельефа — плоскогорье, межгорные впадины, разнообразие склонов и т. д.) и частой смены почвообразующих пород.

Конкретный состав почвенных вертикальных зон определяется положением горной страны в системе широтных зон и абсолютными высотами ее рельефа.

**Закон фациальности почв.** Заключается в том, что почвенный покров в отдельных меридиональных частях термических поясов и зон может заметно изменяться в связи с изменением климата под влиянием термодинамических атмосферных процессов. Эти изменения обусловлены близостью или удаленностью конкретных частей пояса или зоны от морских и океанических бассейнов, а также влиянием горных систем и т. д. Они проявляются в виде повышения или ослабления атмосферного увлажнения и континентальности климата.

Такие изменения сказываются на растительности и проявлении почвообразовательных процессов. Фациальные особенности почвенного покрова часто выражаются в дифференциации почв по температурному режиму (теплые, умеренные, холодные, непромерзающие, промерзающие, длительно промерзающие почвы и т. д.), в появляющихся различиях в строении профиля (мощности гумусовых горизонтов и др.) и свойствах зонального типа или подтипа почв, а иногда и в появлении новых типов в данной фации.

В качестве примера проявления закона фациальности можно привести территорию бореального пояса на Евразийском континенте. Здесь при движении с запада на восток более влажные и теплые условия климата постепенно сменяются нарастанием континентальности и холодности в Восточной Европе и далее на территории Западной и Восточной Сибири. В Дальневосточном Приморье вновь господствуют условия влажного океанического климата. В связи с таким изменением гидротермических условий наблюдается последовательная смена дерново-подзолистых умеренно теплых кратковременно промерзающих почв умеренными промерзающими (центр европейской части пояса) и далее умеренно холодными длительно промерзающими (южная часть таежной Сибири), затем появлением специфических типов мерзлотно-таежных (Восточная Сибирь) и буро-таежных почв (Приморье).

Закономерности в географии почв, проявляющиеся в форме законов широтной и вертикальной зональности и закона фациальности почв, являются следствием закономерности изменения биоклиматических условий на обширных территориях в связи с их широтным и меридиональным положением на материках.

**Закон аналогичных топографических рядов.** Отражает сходную закономерную смену почв по элементам мезо- и микрорельефа во всех зонах. Сущность этого закона заключается в том, что в любой зоне распределение почв на элементах рельефа имеет аналогичный характер: на возвышенных элементах залегают почвы, генетически самостоятельные (автоморфные), которым свойственны вынос подвижных продуктов почвообразования и аккумуляция малоподвижных; на пониженных элементах рельефа (шлейфы склонов, днища низин и западин, приозерные понижения, пойменные террасы и т. д.) расположены генетически подчиненные почвы (полугидроморфные и гидроморфные) с аккумуляцией подвижных продуктов почвообразования, приносимых с поверхностным и внутрипочвенным стоками с водоразделов и склонов; на склоновых элементах рельефа залегают переходные почвы, в которых по мере приближения к отрицательным формам рельефа возрастает аккумуляция подвижных веществ.

## 20.2. СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Для территории любого хозяйства, часто отдельного поля и даже небольшого участка свойственна комбинация нескольких почв.

Вся совокупность почв конкретной территории называется ее *почвенным покровом* (ПП). Можно говорить о почвенном покрове Земли, отдельных материков, стран, хозяйств, их отдельных земельных участков и т. д.

В своей практической работе агроном всегда имеет дело не с одной какой-то почвой, а со всем их разнообразием, характеризующим почвенный покров конкретной территории. Для рационального использования почвенного покрова той или иной территории важно учитывать не только свойства и уровень плодородия каждой почвы участка, но и знать, сколькими контурами, какого размера и формы представлена каждая почва на этой территории, т. е. какой рисунок ПП образуют все почвы, его составляющие, насколько близки или различны (контрастны) эти почвы по отношению друг к другу с точки зрения их агрономических качеств, определяющих условия и сроки полевых работ, набор возделываемых культур, применение удобрений и т. д.

Представление об этом дает знание *структуры почвенного покрова* (СПП). В основе учения о структуре почвенного покрова лежит понятие об элементарном почвенном ареале (ЭПА). *Элемен-*

*тарный почвенный ареал* — участок территории, занятый одной конкретной почвой самого низкого таксономического уровня (разряда), ограниченный со всех сторон другими ЭПА или непочвенными образованиями (карьером, водоемом и т. д.). Характеристика ЭПА определяется названием почвы, размерами и формой контура, а также расчлененностью его границ. По размеру различают мелкоконтурные ЭПА (<1 га), среднеконтурные (1—20 га), крупноконтурные (>20 га).

Элементарные почвенные ареалы, сменяя друг друга, образуют почвенные комбинации (ПК), которые и характеризуют СПП конкретной территории.

Важнейшими характеристиками ПК являются их компонентный состав, размер входящих в них ЭПА и степень агрономического различия (контрастность) между ними.

Различают шесть (классов) почвенных комбинаций (табл. 37).

### 37. Классификация почвенных комбинаций

ПК по размерам	Классы ПК		Преимущественный фактор формирования ПК
	контрастные	неконтрастные	
Микрокомбинации	Комплексы	Пятнистости	Микрорельеф
Мезокомбинации	Сочетания	Вариации	Мезорельеф
Мезо- и макрокомбинации	Мозаики	Ташеты	Смена пород (мозаики); смена пород и растительности (ташеты)

Чем крупнее в почвенной комбинации площади ЭПА, чем они однороднее по агрономическим свойствам, тем агрономически благоприятнее СПП. И, наоборот, чем больше (контрастнее) в комбинации отличается одна почва от другой, чем меньше площади ЭПА, тем неблагоприятнее СПП в агрономическом отношении. В пятнистостях небольшие размеры ЭПА не играют заметной отрицательной роли, так как составляющие пятнистость почвы близки (неконтрастные) по своим агрономическим свойствам. Различают (Карманов) три группы СПП по их агрономическим качествам: агрономически однородные, агрономически неоднородные совместимые, агрономически неоднородные несовместимые.

*Агрономически однородные СПП* позволяют на участках (полях севооборотов и т. д.) применять одинаковый комплекс агротехнических и мелиоративных мероприятий, проводить посев и уборку в одни и те же оптимальные сроки и получать близкие урожаи сельскохозяйственных культур. Агрономически однородные СПП всегда можно включать в состав одного поля севооборота. Агрономически однородные СПП представлены пятнистостями, вариациями и ташетами. Например, СПП поля севооборота с комбинацией пятнистостей (мелкоконтурных выделов) черноземов среднемощ-

ных и мощных или вариациями дерново-слабо- и среднеподзолистых суглинистых почв.

К *агрономически неоднородным совместимым СПП* относятся территории, требующие при использовании почв массива небольших различий в системах агротехнических и мелиоративных мероприятий при общей их однотипности. При этом сроки полевых работ на контурах почв данной структуры близки, хотя урожаи могут заметно различаться. Такие СПП можно включать в состав одного поля. При этом необходимо осуществлять приемы выравнивания плодородия почв, составляющих СПП участка. Примером агрономически неоднородных совместимых СПП могут служить комбинации несмытых и слабосмытых почв.

*Агрономически несовместимые СПП* требуют качественно различных мероприятий, не допускают проведения основных полевых работ в одни и те же сроки. Они, как правило, не включаются в состав одного поля. В ряде случаев они могут быть включены в состав одного поля специализированных севооборотов (кормового, почвозащитного). При этом необходимо учитывать соотношение агрономически несовместимых почв в составе СПП, площади их контуров, характер границ, взаимное расположение и т. д. Как пример агрономической несовместимости СПП можно привести сочетание дерново-подзолистых почв плакоров и пологих склонов с сильнооуглееными почвами ложбин и западин, комбинации незасоленных и сильнозасоленных почв.

Существуют специальные методики количественной оценки сложности (пестроты), контрастности и неоднородности СПП, разработанные для почв разных зон. На качественном уровне такую оценку можно провести на основании сравнительной характеристики почв различных агропроизводственных групп (см. гл. 37). Изучение СПП основывается на картографировании почвенного покрова.

### 20.3. ПОЧВЕННО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЕ И ПРИРОДНО-СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ

Для разделения территории на отдельные части по общности их почвенного покрова и природных условий его формирования осуществляют два типа районирования: почвенно-географическое и природно-сельскохозяйственное.

*Почвенно-географическое районирование* — это метод анализа и выявления главных особенностей почвенного покрова и выделение на этой основе территорий, однородных по его зонально-провинциальным особенностям, структуре и возможностям сельскохозяйственного использования.

Основной единицей почвенно-географического районирования является *почвенная зона* — ареал одного или нескольких зо-

нальных типов почв в совокупности с другими сопутствующими (внутризональными, интразональными) почвами.

Почвенная зона объединяется в более крупные таксономические единицы — *почвенную область* и далее в *почвенно-биоклиматический* (термический) *пояс*. По особенностям почвенного покрова в связи с дифференциацией внутри зоны условий теплообеспеченности, увлажнения и континентальности зону подразделяют на *подзоны* (не всегда) и *почвенные провинции*. Последние, в свою очередь, разделяются на почвенные округа, а округ — на почвенные районы.

*Почвенный округ* — часть почвенной провинции, характеризующаяся определенным типом почвенных комбинаций, обусловленных особенностями рельефа и почвообразующих пород.

*Почвенный район* — более однородная часть территории почвенного округа, характеризующаяся одним типом мезоструктуры почвенного покрова. Обычно почвенные районы внутри округа различаются по количественному соотношению рядов, видов и разновидностей, свойственных округу.

Для горных территорий используют свою таксономию почвенно-географического районирования, ниже почвенно-биоклиматической области: горная провинция (совокупность вертикальных зон конкретной горной территории), вертикальная почвенная зона, горный почвенный округ, горный почвенный район.

*Природно-сельскохозяйственное районирование* предусматривает разделение территории на отдельные части на основе оценки всего комплекса физико-географических условий (климата, рельефа, почв и др.) и их соответствия требованиям сельскохозяйственного производства. Оно базируется на материалах почвенно-географического районирования, но предусматривает более глубокий и разносторонний их анализ с учетом требований сельскохозяйственного производства. Поэтому оно служит естественнонаучной основой для размещения сельскохозяйственного производства, разработки, начиная с масштабов страны и кончая территориями отдельных хозяйств и землепользователей, рациональных систем его ведения (определение специализации, системы земледелия со всеми звеньями и т. д.).

Существует следующая система таксономических единиц природно-сельскохозяйственного районирования: природно-сельскохозяйственный пояс (самый высокий уровень районирования) и далее для равнинных территорий — природно-сельскохозяйственная зона, провинция, для горных — природно-сельскохозяйственные горные области, горные провинции и горные округа.

Для каждой таксономической единицы характерно сочетание определенных природных условий и связанных с ними особенностей сельскохозяйственного производства.

*Природно-сельскохозяйственный пояс* обособляется по сумме активных температур ( $>10^{\circ}\text{C}$ ). Выделяют следующие природно-сельскохозяйственные пояса.

*Холодный тундрово-таежный* ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$  до  $1600^\circ\text{C}$ ). Характеризуется низкой теплообеспеченностью, ограничивающей полевое земледелие (оно строго выборочное). Главные направления использования природных биоресурсов — оленеводство, звероводство, охота и рыболовство.

*Умеренный пояс* ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$   $1600\text{—}4000^\circ\text{C}$ ) — интенсивного земледелия и животноводства (лесная, лесостепная и степная зоны), выборочного земледелия и пастбищного животноводства (полупустынная и пустынная зоны), культур с умеренными требованиями к теплу.

Теплый субтропический пояс ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$  более  $4000^\circ\text{C}$ ) — орошаемого и богарного субтропического земледелия, отгонного и прифермского животноводства, теплолюбивых культур с длительным вегетационным периодом.

Основной единицей природно-сельскохозяйственного районирования является *природно-сельскохозяйственная зона*. Она по комплексу условий (климат, почвы и т. д.) в основном соответствует почвенно-климатической зоне, однако, учитывая особую требовательность сельскохозяйственных культур к условиям влаго- и теплообеспеченности, таежно-лесная почвенная зона разделена на несколько самостоятельных природно-сельскохозяйственных зон. Выделяют следующие зоны: полярно-тундровая, лесотундровая, северотаежная, среднетаежная, южнотаежная, лесостепная, степная, сухостепная, полупустынная и пустынная.

*Природно-сельскохозяйственная провинция* — часть зоны, характеризующаяся фациальными особенностями почвенного покрова, связанными с изменением континентальности климата, суровости и снежности зимы, показателей тепло- и влагообеспеченности вегетационного периода.

Этими особенностями почвенно-климатических условий провинции определяются важные черты сельскохозяйственного производства — основной набор культур, общий характер агротехники, уровень эффективности удобрений и др.

*Природно-сельскохозяйственный округ* выделяется как часть территории провинции с более однородными геоморфологическими и гидрологическими особенностями, почвенным покровом, макро- и микроклиматом. Его выделение дает основание для более дифференцированного и конкретизированного ведения сельскохозяйственного производства в пределах провинции (устанавливается более ограниченный набор культур и сортов, приспособленных к местным условиям, уточняются приемы агротехники и соотношение угодий в соответствии с почвенно-геоморфологическими особенностями территории округа, конкретизируются севообороты и др.).

Природно-сельскохозяйственное и почвенно-географическое районирование позволяет иметь достаточно полные сведения

ния о количестве и качестве почвенных ресурсов и на основе этой информации осуществлять наиболее рациональное их использование.

#### 20.4. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

Успешное изучение и правильное использование чрезвычайно большого разнообразия почв невозможно без их строго научной классификации. *Классификация почв* — это объединение почв в группы по их признакам, свойствам и особенностям плодородия.

Основой построения современных классификаций является генетический принцип, согласно которому признаки и свойства почв должны рассматриваться как следствие процессов почвообразования, возникающих и развивающихся в условиях конкретного сочетания факторов почвообразования.

Основополагающие идеи генетической классификации были разработаны В. В. Докучаевым и Н. М. Сибирцевым.

В построенных ими первых схемах генетических классификаций почвы объединялись в большие группы (генетические типы), характеризующиеся общностью строения профиля и некоторых свойств (содержание гумуса, наличие солей и пр.), являющихся следствием общности в своих главных чертах факторов почвообразования.

Например, для типа черноземных почв (черноземов) общими является наличие темного (темно-серого, черного) хорошо прокрашенного гумусом слоя, обладающего отчетливой комковато-зернистой структурой, постепенно переходящего в малоизмененную почвообразующую породу, их приуроченность на больших пространствах к территориям с умеренно теплым климатом при некотором недостатке атмосферного увлажнения, с лугово-степной или степной травянистой растительностью.

Общим признаком строения профиля почв подзолистого типа является обособление под слоем опада лесной растительности белесого (подзолистого) горизонта. Они формируются под лесами таежного типа в умеренно холодном влажном климате. В. В. Докучаев и Н. М. Сибирцев подметили, что подобное сочетание климата, растительности и почв свойственно обширным широтным полосам равнинных пространств России.

Такие территории получили название *природных зон*, а соответствующие им почвенные типы — *зональных почв*. К ним были отнесены тундровые, подзолистые, черноземы, серые лесные и некоторые другие почвы. Внутри зон отдельные почвенные типы помимо зональных могли формироваться при условиях, отличающихся по сочетанию факторов от типичных зональных. Например, устойчиво избыточное увлажнение в понижениях рельефа, сильнозасоленные почвообразующие породы, нети-

пичные для господствующих в зоне, проявление интенсивных геологических процессов (отложение аллювия в поймах рек) и т. д. Почвы, образующиеся в этих условиях, отличались строением профиля и свойствами. Например, избыточному увлажнению способствовало образование болотных почв, засоленным породам — солончаков и солонцов, аллювиальным наносам — аллювиальных почв. Такие почвы в отличие от зональных В. В. Докучаев и Н. М. Сибирцев называли *азональными* и *интразональными*.

В генетических классификациях В. В. Докучаева и Н. М. Сибирцева было проведено разделение некоторых типов почв на более мелкие группы — подтипы, что объяснялось необходимостью более детального разделения типов почв.

Генетический принцип классификации оказался удачным. Он получил широкое признание и последующее развитие. В отечественном почвоведении был разработан ряд классификационных схем, отражавших общий генетический принцип их построения, но различавшихся в зависимости от учета роли того или иного фактора или процесса образования почв. Одни авторы при построении схем отдавали первенство породам (литогенные схемы), вторые — климату (климатогенные схемы), третьи — растительности и климату (биоклиматические), четвертые — процессам почвообразования (собственно генетические и т. д.).

Во всех схемах за основную единицу классификации принимали *генетический тип почв*.

По мере развития почвоведения развивалась и совершенствовалась классификация почв. При этом уточнялось и углублялось понятие о типе почв, выработывалась система соподчиненных таксономических единиц, позволяющая разделить большое разнообразие почв, объединенных в единый генетический тип, на составляющие его более мелкие группы, а также объединить типы на более высоком таксономическом уровне (ряды, группы).

Необходимость разделения типа почв на более мелкие группы очевидна, так как в пределах типа встречаются почвы разного granulометрического состава, сформированные на разных породах, имеющие различную мощность горизонтов, разное содержание гумуса и неоднородность по другим показателям. Естественно, что эти различия дифференцировали почвы в пределах типа и по особенностям их плодородия.

В настоящее время в отечественной классификации почв принята следующая система таксономических единиц: тип — подтип — род — вид — разновидность — разряд.

Генетический *тип* — большая группа почв, выделяющаяся по общности строения их профиля, обусловленной однотипностью поступления и превращения органических веществ и комплекса процессов разложения и синтеза минеральных соединений, однотипностью процессов миграции и аккумуляции веществ и одно-

типной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия почв.

Типы почв подразделяются на подтипы.

*Подтипы* — группы почв в пределах типа, качественно различающиеся по проявлению основного процесса или приобретающие характерные особенности в строении профиля и свойствах в связи с проявлением налагающегося процесса.

Зональные типы почв разделяются на подтипы с учетом свойств и признаков, обусловленных как подзональными, так и фациальными особенностями природных условий их формирования. Критериями выделения подзональных подтипов являются особенности строения профиля в связи с проявлением основного и налагающихся процессов (мощность горизонтов и характер их выраженности и др.). Фациальные подтипы выделяют по особенностям их температурного режима — по сумме температур на глубине 20 см и продолжительности периода отрицательных температур на той же глубине (длительности промерзания).

Выделение фациальных подтипов имеет важное значение для оценки температурных условий при подборе и выращивании сельскохозяйственных культур.

*Роды* выделяют в пределах подтипа по качественным особенностям почв (свойствам, строению профиля, режимам), возникающим в почвах подтипа под влиянием местных условий — состава пород, химизма грунтовых вод, признаков, унаследованных от предшествующих стадий почвообразования (реликтовых) и др.

*Виды* почв выделяют в пределах рода по степени развития почвообразовательных процессов (мощности отдельных горизонтов, степени гумусированности, засоленности и т. д.).

*Разновидности* почв выделяют по гранулометрическому составу их верхнего горизонта.

*Разряды* почв обуславливаются генетическими свойствами почвообразующих пород (моренные, аллювиальные, флювиогляциальные, морские и т. д.) с указанием их гранулометрического состава. Разделение почв на любом таксономическом уровне (объединение в типы, подтипы, роды, виды и т. д.) проводят по свойствам и признакам почв, обусловленным как проявлением природного процесса, так и приобретенным в результате хозяйственной деятельности при их использовании.

Проводят объединение типов почв на более высоком таксономическом уровне. Например, объединение типов в ряды по общности режима увлажнения: автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные, а также по общности некоторых показателей их состава и свойств (био-физико-химические ряды — по составу гумуса, реакции, наличию карбонатов, засоленности и другим показателям). Известны и другие группировки почв.

Приведем систематический список основных типов почв по зонам.

Тундровые глеевые	Тундра
Подзолистые	Таежно-лесная
Мерзлотно-таежные неоглеенные	»
» » оглеенные	»
» » палевые	»
Дерново-подзолистые	»
Болотно-подзолистые	»
Дерново-карбонатные	Таежно-лесная и др.
Дерново-глеевые	»
Торфяные болотные верховые	Тундровая, таежно-лесная
» » низинные	Таежно-лесная и др.
Серые лесные	Лесостепная
Бурые лесные (буроземы)	Широколиственно-лесная
Подзолисто-буроземные	»
Черноземы	Лесостепная и степная
Лугово-черноземные	»
Каштановые	Сухостепная
Лугово-каштановые	»
Бурые полупустынные	Полупустынная
Серо-бурые пустынные	Пустынная
Такыры	»
Серо-коричневые	Субтропических степей, ксерофитных лесов и кустарников
Коричневые	То же
Сероземы	Субтропических пустынных степей
Лугово-сероземные	»
Желтоземы	Влажных субтропиков
Красноземы	»
Солоди	Лесостепная, степная, сухих степей и полупустыни
Солонцы автоморфные	То же
» полугидроморфные	»
» гидроморфные	»
Солончаки	»
Аллювиальные дерновые	Во всех зонах
» луговые	»

Составными разделами классификации почв являются номенклатура и диагностика.

*Номенклатура* (название) почв для крупных таксономических единиц (тип, подтип) сформировалась исторически, исходя из следующих трех положений: основываясь на традиционных цветовых характеристиках профиля почв и прежде всего их верхних горизонтов, которые часто совпадали и с народными названиями почв (черноземы, подзолы, красноземы и т. д.); название типа почв по окраске не является только простым отражением типичного цвета ее поверхности и верхнего горизонта, а обобщает в этом термине всю совокупность присущих данной почве свойств и уровень ее плодородия, обусловленных определенной направленностью почвообразовательного процесса; для названия типов используют также ландшафтные термины, характеризующие общие черты условий формирования типа почв — тундровые почвы, луговые почвы и т. д.

Название подтипов определяется их географическим положением (например, черноземы южные), особенностями окраски гумусового слоя (светло-серые, серые, темно-серые лесные, темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые и т. д.).

Названия родов связаны с характеристикой свойств, обусловленных соответствующим процессом (глееватые, осолоделые, солонцеватые и т. д.), налагающимся на основной, или наличием реликтовых признаков и свойств (почвы со вторым гумусовым горизонтом, остаточно-солончаковатые и др.).

Видовое название отражает количественную выраженность того или иного свойства или признака — малогумусные, маломощные, слабоподзолистые, слабо-, средне-, сильносолонцеватые и т. д.

Название разновидности определяется гранулометрическим составом верхнего горизонта — песчаные, супесчаные, легкосуглинистые и т. д.

Генетическое название породы характеризует разряд почвы (например, почвы на карбонатной суглинистой морене, на аллювиальных песках и т. д.).

*Диагностика почв* — совокупность морфологических признаков, показателей состава, свойств и режимов, характеризующих почву любого таксономического уровня и позволяющих объективно дать ей конкретное название. Различают диагностику по морфологическим признакам — строению профиля, окраске отдельных горизонтов, их мощности, структуре, новообразованиям и т. д., а также по особенностям микроморфологии.

Основными аналитическими диагностическими показателями являются: показатели состава — содержание и состав гумуса, валовой состав минеральной части, содержание карбонатов, легкорастворимых солей, подвижных форм элементов питания и др.; показатели свойств — реакция, емкость катионного обмена и состав обменных катионов, биологическая активность; физические свойства (плотность, структура) и др.

Показатели режимных наблюдений (температурного, водного, солевого, окислительно-восстановительного и др.) также используют для диагностики почв. Диагностика позволяет не только установить (выявить) главные черты генезиса почвы и принадлежность ее к любому таксономическому уровню, но и дать прикладную оценку почвы по степени пригодности для того или иного вида использования (в сельском и лесном хозяйстве, дорожном строительстве и др.) и определить необходимость проведения конкретных мероприятий по улучшению почвы (мелиоративная оценка, применение удобрений и др.). Например, показатель рН, свидетельствующий о сильнокислой реакции, указывает на необходимость известкования такой почвы; оглеенность свидетельствует о необходимости регулирования водно-воздушного режима. Диагностические показатели почвы для агронома — это исходные данные по управлению ее плодородием.

Наряду с генетической (базовой) классификацией существуют прикладные классификации (группировки) почв. Они представляют собой объединение почв в группы по их пригодности для практического использования: в сельском хозяйстве, в отдельных его видах (полеводство, плодоводство, овощеводство, пастбищное использование почв и т. д.), в лесном хозяйстве, в санитарном деле и т. д. Эту группировку проводят на основе оценки тех генетических показателей, которые определяют пригодность почвы для ее конкретного практического использования.

Из сказанного следует, что при выборе практического использования почв основой являются исходные генетические их показатели. Важнейшее значение генетической классификации заключается в решении практических задач рационального использования почв. В то же время от агронома требуется знание конкретных свойств почвы, показателей ее состава в формировании эффективного плодородия. Только тогда он сможет правильно использовать показатели генетической диагностики почв.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. В форме каких законов проявляются главные закономерности в географии почв? Охарактеризуйте их. 2. Что такое структура почвенного покрова? Дайте понятие элементарного почвенного ареала и почвенных комбинаций. Как их учитывать в агрономической практике? 3. Дайте понятие таксономических единиц почвенно-географического и природно-сельскохозяйственного районирования. 4. Назовите почвенную зону и почвенные округа вашего региона. 5. Назовите таксономические единицы классификации почв и дайте им характеристику. 6. Каковы основные морфологические и аналитические показатели диагностики почв?

## **Глава 21**

### **ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЫ**

Подзолистые почвы являются наиболее распространенными почвами России, преобладают в таежно-лесной зоне, охватывающей более 50 % ее территории, в том числе около 18 % площади расположено в горных районах Средней и Восточной Сибири. Таежно-лесную зону и северную часть лесостепной зоны с серыми лесными почвами часто называют Нечерноземной зоной, учитывая общность природно-хозяйственных признаков и особенности ведения земледелия на этой территории.

#### **21.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

Природные условия таежно-лесной зоны чрезвычайно разнообразны в связи с ее огромной протяженностью с севера на юг (от зоны тундры до лесостепной) и с запада на восток (от Ленинград-

ской области до берегов Охотского и Японского морей). Равнинные, в основном европейская и западносибирская, части таежно-лесной зоны по климатическим условиям, растительности и почвенному покрову подразделяют с севера на юг на три подзоны: северную, среднюю и южную тайгу. Восточнее также выделяют крупные территории зоны, различающиеся по природным условиям и почвенному покрову. Отметим общие показатели условий почвообразования таежно-лесной зоны.

**К л и м а т.** Климат зоны умеренно холодный, с нарастанием континентальности к востоку. В районах Восточной Сибири он резко континентальный, а на Дальнем Востоке — муссонный. Средняя годовая температура на западе европейской территории таежно-лесной зоны  $4^{\circ}\text{C}$ , в восточной ее части (Среднее Предуралье) около  $1^{\circ}\text{C}$ , в Восточной Сибири  $-7\text{...}-16^{\circ}\text{C}$  и на Дальнем Востоке до  $7,5^{\circ}\text{C}$ . Годовое количество осадков в северотаежной подзоне центральной части европейской территории России около 400 мм, в среднетаежной около 500 мм и в южнотаежной около 600 мм. Сумма годовых температур  $>10^{\circ}\text{C}$  соответственно составляет около 1200, 1600 и 2200  $^{\circ}\text{C}$ . К западу количество осадков и сумма температур возрастают, а к востоку снижаются.

Основное количество осадков в зоне выпадает в теплое время года; годовое количество осадков на большей территории преобладает над испаряемостью в 1,1–1,3 раза, а это, особенно под лесом, обеспечивает промывной тип водного режима, создает условия для образования подзолистых почв. Однако во многих районах Восточной Сибири (Центрально-Якутская низменность и др.) увлажнение недостаточное, годовое количество осадков меньше испаряемости. Азиатская территория, особенно Восточная Сибирь, расположена в зоне островной и сплошной вечной мерзлоты с распространенным здесь мерзлотным типом водного режима, оказывающим значительное влияние на процессы почвообразования.

**Р е л ь е ф.** Европейская часть таежно-лесной зоны расположена в пределах волнистой и увалистой равнины. На формирование ее рельефа, в том числе возвышенностей, большое влияние кроме тектонических процессов оказала деятельность Скандинавского, Ново-Земельского, Северно-Уральского ледников и потоков ледниковых вод в ледниковую эпоху, а также ветра, делювиальных вод и криогенных процессов в постгляциальный период. В итоге сформировался склоновый рельеф, расчлененный речными долинами, с хорошо выраженной овражно-балочной сетью, способствующий активному развитию плоскостной водной эрозии, особенно на пашне.

Западносибирская часть зоны охватывает Западно-Сибирскую низменность. Это обширная слабодренированная равнина. Восточнее преобладают плоскогорья и горные районы, среди которых выделяется обширная Центрально-Якутская низменность. На

Дальнем Востоке среди горных образований располагаются низменности, являющиеся основными земледельческими территориями.

Почвообразующие породы в европейской части и Западной Сибири представлены в основном разнообразными четвертичными бескарбонатными отложениями ледникового, водно-ледникового и озерно-ледникового происхождения различного гранулометрического состава (морены, флювиогляциальные пески и супеси, покровные суглинки и глины и т. д.; см. табл. 4). Кроме этих пород выделяются древнеаллювиальные и современные аллювиальные отложения, элювий и делювий коренных пород, а иногда и лёссовидные суглинки.

Часто наблюдается двучленность почвообразующих пород по гранулометрическому составу в пределах почвенного профиля, влияющая на водные, физические и другие свойства почв. В районах (исключая горные) Средней и Восточной Сибири почвообразующие породы представлены главным образом элювием и делювием коренных пород; в Центрально-Якутской низменности преобладают четвертичные лёссовидные суглинки и супеси, а на равнинах Дальнего Востока — четвертичные и более древние породы различного гранулометрического состава.

**Р а с т и т е л ь н о с т ь.** Преобладают таежные леса, в основном хвойные с моховым покровом, а на юге зоны древостой состоит из лиственных и широколиственных древесных пород с примесью хвойных, с травянистым и моховым покровом. Открытые незаболоченные территории заняты луговыми, а переувлажненные — болотными ассоциациями растений. Особенно много болот в северной части зоны и в пределах Западно-Сибирской низменности.

Подзоны европейской и западносибирской частей зоны характеризуются по растительности следующими особенностями.

Подзона северной тайги занята редкостойными еловыми лесами с примесью березы, лиственницы и осины с моховым, лишайниковым и мохово-кустарниковым напочвенным покровом. В западной части подзоны и на легких почвообразующих породах преобладают сосновые леса.

Северная тайга является подзоной глеево-подзолистых и подзолистых иллювиально-гумусовых почв.

Подзону средней тайги иногда называют подзоной зеленомошных темнохвойных еловых лесов; травянистая растительность под пологом леса практически отсутствует. Это типичная тайга. На легких породах развиваются сосновые боры — беломошники. Нередко встречается лишайниковый напочвенный покров. На вырубках и пожарищах хвойные породы уступают место березе и осине.

Средняя тайга является подзоной подзолистых почв.

Подзона южной тайги занята смешанными широколиственно-

хвойными лесами с мохово-травянистым и травянистым покровом. К востоку доля широколиственных пород (дуб, ясень, клен, липа) уменьшается, а доля хвойных пород, в том числе пихты, возрастает. Вырубки и пожарища, так же как и в средней тайге, быстро занимают осина и береза. Эти древесные породы в южнотаежной подзоне Западной Сибири наряду с хвойными являются преобладающими. Почвенный покров южной тайги образует подзону дерново-подзолистых почв.

Для средне- и восточносибирской таежно-лесной зоны характерны светлохвойные лиственничные леса, для Дальнего Востока — светлохвойные, темнохвойные и широколиственные леса.

Как было отмечено, условия почвообразования изменяются в таежно-лесной зоне не только с севера на юг по подзонам, но и с запада на восток, а это обуславливает формирование фациальных особенностей почв, выражающихся в возникновении в почвах специфических признаков, свойств и режимов. Выделяют *теплую* (западно- и южноевропейскую), *умеренную* (восточноевропейскую), *холодную* (западно- и среднесибирскую), *длительно-мерзлотную* (восточносибирскую и дальневосточную) и *холодную влажную* (тихоокеанскую) фации — Камчатка, Сахалин.

Основными процессами, под влиянием которых происходило образование почвенного покрова таежно-лесной зоны, являются подзолистый, дерновый и болотный (торфообразование и оглеение). Отмечено также проявление лессиважа, а на территории Центрально-Якутской низменности — солонцового, солончакового процессов и процесса осолодения. Рассмотрим главные почвы зоны: подзолистые, дерново-подзолистые, а также встречающиеся среди них болотно-подзолистые и мерзлотно-таежные\*.

## 21.2. ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Подзолистые почвы наиболее распространены в среднетаежной и северотаежной подзонах, встречаются также в южнотаежной подзоне. Образование их профиля связано с развитием подзолистого, элювиально-глеевого процессов и лессиважа.

### 21.2.1. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И ГЕНЕЗИС

Название «подзолистые почвы» происходит от народного слова «подзол», что отражает окраску находящегося под лесной подстилкой подзолистого слоя, по виду напоминающего золу. Название это введено в научную литературу В. В. Докучаевым. Подзолистые

---

\* Дерновые и болотные почвы рассматриваются соответственно в главах 22 и 23.

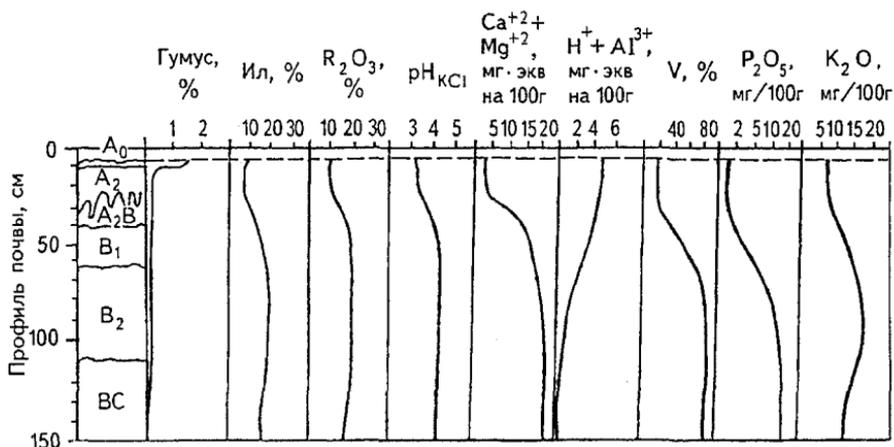


Рис. 12. Показатели состава и свойств мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы по профилю

почвы разделяют на два подзональных подтипа: подзолистые и глеево-подзолистые.

Профиль подзолистых почв имеет следующее строение (рис. 12): сверху лесная подстилка (A<sub>0</sub>) мощностью 2—10 см, под ней прослойка слаборазвитого гумусового слоя с грубым гумусом 1—3 см (A<sub>0</sub>A<sub>1</sub>) или слой 3—5 см (A<sub>1</sub>A<sub>2</sub>), прокрашенный гумусом фульватного типа, ниже залегают подзолистый горизонт (A<sub>2</sub>), переходный горизонт от подзолистого к иллювиальному (A<sub>2</sub>B), затем иллювиальные (B<sub>1</sub>; B<sub>2</sub>), далее переходный горизонт (BC) в материнскую породу (C). Мощность профиля подзолистых почв 100—160 см.

Подтип глеево-подзолистых почв, в основном приуроченный к северотаежной подзоне, внешне отличается от подзолистых почв прежде всего меньшей мощностью профиля, наличием оглеенности в горизонтах A<sub>2</sub> и A<sub>2</sub>B в виде сизоватых и буроватых пятен, а также присутствием мелких Fe—Mn-конкреций.

Подзолистый процесс — главный почвообразовательный процесс, под воздействием которого образовались подзолистые почвы. В результате его проявления происходят разрушение в верхней части профиля почвы первичных и вторичных минералов и вынос продуктов разрушения в нижележащие горизонты и грунтовы воды.

Согласно коллоидно-химической теории К. К. Гедройца, имевшей длительное признание, основная роль в оподзолировании принадлежит водородному иону воды. По теории В. Р. Вильямса, подзолистый процесс связан с определенной группой специфических органических кислот (креновых, или фульвокислот по со-

временной терминологии), которые вызывают разложение минералов твердой фазы почв. Теория подзолообразования получила дальнейшее развитие в результате исследований И. В. Тюрина, С. П. Яркова, А. А. Завалишина, Н. П. Ремезова, И. Н. Антипова-Каратаева, А. А. Роде, Е. Н. Ивановой, И. С. Кауричева, В. В. Пономаревой, Т. В. Аристовской и других ученых.

Согласно современным представлениям в подзолообразовании участвуют фульвокислоты, преобладающие в составе специфической части гумуса лесных почв, а также низкомолекулярные органические кислоты (уксусная, муравьиная, лимонная и др.) и органические кислоты, образующиеся в результате жизнедеятельности почвенных микроорганизмов и выделяемые корнями растений. Химическое взаимодействие минералов в залегающем под лесной подстилкой слое, в том числе входящих в состав ила, с кислотами приводит к образованию легкорастворимых в воде солей и подвижных органо-минеральных соединений, которые благодаря господству в таежно-лесной зоне промывного водного режима выносятся в нижнюю часть профиля почвы или за пределы почвенного слоя.

В результате диссоциации кислотных продуктов и растворения в воде  $\text{CO}_2$  возникающий водородный ион вступает в обменные реакции с катионами оснований почвенного коллоидного комплекса; в почвенном растворе значительно повышается их концентрация; они также выносятся вниз с нисходящими токами почвенных растворов. Горизонт постепенно обедняется кальцием, магнием, фосфором, алюминием и другими элементами, а удаление железа и марганца приводит к его обесцвечиванию. При разрушении силикатов и алюмосиликатов образуется вторичный кварц в виде кремнеземистой присыпки, по цвету похожей на золу. В оподзоливаемом горизонте происходит также относительное накопление входящего в его состав первичного кварца, так как этот минерал устойчив к химическим реакциям. Этот белесый горизонт называют *элювиальным* или *подзолистым*, а горизонт, залегающий под ним, — *иллювиальным* или *вмывания*.

Интенсивность подзолистого процесса (по С. П. Яркову) зависит от сочетания условий почвообразования. Чем слабее нисходящий ток почвенных растворов, тем меньше оподзоливается почва, а это связано с показателем соотношения годового количества осадков и испаряемости, гранулометрическим составом и физическими свойствами почвы, ее положением по рельефу, наличием лесной подстилки и т. д. Кроме того, для подзолообразования необходимо периодическое чередование избыточного увлажнения (обычно весной) и подсушивания (летом) верхней части профиля лесной почвы. При этом в результате развития восстановительных процессов в лесной подстилке, а иногда и под ней сначала образуются легкорастворимые закисные соединения железа и марганца, подвижные формы алюминия, которые легко мигрируют вниз с

нисходящими токами почвенных растворов и, окисляясь в иллювиальном горизонте, закрепляются в нем. Там, где отсутствуют отмеченные условия, подзолистый процесс не проявляется даже под хвойным лесом из-за отсутствия перераспределения содержания элементов по профилю.

Течение подзолистого процесса зависит также от карбонатности материнской породы. При наличии свободных карбонатов процесс не идет, так как нейтрализуются кислоты, участвующие в подзолообразовании. Карбонаты являются одновременно природным геохимическим барьером и препятствует выносу элементов.

На выраженность подзолистого процесса большое влияние оказывает состав древесных пород. Под лиственными и широколиственными лесами оподзоливание обычно идет медленнее, чем под хвойными, благодаря повышенной зольности опада, в котором больше содержится щелочных, щелочно-земельных и других элементов. Оподзоливание усиливается, если напочвенный покров под лесом представлен мхами или лишайниками.

Наряду с оподзоливанием генезис подзолистых почв связан с лессиважем. Лессивирование — сложный процесс, включающий механическое проилливание, комплекс физико-химических явлений, вызывающих диспергирование глинистых частиц и перемещение их с нисходящим током почвенных растворов под защитой подвижных органических веществ, комплексирование и вынос железа (Мельникова, Ковеня, 1974). Процесс лессивирования более активно протекает под лиственными лесами при участии менее кислого гумуса и подвижных органических веществ, при слабокислой и близкой к нейтральной реакции. Так как передвижение ила по трещинам и крупным порам без его разрушения наблюдается во многих почвах, то лессиваж нельзя считать специфическим процессом для формирования профиля только подзолистых почв.

В образовании глеево-подзолистых и подзолистых почв принимает участие элювиально-глеевый процесс. Его характеристика приводится в главе «Болотные почвы».

Кроме указанных процессов почвообразования во всех почвенных зонах, в том числе и подзонах таежно-лесной зоны, проявляется дерновый процесс. Наиболее существенной его особенностью является накопление гумуса, питательных для растений веществ и создание в верхнем горизонте почвы водопрочной зернистой и комковатой структуры. Учитывая эту его характеристику, следует отметить, что подтипы подзолистых и глеево-подзолистых почв имеют весьма ограниченные признаки дернового процесса в виде слаборазвитого гумусового слоя (с грубым гумусом или гумусом фульватного типа) мощностью 1—5 см.

Земледельческое использование подзолистых почв существенно нарушает природное почвообразование, так как при распашке земель устраняется влияние на почвообразовательные процессы

древесной растительности, лесной подстилки, напочвенного мхового и лишайникового покровов; в результате внесения органических и минеральных удобрений изменяется содержание гумуса и питательных элементов; известкование устраняет повышенную кислотность, возрастает биологическая активность почв; при проведении осушительных мероприятий улучшается водно-воздушный режим и т. д. Однако недостаток тепла, а в северотаежной подзоне и света остается мощным ограничивающим полевое земледелие космическим фактором.

### 21.2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ\*

Наиболее распространены следующие роды подтипа подзолистых почв: *обычные* — почвы на суглинистых породах с хорошо выраженными подтиповыми признаками; *остаточно-карбонатные* — сформировались в карбонатных породах, карбонаты выщелочены в нижнюю часть профиля; *контактно-глееватые* — формируются на двучленных породах; *иллювиально-железистые* — развиваются на песчаных породах с накоплением в иллювиальном горизонте несиликатных форм железа; *иллювиально-гумусовые* — образуются на песчаных породах; верхняя часть иллювиального горизонта коричневатого, темно-коричневого, а иногда черного цвета от органо-минеральных соединений; *слабодифференцированные* — почвы на сухих рыхлых песках со слабовыраженными подтиповыми признаками.

Разделение целинных подзолистых почв на виды проводят по глубине нижней границы подзолистого горизонта от нижней границы лесной подстилки (глубина подзолистых языков и карманов не учитывается): *поверхностно-подзолистые* — до 5 см, *мелкоподзолистые* — 5—20 см, *неглубокоподзолистые* — 20—30 см, *глубокоподзолистые* — более 30 см. Выделяют также подзолы — подзолистые почвы, у которых сплошной подзолистый горизонт особенно ярко выражен, мучнистый, белесый.

Диагностика подтипа подзолистых почв, используемых в земледелии, принципиально не отличается от диагностики обрабатываемых дерново-подзолистых почв.

### 21.2.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Гранулометрический и минералогический составы. Профиль подзолистых суглинистых почв, сформировавшийся под преобладающим влиянием подзолистого процесса, отчетливо дифференцирован по содержанию ила. Под-

---

\* В этой и последующих главах классификация почв разных природных зон приведена на основе единой «Классификации и диагностики почв» (1977 г.).

золистый горизонт обеднен илом, а в иллювиальном горизонте его содержится наибольшее количество, которое очень медленно убывает к материнской породе (см. рис. 12). В почвах, сформировавшихся на песчаных породах, элювиальный и иллювиальный горизонты выделяются довольно резко. В подзолистых почвах преобладают первичные минералы вследствие более слабо затронутой выветриванием твердой фазы почвы и материнской породы из-за холодного климата, пониженной биологической активности почв и других условий. Глинные минералы представлены в основном гидрослюдами, монтмориллонитом и вермикулитом.

**Физические и водно-физические свойства.** Они зависят от гранулометрического состава и интенсивности подзолистого процесса. Сформировавшийся иллювиальный горизонт — более тяжелый по гранулометрическому составу и плотный, с пониженной водопроницаемостью по сравнению с элювиальным горизонтом  $A_2$ . В связи с этим в подзолистом горизонте наблюдается образование верховодки.

**Химический состав.** Закономерности изменения по профилю валового химического состава те же, что и ила, за исключением кремния. В результате подзолистого процесса количество  $SiO_2$  в элювиальном ( $A_2$ ) горизонте возросло. Гумуса в маломощном (2—3 см) гумусовом слое содержится немного (от 1—1,5 до 2—4 %) при фульватном его качественном составе. Почвы бедны доступными элементами питания растений (см. рис. 12). Из-за высокой кислотности и развития восстановительных процессов, особенно в глеево-подзолистых почвах, наблюдается повышенное содержание в почвенных растворах алюминия, закисного железа и марганца часто в количествах, токсичных для сельскохозяйственных растений.

**Физико-химические свойства.** В почвах кислотность высокая, емкость катионного обмена, степень насыщенности основаниями и буферность низкие (см. рис. 12). Вниз по профилю почв кислотность уменьшается, катионная емкость и степень насыщенности основаниями возрастают.

#### 21.2.4. ПОЧВЕННЫЕ РЕЖИМЫ

Водный режим подзолистых почв промывной. В весенний и раннелетний периоды верхняя часть профиля переувлажняется и вызывает поверхностное оглеение, особенно в северотаежной подзоне. По температурному режиму почвы холодные; в суглинистых разновидностях под ельниками-зеленомошниками температура верхнего горизонта летом обычно не превышает 10—12 °С. Почвы более легкие по гранулометрическому составу, на вырубках прогреваются лучше. Биологическая активность подзолистых и глеево-подзолистых почв низкая.

При распахке подзолистых почв их тепловой режим несколько

улучшается, повышается биологическая активность. Для земледелия желательнее использовать территории менее переувлажняемые, почвы песчаные и супесчаные как более теплые, а также южные склоны со слабоподзолистыми видами. Очень важны мероприятия по борьбе с водной эрозией почв. Вследствие низкого содержания в почвах гумуса и элементов питания для растений, повышенной кислотности они должны подвергаться воздействию целого комплекса активных окультуривающих приемов (внесение органических удобрений в повышенных дозах, химическая мелиорация и т. д.). Особое значение имеет подбор скороспелых сортов сельскохозяйственных культур. Для улучшения прогревания и уменьшения влажности пахотного горизонта целесообразны грядовый и гребневой способы возделывания овощных, пропашных и некоторых кормовых культур.

### 21.3. ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Дерново-подзолистые почвы преобладают в южнотаежной подзоне, отдельные их массивы заходят в северную часть лесостепи.

#### 21.3.1. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И ГЕНЕЗИС

Целинные дерново-подзолистые почвы сверху имеют лесную подстилку  $A_0$  обычно мощностью около 5 см или дернину  $A_d$ . Под ними находится гумусово-элювиальный (дерновый) горизонт  $A_1$  различной мощности, иногда более 20 см, светло-серого цвета, с белесым оттенком (в сухом состоянии) или более темный; ниже залегает белесый подзолистый горизонт  $A_2$  с типичной пластинчатой или листоватой структурой, который сменяется переходным горизонтом  $A_2B$ , а далее иллювиальными ( $B_1$  и  $B_2$ ), наиболее тяжелыми по гранулометрическому составу, буровато-коричневыми, ореховатой структуры. Иллювиальный горизонт  $B_2$  постепенно (через горизонт  $BC$ ) переходит в материнскую породу  $C$  (рис. 13).

В результате распашки целинных почв образующийся пахотный слой состоит из гумусового слоя и частично припаханного подзолистого, а ниже генетические горизонты те же, что и в целинных почвах.

Мощность дерново-подзолистых почв 130—200 см. Легкие по гранулометрическому составу почвы имеют более растянутый общий профиль по сравнению с суглинистыми разновидностями вследствие лучшей их водопроницаемости и охвата почвообразованием более мощной толщи материнской породы.

Профиль дерново-подзолистых почв формировался под воздействием прежде всего подзолистого и дернового процессов. Определенное участие принимали процессы лессиважа, а в поверх-

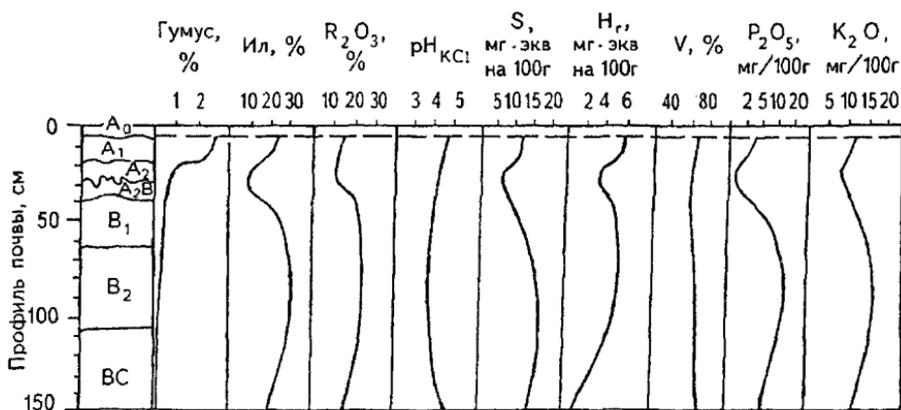


Рис. 13. Показатели состава и свойств среднедерновой мелкоподзолистой среднесуглинистой почвы по профилю

ностно-оглеенных — элювиально-глеевый процесс. Дерновый процесс не получил активного развития, поэтому в горизонте  $A_1$  не накопилось большого количества гумуса и питательных для растений элементов. Под лесом создавались условия для формирования фульватного типа гумуса вследствие особенностей гумусообразования и недостатка зольных элементов. Это повлияло на то, что в гумусовом горизонте не сформировалась агрономически ценная структура.

В связи с тем что течение процессов, под влиянием которых формировались дерново-подзолистые почвы, несколько отличалось в зависимости от конкретных природных особенностей большой южнотаежной подзоны, протянувшейся далеко с запада на восток, дерново-подзолистые почвы приобрели некоторые фациальные особенности, сформировались их фациальные подтипы. В западных районах, с более мягким и теплым климатом, умеренно сухим летним периодом (Калининградская обл.) они представлены фациальным подтипом, именуемым *дерново-палево-подзолистыми почвами*. Почвы имеют своеобразную палевою окраску подзолистого горизонта, умеренно теплые, кратковременно промерзающие, приурочены к хорошо дренированным территориям, менее кислые. Фациальный подтип — *дерново-подзолистые почвы умеренно промерзающие*, с типичными для дерново-подзолистых почв внешним видом и свойствами, широко распространены на европейской территории России. По направлению к Среднему Предуралю отмечается возрастание площадей этих почв, более тяжелых по гранулометрическому составу, а также автоморфности почв, содержанию гумуса без увеличения мощности гумусового горизонта, кислотности, мощности оподзоленной толщи ( $A_2 + A_2B +$

+ В). В этом же направлении нарастает континентальность климата; сумма температур  $> 10^{\circ}\text{C}$ , средняя годовая температура и количество осадков уменьшаются. В Среднем Предуралье период со второй половины мая до середины июня часто бывает засушливым. Фациальный подтип — *дерново-подзолистые умеренно холодные длительно промерзающие почвы* — преимущественно распространен в сибирской части южнотаежной подзоны, более суровой в климатическом отношении. Почвы менее кислые; мощность биологически активного слоя уменьшена; заметно расширено участие элювиально-глеевого процесса. Часто встречаются дерново-подзолистые почвы со вторым гумусовым горизонтом, который исследователями рассматривается или как реликтовый от предшествовавших луговых почв, или как образовавшийся в результате миграции растворимых форм гумусовых соединений с последующим их осаждением.

### 21.3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ

Дерново-подзолистые почвы являются подтипом в типе подзолистых почв, но по своим свойствам и развитию дернового процесса могут рассматриваться как самостоятельный тип. Среди подтипов подзолистых почв они имеют более высокое плодородие и составляют основной фонд пахотных земель таежно-лесной зоны.

Среди дерново-подзолистых почв выделяют следующие роды: для развитых на глинистых и суглинистых материнских породах: обычные (в название почв не включают), остаточно-карбонатные, пестроцветные, остаточно-дерновые, со вторым гумусовым горизонтом;

для развитых на песчаных и супесчаных материнских породах: обычные, псевдофибровые, слабодифференцированные, контактно-глубокоглееватые.

Разделение целинных дерново-подзолистых почв всех родов на виды проводят по следующим признакам:

по мощности гумусового горизонта на слабодерновые ( $A_1 < 10$  см), среднедерновые ( $A_1$  10—15 см) и глубокодерновые ( $A_1 > 15$  см);

по глубине нижней границы подзолистого горизонта (от нижней границы лесной подстилки) на поверхностно-подзолистые ( $A_2 < 10$  см), мелкоподзолистые ( $A_2$  10—20 см), неглубокоподзолистые ( $A_2$  20—30 см) и глубокоподзолистые ( $A_2 > 30$  см);

по степени выраженности поверхностного оглеения на неоглеенные (в название почв не включается) и поверхностно-глееватые, с конкрециями и отдельными сизоватыми и ржавыми пятнами в элювиальной части профиля.

Разделение дерново-подзолистых почв, используемых в земледелии, на виды основывается на мощности подзолистого и гумусового горизонтов ( $A_n + A_1$ ).

38. Агрономическая характеристика гумусового и пахотного горизонтов целинных и разной степени окультуренности дерново-подзолистых почв («Классификация и диагностика почв СССР», 1977)

Показатель	Целинные	Освоенные (слабоокультуренные)	Окультуренные (среднеокультуренные)	Культурные* (сильноокультуренные)
<i>Глинистые и суглинистые</i>				
Мощность горизонта А или А <sub>п</sub> , 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 <sub>тк</sub> : С <sub>фк</sub>	0,3-0,5	0,5-0,7	0,6-0,8	1,1-1,3
S, мг-экв. на 100 г почвы	4-8	5-8	7-10	15-25
T, мг-экв. на 100 г почвы	8-15	10-15	12-18	20-30
V, %	10-50	40-60	60-80	>80
pH <sub>KCl</sub>	3,3-4,3 (4,5)	4,3-4,7	5,0-5,5 (4,5-4,7)	5,5-6,5
Содержание подвижных форм:				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Низкое	Низкое	Среднее и высокое	Очень высокое
K <sub>2</sub> O	Низкое	Низкое и среднее	То же	То же
Мощность горизонта А или А <sub>п</sub> , см	5-15	15-20 (25)	20-25	Обобщенные данные отсутствуют
Гумус, %	1-1,5(5)	1,3-2,0	2,5-3,0	
С <sub>тк</sub> : С <sub>фк</sub>	1,5(3)	0,5-1,5	1,5-2,0	
S, мг-экв. на 100 г почвы	0,3-0,5	0,4-0,5	0,6-0,9	
T, мг-экв. на 100 г почвы	0,3-0,5	0,4-0,5	0,6-0,9	
V, %	3-5	2-4,0	7-10	
pH <sub>KCl</sub>	1-2	0,8-4,0	3-6	
Содержание подвижных форм:				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	4-10	4-10	6-12	
K <sub>2</sub> O	2-4	3-7	5-8	
	20-50	20-50	70-80	
	70-40	70-50	60-70	
	3,7-4,8	3,9-4,9	5,5-6,0	
	3,7-4,8	3,9-4,9	5,5-6,0	
Содержание подвижных форм:				
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Очень низкое	Очень низкое	Среднее и высокое	
K <sub>2</sub> O	То же	То же	Низкое	

\*Почвы огородов, приусадебных участков, садов и др.  
Примечание. В числителе — данные для супесчаных почв, в знаменателе — для песчаных.

По мощности подзолистого горизонта выделяют следующие виды дерново-подзолистых суглинистых почв (почвы без признаков плоскостной водной эрозии):

дерново-слабоподзолистые — горизонт  $A_2$  отсутствует, оподзоленность подгумусового слоя  $A_2B_1$  выражена в виде белесых пятен, обильной кремнеземистой присыпки и т. д.;

дерново-среднеподзолистые (или дерново-мелкоподзолистые) — горизонт  $A_2$  сплошной мощностью до 10 см;

дерново-сильноподзолистые (или дерново-неглубокоподзолистые) — мощность сплошного подзолистого горизонта от 10 до 20 см;

дерново-глубокоподзолистые — сплошной горизонт  $A_2$  мощностью более 20 см.

Виды почв по мощности гумусового горизонта ( $A_n + A_1$ ): мелкопахотные (до 20 см), среднепахотные (20—30 см) и глубокопахотные (более 30 см).

По степени развития плоскостной водной эрозии (по степени смытости) дерново-подзолистые пахотные почвы подразделяют на виды: слабо-, средне- и сильносмытые.

Выделяют также виды почв по степени окультуренности: слабо-, средне- и сильноокультуренные по мощности пахотного слоя и изменению его свойств (табл. 38).

### 21.3.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Состав и свойства дерново-подзолистых почв зависят от развития подзолистого и дернового процессов, гранулометрического состава, степени смытости и окультуренности.

Гранулометрический и минералогический составы. В профиле суглинистых почв наиболее тяжелым по гранулометрическому составу является иллювиальный горизонт, самым легким — подзолистый; гумусовый горизонт по этому признаку занимает промежуточное положение (см. рис. 13). По гранулометрическому составу генетические горизонты выделяются отчетливо. В результате применения в земледелии приемов глинования песчаных почв, пескования глинистых, внесения органических удобрений гранулометрический состав пахотных горизонтов может изменяться. Минералогический состав дерново-подзолистых почв зависит от состава материнских пород. Глинные минералы представлены в основном монтмориллонитом, гидрослюдами и их смешанно-слоистыми образованиями. Каолинита содержится мало.

Физические и водно-физические свойства. Структурное состояние дерново-подзолистых почв неблагоприятное. В пахотном слое содержится всего 20—30 % водопрочных агрегатов крупнее 0,25 см; в связи с этим поверхность пахотного слоя во время дождей заплывает, а при высыхании образу-

ется корка, нарушающая водно-воздушный режим почв, отрицательно влияющая на появление всходов культурных растений. Пахотный слой из-за малогумусности и бесструктурности после вспашки быстро уплотняется; плотность в нем может достигать до  $1,4 \text{ г/см}^3$  и более. Большие различия в гранулометрическом составе и плотности основных горизонтов дерново-подзолистых суглинистых почв неблагоприятно влияют на капиллярный подъем воды к пахотному слою, а весной в более легком подзолистом слое может образоваться временный горизонт верховых вод.

В дерново-подзолистых суглинистых почвах доступность влаги растениям в слое 0—50 см по сравнению со слоем 50—100 см в 1,5—2 раза выше. В лесных почвах запасы воды в полуметровой и метровой толщах, соответствующие насыщению до капиллярной или полной влагоемкости, выше по сравнению с пахотными почвами.

**Химический состав.** Валовой состав дерново-подзолистых почв отражает характерные для них изменения по профилю в содержании основных элементов, но обеднение подзолистого горизонта валовыми калием и натрием наблюдаются не всегда. Валовое количество фосфора и серы невысокое. В верхних горизонтах дерново-подзолистых суглинистых почв Среднего Предуралья по сравнению с аналогичными почвами центральных областей России (Московская обл.) больше кальция и калия, а в иллювиальных горизонтах — железа; магния в 2—3 раза больше по всему профилю. Валовых бора, меди и кобальта в восточных районах южнотаежной подзоны европейской территории России содержится больше, чем в западных.

Основное количество гумуса сосредоточено в дерновом слое; ниже, в подзолистом горизонте, его содержание резко уменьшается (см. рис. 13). Качественный состав гумуса фульватный и гуматно-фульватный.

Дерново-подзолистые почвы бедны валовыми запасами и подвижными формами азота. В горизонте  $A_1$  или  $A_n$  количество подвижного фосфора и обменного калия низкое, в подзолистом слое оно уменьшается и резко возрастает в иллювиальном (см. рис. 13).

**Физико-химические свойства.** Дерново-подзолистые почвы кислые; кислотность почв западных районов южнотаежной подзоны европейской территории обуславливают катионы  $H^+$  и  $Al^{3+}$ , а восточных — в основном  $H^+$ ; в профиле наиболее кислыми являются иллювиальные горизонты.

Сумма обменных оснований дернового слоя суглинистых почв снижается от слабоподзолистых видов к сильноподзолистым (от 20—25 до 10 мг-экв и ниже). В подзолистом горизонте сумма обменных оснований наименьшая, а в иллювиальном — более высокая, чем в дерновом слое. Степень насыщенности основаниями дерново-подзолистых почв в целом выше, чем у подтипов подзолистых почв; однако встречается немало дерново-сильноподзоли-

стых слабогумусных почв, у которых степень насыщенности основаниями ниже 50 %.

В результате развития плоскостной водной эрозии значительно изменяются состав и все свойства пахотного горизонта в связи с припахиванием нижележащих горизонтов с характерными для них свойствами. При любой степени смывости пахотный слой представляет собой смесь горизонтов с преобладанием массы основного распаханного горизонта, который, как правило, и определяет состав обрабатываемого слоя.

Состав и свойства дерново-подзолистых почв значительно изменяются при проведении окультуривающих приемов: почвы утрачивают неблагоприятные в агрономическом отношении свойства и приобретают новые ценные качества. При этом наиболее существенно изменяется пахотный горизонт. Обобщенные показатели состава и свойств дерново-подзолистых почв разной степени окультуренности были приведены в таблице 38.

#### 21.3.4. ПОЧВЕННЫЕ РЕЖИМЫ

Промывной тип водного режима под лесными массивами таежно-лесной зоны при освоении территории под пашню обычно сменяется периодически промывным, так как устраняется влияние лесной подстилки, обладающей высокой водопроницаемостью. Кроме того, кроны деревьев в лесу уменьшают интенсивность поступления дождевой влаги на поверхность почвы, и она лучше впитывается; более медленное таяние снега в лесу способствует лучшему впитыванию почвой талой воды. На пашне же большое количество воды не успевает фильтроваться через почву во время дождей и снеготаяния, стекает по склонам в виде делювиальных потоков, вызывая водную эрозию почв и пород.

Температурный режим пахотных почв благоприятнее, чем почв под лесом. На пашне каждый генетический горизонт почв в летнее время года прогревается лучше и имеет температуру, как правило, на 4—7 °С выше, что создает лучшие условия для биологических, химических и других процессов в пахотных почвах.

Режим окислительно-восстановительных процессов в лесных и пахотных почвах значительно отличается. Под лесом в весеннее время вследствие поверхностного переувлажнения почвы в условиях положительных температур в лесной подстилке и горизонте  $A_1$  (иногда и в  $A_2$ ) развиваются восстановительные процессы; величина  $R_{\text{red}}-Ox$ -потенциала при этом опускается ниже 27 единиц  $gH_2$ ; образуются закисные соединения железа и марганца; процессы сопровождаются нисходящими токами почвенных растворов. На пашне же, за исключением почв на пониженных элементах рельефа, этого не наблюдается.

Рассматривая режим гумуса, необходимо отметить, что при распашке целинных лесных почв и их использовании в земледелии

можно довольно быстро повлиять на изменение процентного содержания гумуса в результате внесения повышенных доз органических удобрений, но качественный состав гумуса (соотношение  $\frac{C_r}{C_{\text{ф}}}$ ) изменяется в лучшую сторону медленно.

В целинных почвах процесс нитрификации и активность свободноживущих бактерий — азотфиксаторов подавлены. Они заметно активизируются при освоении почв под пашню и окультуривании. Тем не менее в дерново-подзолистых почвах продолжает преобладать аммонийная форма азота.

При освоении почв под пашню и окультуривании в них по сравнению с лесными почвами возрастает содержание фосфатов I и II групп по Чирикову, количество обменного калия и подвижного фосфора — по Кирсанову, а степень подвижности фосфора — по Карпинскому — Замятиной.

При распашке лесных земель и их окультуривании изменяется режим физико-химических процессов, снижается кислотность почв, возрастают емкость поглощения катионов, сумма обменных оснований и степень насыщенности почв основаниями.

Из приведенных данных по изменению различных режимов при освоении лесных почв под пашню видно, что нарастают признаки дернового почвообразовательного процесса и утрачиваются признаки подзолистого процесса. Это позволяет сделать вывод о том, что на пахотных почвах течение подзолообразовательного процесса затухает или прекращается.

#### 21.4. БОЛОТНО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Болотно-подзолистые почвы относятся к полугидроморфным. Это внутризональные почвы, распространенные во всех подзонах таежно-лесной зоны. Формируются под заболоченными лесами или влажными суходольными лугами в условиях временного поверхностного и грунтового переувлажнения мягкими водами. Иногда встречаются в лесостепи. Общая их площадь около 88 млн га.

Генезис и классификация. Образование болотно-подзолистых почв связано с сочетанием подзолистого, дернового процессов, торфообразования и оглеения. В северной и средней тайге их профиль обычно формируется под воздействием оподзоливания, торфообразования и оглеения, в южной тайге в большинстве случаев — дернового процесса, оподзоливания и оглеения.

В связи с различным сочетанием конкретных процессов почвообразования верхняя часть профиля болотно-подзолистых почв может быть представлена торфяным горизонтом, или дерновым, или перегнойным. Во всех случаях эти горизонты книзу сменяются системой генетических горизонтов, типичной для подзолистых и дерново-подзолистых почв ( $A_2$ ,  $A_2B$  и т. д.).

Однако в отличие от автоморфных подзолистых и дерново-подзолистых почв минеральные грунты болотно-подзолистых почв всегда имеют признаки проявления глеевого процесса в виде сизых и ржавых пятен (глееватые виды) или интенсивной сизовато-голубоватой окраски с ржаво-охристыми пятнами в оглеенном горизонте (глеевые виды). При поверхностном переувлажнении оглеение охватывает верхнюю часть профиля ( $A_{1g} - A_{2g} - A_2B_g - B_{1g} - B_2 - C$ ), а при грунтовом — нижнюю ( $A - A_2 - A_2B - B_1 - B_{2g} - C_g$ ). При смешанном переувлажнении (одновременно поверхностными и грунтовыми водами) признаки оглеения имеет весь профиль.

В зависимости от условий переувлажнения (поверхностными или грунтовыми водами) и особенностей формирующегося верхнего горизонта (торфянистый, дерновый или перегнойный) тип болотных почв разделяется на шесть подтипов.

#### Подтипы болотно-подзолистых почв

##### *При поверхностном переувлажнении*

Торфянисто-подзолистые поверхностно-оглеенные

Дерново-подзолистые поверхностно-оглеенные

Перегнойно-подзолистые поверхностно-оглеенные

##### *При грунтовом переувлажнении*

Торфянисто-подзолистые грунтово-оглеенные

Дерново-подзолистые грунтово-оглеенные

Перегнойно-подзолистые грунтово-оглеенные

Основные роды болотно-подзолистых почв: обычные, иллювиально-гумусовые, иллювиально-железистые, оруденелые, контактно-глеево-подзолистые, со вторым гумусовым горизонтом. Родовые диагностические признаки аналогичны соответствующим родам подзолистых и дерново-подзолистых почв. Деление на виды проводят по мощности торфянистого горизонта (подстилочные —  $A_0 < 10$  см, торфянистые —  $A_T$  10—20 см, торфяные —  $A_T$  20—30 см), по глубине оподзоливания (аналогично подзолистым) и по степени выраженности и положению в профиле оглеенных горизонтов (поверхностно-глееватые и поверхностно-глеевые, грунтово-глееватые и грунтово-глеевые, по профилю — глееватые и профильно-глеевые).

**Состав и свойства.** Болотно-подзолистые почвы близки к почвам подзолистого и дерново-подзолистого подтипов, характеризуются фульватным составом гумуса, элювиально-иллювиальным перераспределением  $R_2O_3$  и ила, остаточным накоплением  $SiO_2$  в верхней части профиля ( $A_{1g}$  и  $A_{2g}$ ), кислой и сильнокислой реакцией, ненасыщенностью основаниями. Отличаются от подзолистых и дерново-подзолистых почв следующими особенностями: повышенным содержанием гумуса в дерновом (2—10%) и перегнойном (до 20—30%) горизонтах, постоянным или систе-

матическим появлением в верхних горизонтах токсичных форм  $Mn^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Al^{3+}$ , специфическим ОВ-режимом с чередованием фаз анаэробнозиса и аэробнозиса, неблагоприятным водно-воздушным режимом, для которого характерно периодическое избыточное увлажнение почвенного профиля. Отмеченные особенности определяют неблагоприятный их питательный режим и в целом низкие агрономические качества. В естественном состоянии это малопродуктивные почвы.

Сельскохозяйственное использование. Торфянисто- и торфяно-подзолистые оглеенные почвы обычно заняты заболоченными лесными угодьями. Их освоение связано с большими затратами и экономически нецелесообразно. Когда небольшие пятна таких почв, залегающие по микропонижениям среди подзолистых и дерново-подзолистых почв, вовлекают в распашку, то для выравнивания плодородия всего пахотного поля требуются отвод избытка влаги с пятен этих почв, рыхление подпахотного слоя, внесение повышенных доз органических удобрений для активизации процессов минерализации торфа, известкование повышенными дозами.

Дерново-подзолистые и перегнойно-подзолистые поверхностно- и грунтово-оглеенные почвы составляют значительные площади почв сенокосно-пастбищных угодий и вовлекаются в пашню. Эта группа почв представляет основной мелиоративный фонд среди минеральных заболоченных почв таежно-лесной зоны. В естественном состоянии продуктивность их низкая в связи с отмеченными неблагоприятными агрономическими качествами. Поэтому они требуют, особенно при вовлечении в пашню, улучшения их свойств прежде всего путем агротехнических и мелиоративных приемов по устранению избыточного увлажнения.

Выбор направления использования этих почв и приемов улучшения их водно-воздушного режима основывается на учете степени их оглеенности.

*Глеевые* сильно заболоченные почвы (поверхностно-глеевые и грунтово-глеевые) характеризуются резко неблагоприятным водным режимом, угнетающим развитие культурных растений или приводящим к их гибели. К этой группе следует отнести также глееватые почвы на тяжелых породах. На таких почвах во влажные и средние по увлажнению годы наблюдается вымочка всех культур. Улучшение почв данной группы должно основываться на их мелиорации с устройством закрытого дренажа.

На *глееватых* почвах (поверхностно- и грунтово-глееватые) сельскохозяйственные культуры неодинаково реагируют на увлажнение в разные по влажности годы. Целесообразность осушительных мероприятий (строительство дренажа) на таких почвах должна определяться составом культур, т. е. конкретным севооборотом. При его высоком насыщении озимой пшеницей, льном, картофелем окупаемость дренажа происходит в относительно ко-

роткие сроки, так как эти культуры весьма чувствительны к избыточному увлажнению.

При включении в севооборот многолетних трав (не менее 25 %), овса, занятого пара (однолетних силосных культур) срок окупаемости дренажа возрастает в 4—5 раз, и в этом случае строительство его нерентабельно. Улучшение водно-воздушного режима должно осуществляться агротехническими приемами (отвод избытка влаги по временным бороздам, планировка и землевание, почвоуглубление, создание мощного пахотного слоя и др.).

Низкое исходное плодородие болотно-подзолистых почв требует непрерывного осуществления комплекса приемов его повышения: применение органических и минеральных удобрений, известкование и др. При этом следует иметь в виду, что улучшение воздушного режима и дренажа способствует повышенной минерализации органического вещества, увеличению выноса Са и Mg и других элементов. Поэтому особое внимание должно быть уделено осуществлению мероприятий по регулированию гумусового состояния, реакции почвы и ее питательного режима.

## 21.5. МЕРЗЛОТНО-ТАЕЖНЫЕ ПОЧВЫ

На больших пространствах северной и средней тайги Средней и Восточной Сибири распространены *мерзлотно-таежные* почвы. Их площадь около 200 млн га. Они формируются под листовенными кустарничковыми или мохово-кустарничковыми лесами в условиях многолетней (вечной) мерзлоты, резко континентального климата с длительным и глубоким промерзанием почв до постоянно мерзлых пород. В летнее время оттаивает небольшой по мощности («активный») слой, в котором и образуется почвенный профиль.

Превращение растительных остатков в связи с холодностью профиля протекает медленно и приводит главным образом к поверхностному накоплению кислого грубого гумуса и водорастворимых органических веществ — фульвокислот и неспецифических органических соединений. Под их воздействием происходит трансформация почвенных минералов с образованием несиликатных форм полутораоксидов. Мерзлота ослабляет нисходящий ток воды, препятствуя миграции подвижных продуктов почвообразования и формированию элювиальных горизонтов. Подзолообразовательный процесс в этих условиях не развивается. И только при образовании почв на легких породах формируются подзолистые, преимущественно иллювиально-железистые почвы.

Образование грубого гумуса в виде оторфованных горизонтов, обогащение профиля подвижными формами органического вещества и накопление несиликатного железа — главные черты процесса превращения растительных остатков и взаимодействия

органических веществ с минеральной частью почвы. Существенной особенностью суглинистых и глинистых мерзлотно-таежных почв являются процессы перемещения почвенной массы под влиянием криогенных (мерзлотных) явлений. Они проявляются в форме образования трещин, заполняемых материалом верхних горизонтов, в перемешивании и выпирании на поверхность минеральной массы профиля под воздействием сдавливания при промерзании и в других формах. Поэтому профиль мерзлотно-таежных почв обычно имеет отчетливые следы таких нарушений. Для многих мерзлотно-таежных почв характерно оглеение. Мерзлотно-таежные почвы представляют собой группу типов, систематика которых разработана недостаточно.

Выделяют мерзлотно-таежные глеевые и мерзлотно-таежные неглеевые почвы. Мерзлотно-таежные почвы характеризуются низкой биологической активностью, обычно кислой реакцией, неблагоприятным температурным и питательным режимами и в целом низким плодородием. При их освоении необходимо вносить высокие дозы удобрений, а на кислых почвах проводить известкование. В сельскохозяйственное использование в этих регионах вовлекаются преимущественно аллювиальные, а из автоморфных — почвы более легкого гранулометрического состава.

Особую группу в Восточной Сибири (главным образом в Центральной Якутии) составляют *палевые почвы*. Они развиваются на суглинистых лёссовидных породах, часто карбонатных, имеют хорошо выраженный гумусовый профиль (30—50 см с содержанием гумуса около 3%), близкую к нейтральной реакцию. Эту группу почв широко используют в земледелии.

## 21.6. СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Для почвенного покрова главных земледельческих регионов зоны характерна мелкоконтурность с широким участием комбинаций автоморфных почв и почв разной степени гидроморфности, а также эродированных почв на пахотных угодьях с расчлененным рельефом.

На территориях с выраженным микрорельефом выделяются пятнистости (с почвами разной степени оподзоленности) и комплексы (автоморфные почвы с полугидроморфными).

Влияние мезорельефа обуславливает контрастные сочетания дерново-подзолистых почв разной степени оподзоленности и эродированности с полугидроморфными глееватыми почвами понижений и намытыми почвами. На повышенных участках встречаются неконтрастные вариации дерново-подзолистых почв разной степени оподзоленности, а также этих почв с дерново-подзолистыми поверхностно-глееватыми и дерново-подзолистыми почвами со вторым гумусовым горизонтом. На низинных участках гос-

подступают контрастные сочетания дерново-глеевых, болотно-подзолистых и болотных почв. Здесь также встречаются и неконтрастные сочетания дерново-глеевых и глееватых почв с иловато-перегнойно-глеевыми.

На территориях с покровными суглинками в местах выхода карбонатных пород на повышенных элементах рельефа сформировались дерново-карбонатные почвы, которые с дерново-подзолистыми почвами образуют мозаики.

В южнотаежной подзоне при проведении землеустроительных работ и обозначении границ полей севооборотов структура почвенного покрова учитывалась недостаточно. Агрономически несовместимые структуры почвенного покрова, требующие проведения различных агромероприятий, как правило, не должны включаться в состав одного поля.

## 21.7. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В таежно-лесной зоне имеются большие возможности для эффективного ведения животноводства и земледелия, особенно в южнотаежной подзоне. Отечественный и зарубежный опыт подтверждает, что в условиях зоны можно иметь высокопродуктивные стада крупного рогатого скота, успешно заниматься овцеводством, свиноводством, птицеводством и звероводством. В южнотаежной подзоне есть все необходимые условия для получения высоких урожаев основных сельскохозяйственных культур ранних и среднеспелых сортов; природные условия южнотаежной подзоны позволяют успешно заниматься садоводством. Зона богата природными целебными травами; в лесных массивах много грибов и ягод.

Основные площади пахотных земель зоны представлены дерново-подзолистыми почвами. Несмотря на продолжительное время использования этих почв в земледелии, общая их окультуренность остается низкой. Показателем окультуренности почв является среднегодовая многолетняя урожайность зерновых культур. На слабоокультуренных почвах она обычно не превышает 1,5—1,8 т/га зерна, на среднеокультуренных — чаще в пределах 2,5—3,0, а на сильноокультуренных — 4,0—5,0 т/га и более.

Для всех регионов зоны разработаны научные системы земледелия. В них обосновано проведение следующих основных важнейших агромероприятий: применение органических и минеральных удобрений, известкование кислых почв, борьба с водной эрозией, правильная обработка почв, возделывание многолетних трав, создание глубокого окультуренного пахотного слоя, борьба с избыточным увлажнением на переувлажняемых территориях, очистка почвы от камней. Максимальный эффект от этих мероприятий достигается в условиях научно обоснованных севооборотов.

В систему обязательных агромероприятий для получения высоких урожаев должны входить не только мероприятия по повышению плодородия, но и использование семян высокоурожайных сортов сельскохозяйственных культур, включенных в государственный реестр культур, рекомендованных для регионов зоны, борьба с болезнями и вредителями растений, своевременное и качественное выполнение полевых работ и т. д. Только осуществление комплекса указанных агромероприятий обеспечит успех:

**Применение органических и минеральных удобрений.** В результате освоения целинных лесных дерново-подзолистых почв под пашню нарушаются природный процесс синтеза органического вещества живыми организмами, его дальнейшая трансформация при отмирании и гумусообразование. Определяющая роль гумуса в плодородии хорошо известна, поэтому чрезвычайно важно проводить мероприятия по его сохранению и накоплению в пахотных почвах. Поддержание установившегося природного процентного содержания гумуса осуществляют применением органических удобрений (навоза, торфа, различных компостов и т. д.) в дозах для дерново-подзолистых почв в среднем ежегодно не менее 10 т/га (внесение 70—80 т/га один раз в пару в 7—8-польном зерновом севообороте).

Недостаток этих удобрений можно восполнить использованием соломы, запахиванием сидеральных культур (зеленое удобрение) и других растительных материалов. Для постепенного повышения содержания гумуса в почвах дозы органических удобрений необходимо увеличивать. Фактически же во многих регионах зоны в почву в среднем за год вносят около 5 т/га органических удобрений. Если это происходит на фоне активного развития плоскостной водной эрозии, то содержание гумуса за 15—20 лет может уменьшиться в дерново-подзолистых суглинистых почвах на 0,3—0,4 абсолютных процента (при общем содержании гумуса в  $A_n$  2—3%). Обеспечение бездефицитного и положительного баланса гумуса благоприятно влияет на почвенные процессы, эффективность других агромероприятий.

Почвы таежно-лесной зоны бедны доступными для сельскохозяйственных растений питательными элементами, поэтому использование минеральных удобрений является высокоэффективным приемом. На удобренных почвах урожай сельскохозяйственных культур увеличивается в 2—3 раза и более по сравнению с урожаями на неудобренных почвах. Правильный расчет доз минеральных удобрений (НРК) позволяет получать планируемый урожай сельскохозяйственных культур высокого качества. В современном земледелии предусматривают также применение микроудобрений. Создание нормального режима питательных для растений веществ способствует их лучшей перизомвке, сопротивляемости болезням, поражению вредителями и т. д.

При недостатке минеральных удобрений их можно вносить ло-

кально; это позволяет при снижении дозы их наполовину получать почти такой же урожай, как от полной дозы. Наиболее распространенным методом локального внесения удобрений является посев сельскохозяйственных культур комбинированными сеялками. При этом используют обычно сложные удобрения — аммофос, диаммофос, нитроаммофос и др. Рациональным приемом повышения эффективности минеральных удобрений являются подкормки пропашных, овощных культур, озимых хлебов, многолетних трав. Подкормки дают дополнительно 0,2—0,3 т/га зерна озимых хлебов, до 3,0 т/га клубней картофеля, 1,0—1,2 т/га сена многолетних трав.

В земледелии недостаточно используют эффективные микробные землеудобрительные препараты. Обработка семян бобовых культур торфяным нитрагином, т. е. ризоторфином (препарат клубеньковых бактерий — *Rhizobium*), не только повышает урожай, но и улучшает его качество, повышает содержание белка в зерне и витаминов группы В. Бактеризация семян овощных культур азотобактерином (препарат *Azotobakter chroococcum*) может повысить их урожай на 20—30 % и ускорить его созревание.

Положительное влияние оказывает фосфоробактерин (препарат спорообразующей бактерии *Bacillus megaterium*). Под воздействием этого препарата разрушаются фосфорорганические соединения почвы, а фосфор переводится в доступную для растений форму. При обработке препаратом семян урожай повышается примерно на 10 %. Эффективность фосфоробактерина на почвах, удобренных суперфосфатом, не снижается.

Для бактеризации семян применяют также препарат «силикатных бактерий», представляющий собой культуру спорообразующей бактерии *Bacillus mucilaginosus var. siliceus*. Микроорганизм, размножаясь в ризосфере растений, разрушает алюмосиликаты с высвобождением минеральных элементов питания в доступной для растений форме. Однако прибавки урожая от препарата не всегда стабильны.

Препарат АМБ для активизации биодинамики таежно-лесных окультуриваемых почв готовят на органо-минеральном компосте по определенной методике, размножая комплекс микроорганизмов — аммонификаторов, целлюлозоразлагающих бактерий, автохтонную микрофлору. Доза внесения — 0,5 т компоста на 1 га. Препарат чаще применяют в защищенном грунте.

Известкование кислых почв. Оно является важнейшим агрономическим приемом, повышающим урожай сельскохозяйственных культур в результате того, что на известкованных почвах улучшается реакция (становится более оптимальной для культур), повышаются доступность и поступление основных элементов питания в корни растений, в почве активизируются гумусово-аккумулятивные процессы, микробиологическая деятельность, растения меньше поражаются болезнями, улучшаются фи-

зические свойства почв, повышается эффективность минеральных удобрений. Но на известкованных почвах снижается подвижность многих микроэлементов, что необходимо учитывать в системе агромероприятий.

**Борьба с водной эрозией.** Для преобладающих под пашней в южнотаежной подзоне дерново-подзолистых почв развитие плоскостной водной эрозии играет особо неблагоприятную роль, так как при смыве пахотного гумусового слоя на поверхность выходят неплодородные залегающие ниже горизонты. При каждой все возрастающей степени смытости почв (слабо-, средне- и сильносмывтые) урожайность полевых культур снижается примерно на треть. В некоторых регионах южнотаежной подзоны около 70—80 % площадей пахотных почв в той или иной степени подвержены водной эрозии (плоскостной и овражной); развитие эрозии стало настоящим бедствием. Для борьбы с водной эрозией разработаны надежные методы; многие из них не требуют больших материальных затрат.

**Обработка почв, создание глубокоокультуренного пахотного слоя.** Обработка почв — наиболее мощный прием регулирования общих физических, водных, воздушных и других свойств почв. Она обязательно должна быть почвозащитной. Для зерновых культур хорошо зарекомендовала себя поверхностная обработка почвы тяжелыми и легкими дисковыми боронами со вспашкой один раз в несколько лет. Вспашка почвы под пропашные культуры, нарезка гребней и гряд должны проводиться поперек склона и т. д.

По мере окультуривания дерново-подзолистых почв необходимо создавать глубокий пахотный слой, но это нужно делать постепенно с обязательным внесением повышенных доз органических, минеральных удобрений, извести, так как углубление пахотного горизонта связано с припахиванием неплодородного подзолистого слоя. Если хозяйство в средствах ограничено, целесообразно повысить плодородие существующего пахотного слоя, предварительно проведя обработку почвы плугами-глубокорыхлителями на глубину 35—40 см с рыхлением подзолистого и верхней части иллювиального горизонтов. Это позволит иметь более мощный корнеобитаемый слой.

**Возделывание однолетних и многолетних трав.** При возделывании в условиях севооборота однолетних и многолетних трав, особенно бобовых, в почве накапливаются органическое вещество, азот и доступные элементы питания растений, улучшаются структура и водно-физические свойства. Вследствие благоприятного воздействия на почву трав они являются хорошими предшественниками для многих сельскохозяйственных культур.

**Борьба с избыточным увлажнением почв.** На почвах кратковременно или сезонно избыточно увлажняемых

заметно сокращается продолжительность вегетационного периода растений, так как весной задерживается начало полевых работ, а осенью затрудняется уборка урожая. Озимые хлеба на таких площадях часто вымокают. В почвах ухудшаются азотный и фосфатный режимы. Для устранения переувлажнения на отдельных площадях достаточно устройство кротового дренажа или прерывистых борозд поперек склона с целью перехвата делювиальных вод, стекающих с вышележащих рельефных форм. Следует отказаться от вспашки под зябь для уменьшения накопления воды в пахотном слое осенью и весной и т. д. На длительно переувлажняемых территориях необходимо проведение специальных мероприятий; переувлажняемые почвы без проведения мелиоративных работ непригодны для садоводства.

**Очистка почвы от камней.** В почвах, особенно северных районов таежно-лесной зоны, много каменных валунов, оставленных ледниками в древние периоды оледенений суши (Карелия, Псковская, Новгородская, Ленинградская и другие области). Завалуненные почвы занимают около 14 млн га. Для того чтобы заниматься на таких полях земледелием или использовать территории под сенокосы, необходимо проводить уборку камней.

Важное значение для сельскохозяйственного производства зоны имеют пойменные почвы, характеризующиеся довольно высоким плодородием, но они часто закочкарены и закустарены. При проведении комплекса мелиоративных работ на этих землях можно создать сенокосные угодья и пастбища, выращивать хорошие урожаи картофеля и овощных культур.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Охарактеризуйте условия почвообразования на территории таежно-лесной зоны. 2. Изложите современное представление об основных почвообразовательных процессах зоны: подзолистом, дерновом, элювиально-глеевом, лессиваже. 3. Как классифицируют подзолистые и дерново-подзолистые почвы? 4. Охарактеризуйте состав и свойства подзолистых и дерново-подзолистых почв. В чем их близость и различия? 5. Расскажите о почвенных режимах целинных подзолистых и дерново-подзолистых почв. 6. Как изменяются режимы в почвах при освоении лесных почв под пашню и земледельческом использовании? 7. Назовите особенности земледельческого использования подзолистых почв. 8. Какие мероприятия необходимо проводить для повышения плодородия дерново-подзолистых почв? 9. Каковы строение профиля, классификация, состав и свойства болотно-подзолистых почв? 10. Дайте агрономическую характеристику подтипов болотно-подзолистых почв. 11. Назовите процессы, формирующие болотно-подзолистые почвы, и раскройте особенности их проявления в подзонах таежно-лесной зоны. 12. Обоснуйте главные направления использования болотно-подзолистых почв. 13. Дайте краткую характеристику мерзлотно-таежным почвам. 14. Изложите особенности структуры почвенного покрова главных земледельческих регионов зоны. 15. Назовите главные закономерности в географии почв зоны.

**ДЕРНОВЫЕ ПОЧВЫ**

Дерновые почвы являются интразональными, обладают высоким плодородием, встречаются на всем протяжении южнотаежной подзоны таежно-лесной зоны (от Ленинградской области до Камчатки и Курильских островов), а также в зоне серых лесных почв. Их общая площадь более 9 млн га.

**22.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ГЕНЕЗИС**

Дерновые почвы образовались под преобладающим влиянием дернового почвообразовательного процесса, с развитием элементов элювиального процесса, в основном на карбонатных породах. Наиболее существенной особенностью дернового процесса являются накопление гумуса, питательных для растений веществ и создание водопрочной структуры в верхнем горизонте. Все эти признаки отчетливо выражены в профиле дерновых почв. На примере этих почв хорошо отразилась роль карбонатности материнских пород в таежно-лесной зоне, препятствующая подзолистому процессу и определяющая активное течение гумусово-аккумулятивного процесса, даже под лесом.

В автоморфных условиях только после выщелачивания карбонатов появляется возможность течения подзолистого процесса. Карбонатные породы, на которых сформировались дерновые почвы, разнообразны: морские пермские буровато-красные и малиновые карбонатные глины и тяжелые суглинки, элювий и делювий известняков, доломитов, мергелей, известковистые песчаники и др.

Дерновые почвы образовались также на некарбонатных породах, например на покровных суглинках и глинах, если они располагались на шлейфах и нижних частях плохо дренированных склонов, находящихся под влиянием жестких делювиальных или почвенно-грунтовых вод. При этом развивалось оглеение почв. Дерновые почвы сформировались также на породах с большим количеством силикатных форм кальция и магния, богатых железом.

**22.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ**

Несмотря на особенности строения профилей различных дерновых почв, они имеют следующие общие признаки: хорошо выраженный гумусовый горизонт комковато-зернистой структуры и, как правило, наличие на той или иной глубине карбонатов. Основ-

ными отличительными чертами профиля некоторых дерновых почв являются признаки оподзоленности и глееватости.

Для примера рассмотрим профиль целинной дерновой автоморфной почвы. Сверху выделяется лесная подстилка  $A_0$  или дернина  $A_d$  мощностью 2—7 см. Под ней залегает гумусовый (дерновый) слой  $A_1$  серого, темно-серого, коричневатого-серого цвета, комковато-зернистой структуры, ниже располагается неравномерно окрашенный гумусовый горизонт, иногда с белесоватой кремнеземистой присыпкой ( $A_1A_2$ ), еще ниже — иллювиальный, свободный от карбонатов горизонт (В), который резко переходит в  $V_k$  и материнскую породу или в рухляковую породу известняков, мергелей или доломитов (Д). Подразделение дерновых почв на типы, подтипы и роды показано в таблице 39.

**39. Классификация дерновых почв**

Тип	Подтип	Род
Дерново-карбонатные	Дерново-карбонатные типичные	Известковые; силикатно-известковые; недоразви-
	Дерново-карбонатные выщелоченные	тые
	Дерново-карбонатные оподзоленные	
Дерновые литогенные	Дерновые насыщенные	На шунгитах; на основных изверженных породах; на сланцах; на пестроцветных глинах; на породах, богатых железом
	Дерновые кислые	
	Дерновые оподзоленные	
Дерново-глеевые	Дерново-поверхностно-глееватые	Карбонатные; насыщенные; оподзоленные
	Дерново-грунтово-глееватые	
	Переговойные поверхностно-глеевые	
	Переговойные грунтово-глеевые	

Дерновые почвы подразделяют на виды по содержанию гумуса и мощности гумусового горизонта: переговойные — гумуса более 12 %, многогумусные — 5—12, среднегумусные — 3—5, малогумусные — менее 3 %; маломощные — менее 15 см, среднемощные — более 15 см; по степени смывтости — на слабо-, средне- и сильносмывтые.

## 22.3. СОСТАВ, СВОЙСТВА, ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

### 22.3.1. ДЕРНОВО-КАРБОНАТНЫЕ ПОЧВЫ

**Строение профиля и генезис.** Дерново-карбонатные почвы образовались на карбонатных породах, обычно на повышенных элементах рельефа, в автоморфных условиях. Осо-

бенности валового химического состава дерново-карбонатных почв в том, что в верхних генетических горизонтах содержится больше полугорокисидов железа и алюминия, а также магния по сравнению с дерново-подзолистыми и серыми лесными. Процессы почвообразования и выветривания привели к увеличению валового содержания  $\text{SiO}_2$  в профиле дерново-карбонатных почв (до 65—75 % в пахотном слое), сформировавшихся на основных по содержанию  $\text{SiO}_2$ , породах с количеством  $\text{SiO}_2$  54—60 %. В профиле почв отмечен вынос элементов.

Валовых микроэлементов в этих почвах больше, чем в дерново-подзолистых и серых почвах, а подвижных — в 2 раза и более, чем в дерново-подзолистых почвах. Коэффициенты накопления валовых количеств бора, меди, кобальта, марганца и других положительные, что в большой степени связано с влиянием «геохимического карбонатного барьера».

*Дерново-карбонатные типичные почвы* (рендзины) имеют мало-мощный профиль, сформировались на элювии известковых пород; на поверхности, в дерновом и пахотном горизонтах содержатся обломки этих пород. Это характеризует почвы как каменные и неудобные для земледелия. Неэродированные почвы — многогумусные, имеют реакцию, близкую к нейтральной ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  6—7), высокую степень насыщенности основаниями (преобладает 95—98 %), отличаются неустойчивым водным режимом.

*Дерново-карбонатные выщелоченные почвы* являются лучшими среди дерново-карбонатных почв. Профиль их хорошо сформирован, но его мощность часто не превышает 80 см; карбонаты находятся с глубины 40—60 см и ниже. Почвообразующими породами являются обычно карбонатные глины. Неэродированные почвы много- и среднегумусные; гумус фульватно-гуматный; реакция пахотного слоя практически не кислая ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,5—6); сумма обменных оснований 25—35 мг-экв; степень насыщенности основаниями 80—95 % и выше. Преобладает среднее содержание подвижного фосфора, среднее и повышенное — калия. Дерново-карбонатные выщелоченные (и типичные) почвы имеют довольно хорошее структурное состояние; в пахотном горизонте водопрочных агрегатов диаметром более 0,25 мм содержится 55—70 %.

*Дерново-карбонатные оподзоленные почвы* приближаются по своим свойствам к дерново-слабоподзолистым почвам. Профиль хорошо развит, мощность его около 130 см. Под гумусовым слоем — горизонт с признаками оподзоленности (с белесой кремнеземистой присыпкой), с заметной выраженностью иллювиального процесса в горизонте В; карбонаты находятся на глубине около 1 м. По содержанию гумуса почвы среднегумусные, гумус гуматно-фульватный и фульватно-гуматный; реакция практически не кислая, но встречаются слабо- и среднекислые почвы, нуждающиеся в известковании. Сумма обменных оснований в верхнем гумусовом слое в среднем 20—25 мг-экв, степень насыщенности основаниями 80—

95 %. По содержанию подвижных фосфора и калия мало отличаются от других подтипов дерново-карбонатных почв.

Почвенные режимы дерново-карбонатных почв. Они близки к режимам зональных почв, среди которых встречаются. В находящихся под лесом дерново-карбонатных почвах южнотаежной подзоны проявляется промывной тип водного режима, а под пашней — периодически промывной; на пашне почвы прогреваются гораздо лучше; процесс нитрификации под лесом подавлен, при распашке почв он быстро активизируется.

В дерново-карбонатных почвах более высокая микробиологическая и ферментативная активность, чем в дерново-подзолистых. Общая концентрация почвенных растворов пахотных дерново-карбонатных почв, содержание ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  ниже, чем в дерново-подзолистых почвах, вследствие более высокой катионной емкости поглощения и низкой кислотности.

Использование. Дерново-карбонатные выщелоченные и оподзоленные почвы являются наиболее плодородными в типе дерново-карбонатных почв, но если в результате земледельческого использования их плодородие не сохранять, то оно быстро утрачивается. На пахотных землях в связи с прекращением ежегодного природного поступления в почву отмершего растительного органического вещества необходимо вносить органические удобрения в дозе не ниже 10 т/га (в среднем ежегодно) во избежание уменьшения содержания гумуса. Учитывая, что дерново-карбонатные почвы, как правило, располагаются на повышенных элементах рельефа и сильно подвержены водной эрозии, содержание гумуса в их пахотном слое за 15—20 лет в некоторых районах уменьшилось на 0,9 % (в абсолютных процентах).

Весной дерново-карбонатные почвы быстро пересыхают, поэтому нельзя упускать состояние спелости почв по влажности и необходимо своевременно проводить предпосевную обработку поля, тем более вспашку или глубокое рыхление глинистых и тяжелосуглинистых почв, иначе это приведет к образованию больших глыб на поверхности пашни, трудно разрушаемых последующим боронованием.

В комплексе агроприемов для дерново-карбонатных почв особую значимость имеют почвозащитная обработка и мероприятия по сохранению влаги. Чрезвычайно большой вред причиняет возделывание на дерново-карбонатных почвах пропашных культур с расположением гребней или гряд вдоль склона. Известковать почвы, как правило, не требуется, но иногда это необходимо. Внесение  $\text{N-P}$ -удобрений обязательно. Дерново-карбонатные почвы целесообразнее использовать под ценные зерновые культуры (пшеницу и др.), а также под бобовые (горох, клевер и др.).

### 22.3.2. ДЕРНОВО-ЛИТОГЕННЫЕ ПОЧВЫ

Дерново-литогенные почвы наиболее распространены в Средней Сибири. Они образовались на породах, содержащих много силикатных форм кальция и магния, на элювии пород, богатых железом, в условиях слабого выноса продуктов почвообразования и выветривания из-за относительно небольшого количества осадков, позднего оттаивания сезонной мерзлоты и близкого залегания многолетнего мерзлого грунта.

Профиль почв по валовому составу относительно однороден. Гумуса содержится от 2 до 9 %, с глубиной его количество быстро уменьшается; реакция близка к нейтральной.

Лучшими в типе дерново-литогенных почв являются дерновые насыщенные. При достаточной мощности гумусового слоя они близки по плодородию к дерново-карбонатным выщелоченным.

### 22.3.3. ДЕРНОВО-ГЛЕЕВЫЕ ПОЧВЫ

Дерново-глеевые почвы образовались на шлейфах склонов и слабодренированных нижних частях склонов, переувлажняемых богатыми кальцием (жестких) делювиальными и почвенно-грунтовыми водами. Вследствие переувлажненности они имеют неблагоприятный воздушный режим. Обладая высоким плодородием, нуждаются в регулировании водного режима. Почвы содержат большое количество гумуса (10—15 %), характеризуются высокой катионной емкостью поглощения (30—40 мг · экв.), высокой насыщенностью основаниями (до 95 %), реакцией, близкой к нейтральной. Дерново-глеевые почвы успешно используют для возделывания овощных культур.

На склонах, дренированных овражно-балочной сетью, дерново-глеевые почвы не встречаются. Здесь сформировались серые лесные почвы. На это обратил внимание И. В. Тюрин (1935), изучая генезис серых лесных почв Чувашии. Он пришел к выводу, что образование серых лесных почв Чувашии связано с эволюцией почв типа дерново-глеевых в результате изменения их водного режима. Эта теория подтвердилась для всего пресурального региона (Ковриго, Вараксин), отличающегося общностью происхождения и свойств четвертичных и коренных осадочных пород, и объясняет повышенную гумусность серых лесных почв по сравнению с аналогичными почвами центральных и особенно западных районов северной лесостепи.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие почвы называют дерновыми? Расскажите об их генезисе и классификации.
2. Какие агрономические свойства имеют подтипы дерново-карбонатных почв?
3. Каковы особенности земледельческого использования дерново-карбонатных почв?
4. Дайте краткую характеристику дерново-литогенным и дерново-глеевым почвам.

## БОЛОТНЫЕ ПОЧВЫ

Болотные почвы относятся к интразональным и встречаются во многих зонах. Основные их площади (около 70 млн га) находятся в тундровой и таежно-лесной зонах России. В более южных зонах они распространены значительно меньше, где приурочены в основном к поймам рек и отличаются зональными особенностями.

## 23.1. ГЕНЕЗИС

Образование и развитие болотных почв связано с избыточным увлажнением, возникающим под воздействием поверхностных или грунтовых вод. Причинами поверхностного переувлажнения может быть застаивание воды в понижениях рельефа (западины, котловины) при ее накоплении за счет поверхностного стока с окружающих повышенных участков. Вода может застаиваться и на равнинных территориях при отсутствии или слабом проявлении поверхностного стока и наличии водоупорных горизонтов в толще почвы или почвообразующей породе. Например, в случае развития почв на двучленных отложениях с песчано-супесчаной верхней толщей и подстиланием тяжелыми покровными или моренными слабоводопроницаемыми породами.

Переувлажнение почв возникает также при близком залегании к поверхности грунтовых вод. При насыщении почвенных горизонтов до полной влагоемкости создаются условия для появления и развития приспособленной к переувлажнению болотной растительности и образования болотных почв.

Болотные почвы формируются при развитии двух процессов — торфообразования и оглеения. Их часто объединяют под названием «болотный процесс».

В зависимости от проявления процесса торфообразования среди болотных почв выделяют болотные торфяные и болотные минеральные почвы. К последним относятся перегнойно-глеевые и иловато-глеевые. Основные площади болотных почв представлены болотными торфяными почвами. Торфообразование — накопление на поверхности почвы полуразложившихся растительных остатков в результате замедленной их гумификации и минерализации в условиях избыточного увлажнения.

На начальных стадиях заболачивания переувлажнение почв вызывает смену растительности: поселяются влаголюбивые автоτροφные растения, которые затем могут сменяться зелеными мхами, кукушкиным льном и наконец сфагнумом.

Возникающие при избыточном увлажнении анаэробные условия резко затормаживают процессы минерализации и гумифика-

ции отмирающей растительности. На поверхности почвы начинают накапливаться полуразложившиеся органические остатки, формируя постепенно слой торфа. Превращение органических веществ при торфообразовании представляет собой сложный биохимический процесс, в котором участвуют различные группы микроорганизмов.

Наибольшее изменение торфяной массы происходит в поверхностном 5—10-сантиметровом слое, где возникает кратковременная аэрация. При этом часть растительных остатков гумифицируется. Нижележащие слои торфяной массы, находясь в условиях постоянного устойчивого анаэробного анаэробногизиса, почти не изменяются. Поэтому в составе органического вещества торфа присутствуют растительные остатки, в разной степени затронутые разложением, частично продукты их гумификации (гумусовые вещества) и промежуточные продукты распада органических веществ отмерших растений. Прирост торфа в таежной зоне в год составляет 0,27—0,67 см. Степень изменения растительных остатков при торфообразовании в значительной мере зависит от их химического состава (содержания азота, оснований), реакции среды.

Наиболее распространенными растениями-торфообразователями являются осоки, пушицы, камыш, тростник, вейник, рогоз, канареечник и т. д., среди полукустарников и древесных — багульник, клюква, вереск, ива, береза, ольха черная и серая, сосна обыкновенная, ель, лиственница и т. д. Особенно важную роль в торфообразовании играют мхи: гипновые, кукушкин лен и белые сфагновые.

Состав болотной растительности, смена одних группировок другими в большой степени зависят от состава и свойств заболачивающих почв и переувлажняющих их вод. При устойчивом переувлажнении богатых почв (дерново-глеевых, луговых и др.) развиваются болотная травянистая растительность, некоторые виды кустарниковых и древесных растений, требовательных к условиям питательного режима. Такая же по составу болотная растительность развивается и при переувлажнении почв водами, содержащими повышенное количество различных минеральных соединений (бикарбонатов кальция, растворимых форм элементов питания).

На таких участках торфяные горизонты образуются при близкой к нейтральной или слабощелочной реакции, при которой активнее идут процессы гумификации и разложения растительных остатков. Образующийся при этом торф характеризуется повышенной степенью разложения, большим содержанием в составе органического вещества торфа гумусовых соединений.

Подобные условия обычно создаются в понижениях рельефа (шлейфы склонов, притеррасные поймы и т. д.). В связи с отмеченными особенностями развития болотного процесса такие болота и соответствующие им торфяные болотные почвы получили название *низинных*.

На водораздельных участках переувлажнение обычно создается за счет застаивания на поверхности или водоупоре в толще почв или породы бедных минеральными веществами вод атмосферных осадков. В этих условиях устойчиво развиваются малотребовательные растения-торфообразователи — сфагновые мхи, угнетенные формы сосны, березы, багульник, клюква и др.

Бедные зольными элементами и азотом остатки такой болотной растительности формируют слаборазложившийся торф с невысокой долей участия его в составе органического вещества гумусовых соединений. Болота и болотные торфяные почвы, развивающиеся в этих условиях, получили название *верховых*.

Заторфовывание водоемов. Основной путь образования болотных почв связан с описанными явлениями заболачивания суши под влиянием устойчивого избыточного увлажнения, поселения болотной растительности и формирования торфяных горизонтов.

Образование торфяных болотных почв происходит также при заторфовывании водоемов (озер, заводей рек, стариц и т. д.). При отмирании планктона (водоросли, моллюски и др.) его масса смешивается на дне с минеральным илом, образуя сапропель (гниющий ил). По мере нарастания толщи сапропеля на нем, начиная с мелководья, у берегов поселяются земноводные растения — камыш, тростник и др. При их отмирании на сапропеле постепенно образуется торфяная масса, заполняющая мелководье. Процесс нарастания торфа усиливается за счет отмирающих остатков плавающих растений — сабельника, телореза и др. При заторфовывании водоемов могут образовываться наиболее мощные торфяники (до 15 м и более).

О г л е е н и е. Постоянное переувлажнение при заболачивании минеральных горизонтов приводит к развитию в них процесса оглеения. *Оглеение* (глеобразование) — это сложный биохимический восстановительный процесс, протекающий в анаэробных условиях при переувлажнении почв при обязательном наличии органического вещества и участия анаэробных микроорганизмов.

Важнейшие явления, протекающие при оглеении, — восстановление элементов переменной валентности (Fe, Mn, S, N и др.), разрушение алюмосиликатов, образование вторичных алюмоферросиликатов, взаимодействие подвижных продуктов минеральных соединений с активными формами водорастворимых органических веществ и образование подвижных органо-минеральных соединений.

Наиболее характерная черта глеобразования — восстановление окисного железа в закисное. Оно может происходить, по-видимому, как в результате ферментативной деятельности микроорганизмов, так и воздействия продуктов жизнедеятельности анаэробной микрофлоры ( $H_2$ ,  $H_2S$ , масляная кислота и др.) и гумусовых кислот.

При восстановлении окисного железа происходит растворение (снятие) железистых пленок на поверхности почвенных минералов. В результате этого почвенная масса приобретает осветленную сизоватую окраску, свойственную исходным минералам. Такая окраска усиливается и за счет образования вторичных алюмоферросиликатов, в состав которых входит закисное железо. Поэтому горизонты, где развиваются устойчивые процессы оглеения, имеют сизоватую, грязно-зеленоватую или голубоватую окраску. Такие горизонты называют *глеевыми*.

Если оглеение носит периодический характер и сменяется развитием окислительных процессов или не достигает высокой интенсивности, то обычно сплошного глеевого горизонта не образуется, а формируется горизонт с отдельными сизовато-зеленоватыми и ржаво-охристыми пятнами. Такие горизонты называют *глееватыми*. Процессы оглеения развиты не только в собственно болотных почвах, но и во многих типах почв, относящихся к полугидроморфным (луговые, глеево-подзолистые, дерново-глеевые, солоди и др.).

При оглеении Mn восстанавливается до  $Mn^{2+}$ . Повышенные его количества токсичны для растений. При устойчивом оглеении сера восстанавливается до  $H_2S$ ,  $FeS$ . Значительным превращениям при оглеении подвергаются соединения азота и фосфора. При оглеении развивается процесс денитрификации, что может вызвать значительные потери азота почвы и вносимых удобрений.

Изменение фосфатного режима обусловлено образованием в оглеенных горизонтах фосфатов закиси железа типа вивианита, а при периодической смене восстановительных процессов окислительными — накоплением труднодоступных растениям фосфатов окисного железа. Оглеение вызывает дезагрегацию почвенной массы. Глеевые горизонты характеризуются высокой плотностью. Таким образом, оглеение существенно ухудшает условия питательного режима и физические свойства почв. Для их улучшения требуется коренное изменение водно-воздушного режима.

Если оглеение возникает в верхних горизонтах в случаях поверхностного их переувлажнения и носит временный характер, то такое его проявление приводит к развитию *элювиально-глеевого процесса*.

Элювиально-глеевый процесс, развиваясь в условиях контрастного водного режима, характеризуется:

контрастным проявлением окислительно-восстановительных процессов в верхних горизонтах профиля — резким снижением ОВ-потенциала в период временного переувлажнения с последующим повышением потенциала при просыхании почвы и нарастающей аэрации;

превращением органических веществ с образованием большого количества подвижных и агрессивных форм — фульвокислот, низкомолекулярных кислот, полифенолов;

образованием подвижных восстановленных форм железа и марганца, а в условиях кислой реакции и подвижных соединений алюминия;

активным взаимодействием агрессивных органических веществ с компонентами минеральной части почвы с образованием водорастворимых комплексных органо-минеральных соединений и их миграцией с нисходящим или боковым током воды.

Указанные особенности элювиально-глеевого процесса определяют широкое его участие в образовании осветленных элювиальных горизонтов в почвах с явлениями временного поверхностного избыточного увлажнения (подзолистых, болотно-подзолистых, солодах, серых лесных, глеевых и др.).

## 23.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Профиль болотных торфяных почв подразделяют на следующие генетические горизонты:  $A_0$  или  $Oч$  — слой лесной подстилки, или очес — не затронутый разложением поверхностный слой мховой растительности;  $T$  — торфяной горизонт, подразделяемый на подгоризонты  $T_1$ ,  $T_2$  и другие в зависимости от ботанического состава растений, составляющих торф, и от степени его разложения. Торф торфяного горизонта может быть слаборазложившимся (торфяной —  $T^r$ ), среднеразложившимся (перегнойно-торфяной —  $T^{пт}$ ) и сильноразложившимся (перегнойный —  $T^п$ ). В торфяном горизонте возможно видимое значительное накопление оксидов железа (охристый горизонт), вивианита (вивианитовый горизонт), луговой извести, водорастворимых солей (солончаковый горизонт) и других веществ. Ниже торфяного слоя расположен глеевый горизонт  $G$  ( $G$ ), который обычно в верхней части окрашен в серые тона натечным органическим веществом из торфяного слоя.

Болотные торфяные почвы подразделяют на два типа: болотные торфяные верховые и болотные торфяные низинные почвы.

Болотные торфяные верховые почвы расположены преимущественно в тундровой зоне и в подзонах северной и средней тайги. Образуются чаще всего на водоразделах в условиях застойного увлажнения атмосферными водами. Основная растительность — сфагновые мхи, полукустарнички (морощка, клюква, багульник, голубика и др.), а также угнетенные древесные породы (ель, сосна, береза).

Тип этих почв подразделяют на два подтипа: болотные верховые торфяно-глеевые и болотные верховые торфяные.

Болотные верховые торфяно-глеевые почвы имеют мощность торфяного слоя от 20 до 50 см, развиваются на периферии верховых болот или в относительно небольших бессточных понижениях водоразделов.

Болотные верховые торфяные почвы отличаются более мощным торфяным слоем ( $> 50$  см), занимают основную часть верховых болот. Выделяют три рода верховых торфяных почв: *обычные* — торфяной слой состоит из сфагнового или кустарниково-пушицевого торфа; *переходные* остаточного-низинные засфагненные характеризуются более разложившимся торфом нижней его части; *гумусово-железистые* развиваются на песках и имеют под слоем торфа сильно ожелезненный коричневый или ржаво-коричневый гумусово-железистый горизонт.

На виды делятся: по мощности торфяного слоя — на торфянисто-глеевые (Т от 20 до 30 см), торфяно-глеевые (Т 30—50 см), торфяные на мелких торфах (Т 50—100 см), торфяные на средних торфах (Т 100—200 см) и торфяные на глубоких торфах (Т  $> 200$  см); по степени разложения торфа (верхние 30—50 см) — на торфяные — степень разложения  $< 25$  %, перегнойно-торфяные — 25—45 %.

Болотные низинные торфяные почвы развиваются в понижениях рельефа на водоразделах, надпойменных террасах, поймах, в приозерных понижениях под травянистой растительностью (осоки, тростник, камыш и др.) в условиях избыточного увлажнения жесткими водами.

Разделяются на следующие четыре подтипа: низинные обедненные торфяно-глеевые, низинные обедненные торфяные, низинные (типичные) торфяно-глеевые и низинные (типичные) торфяные. Первые два подтипа формируются при переувлажнении слабоминерализованными водами и развиты преимущественно в северной и средней тайге, вторые (низинные типичные) — под действием жестких грунтовых вод и распространены в южной тайге и лесостепи.

Деление на роды связано с гидрогенной аккумуляцией в торфяных горизонтах карбонатов, соединений железа и т. д. Выделяют следующие роды: нормально зональные, карбонатные, солончакковые, вивианитовые, сульфатнокислые, оруденелые и заиленные. Разделение на виды аналогично верховым торфяным почвам.

### 23.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Особенности состава и свойств болотных торфяных почв определяют показателями состава и свойств торфяных горизонтов. Состав глеевых горизонтов разнообразен и в значительной степени зависит от гранулометрического, минералогического и химического составов пород и почв, на которых сформировались торфяные почвы. Общими их особенностями являются неблагоприятные физические свойства (дезагрегированность и уплотненность) и наличие закисных форм железа.

Генетическую и агрономическую оценку торфяных почв прово-

дят по мощности торфяного слоя и следующим показателям торфа: степени разложения, ботаническому составу, составу органического вещества, содержанию азота, зольности и составу зольных элементов, реакции и физическим свойствам.

*Степень разложения* — важную характеристику торфа — определяют по относительному содержанию (в %) продуктов распада тканей, утративших клеточное строение. Ее устанавливают специальными анализами торфа, изучением строения растительных остатков под микроскопом. В полевых условиях степень разложения можно определить глазомерно (табл. 40). Чем выше степень разложения торфа, тем ценнее агрономические качества торфяных почв как объекта возможного земледельческого освоения. Торф верховых болотных почв имеет слабую или среднюю степень разложения, а низинных — чаще всего высокую.

#### 40. Признаки различной степени разложения торфа

Степень разложения		Основные признаки состояния торфа
%	Тип торфа	
< 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 слаборазложившийся	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; растительные остатки 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 сильноразложившийся	Торф продавливается между пальцами в виде грязеподобной черной массы. Вода не отжимается. Растительные остатки совершенно неразличимы

**Органическое вещество.** Оно составляет основную часть (в среднем 85—95 %) торфа. В верховых болотных почвах оно представлено преимущественно целлюлозой, гемицеллюлозой, лигнином и воскосмолами. Торф этих почв слабо гумифици-

рован; гумусовые вещества составляют 10—15 % общего С, в их составе преобладают ФК.

Торф низинных болотных почв хорошо гумифицирован, в нем до 40—50 % гумусовых веществ, в составе которых преобладают гуминовые кислоты.

**Содержание азота.** Торф болотных почв богат азотом (от 0,5—2,0 % в верховых и до 3—4 % в низинных почвах), но он содержится в труднообилизуемых формах. В торфе верховых болотных почв азот представлен в различных азотсодержащих соединениях исходных растительных остатков, в торфе низинных почв — в значительной части и азотом гумусовых веществ. По запасам и формам соединений азота низинные болотные почвы более ценны по сравнению с верховыми как объект освоения и использования торфа для приготовления удобрений.

Реакция торфа верховых болотных почв кислая, а низинных колеблется от слабокислой до слабощелочной (в низинных карбонатных почвах). Лишь сульфатные низинные торфяные почвы имеют крайне кислую реакцию ( $\text{pH}_{\text{КСI}} 1,1-3,0$ ).

Все виды торфа имеют высокую емкость поглощения катионов (от 80—90 до 130—200 мг · экв), но различаются по гидролитической кислотности и насыщенности основаниями. У верховых почв  $V = 10-30\%$ , а у низинных — 70—100 %.

Зольность торфов имеет важное агрономическое значение, так как в составе золы присутствуют зольные элементы питания (P, K, Ca, Mg и др.). В то же время повышенное содержание оксидов железа, водорастворимых солей в составе золы торфа резко снижает его качество. Зольность торфов верховых болотных почв наиболее низкая (2—5 %), низинных — составляет от 5—10 % у обедненных (переходных) до 30—50 % у высокозольных. В верховых болотных почвах состав и содержание зольных элементов определяются зольностью исходных растительных остатков, а в низинных в большей мере зависит от гидрогенной аккумуляции веществ и степени заиления торфа.

Наиболее важными компонентами золы являются фосфор, калий, кальций. Фосфор в торфе содержится в основном в органической форме и в небольших количествах (0,1—0,4 %), за исключением некоторых травянистых и ольшаниковых болот, в торфе которых фосфор может накапливаться в виде вивианита до 2—8 % на сухое вещество торфа.

Все виды торфа бедны калием. Содержание кальция в торфе верховых болот невелико, а в торфе низинных почв — в среднем 2—4 %, достигая в карбонатных родах 30 % и выше.

В торфе определенных видов содержится значительное количество железа (5—20 % и более в пересчете на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ); в засоленных торфяных почвах содержится до 2 % водорастворимых солей. Торфяные горизонты болотных почв имеют специфические физические свойства: низкие показатели плотности, высокую влагоем-

кость, слабую водопроницаемость и теплопроводность. Влагоемкость низинного торфа колеблется от 400 до 900 %, верхового — от 1000 до 1200 %.

#### 23.4. РЕЖИМЫ

Целинные торфяные почвы имеют болотный застойный или грунтово-болотный слабопромывной водный режим. В естественном состоянии торф насыщен водой и пористость аэрации наблюдается кратковременно в самом верхнем 5—10-сантиметровом слое в период летней подсушки торфяника. В таких условиях резко ухудшается *воздушный режим*: снижается газообмен между почвенным и атмосферным воздухом, в составе почвенного воздуха возрастает содержание  $\text{CO}_2$  (до 3—6 %) и падает содержание кислорода (до 13—17 %). Для целинных почв характерен *окислительно-восстановительный режим* с господством восстановительных процессов по всему профилю.

*Тепловой режим* определяется основными тепловыми свойствами торфяных почв и зависит от их широтного местоположения.

Высокая теплоемкость и низкая теплопроводность торфа определяют недостаточную теплообеспеченность торфяных почв. Значительное содержание в них воды требует большого количества тепла на их нагревание по сравнению с минеральными почвами. Поэтому торфяные почвы относятся к холодным почвам. Зимой они позже промерзают, а летом позже оттаивают.

Отмеченные особенности гидротермического и ОВ-режимов торфяных почв характеризуют эти почвы в естественном состоянии как биологически малоактивные. Повышенная биологическая активность наблюдается только в самом поверхностном слое в отдельные короткие периоды улучшения его аэрации. Продолжительность таких периодов и интенсивность биохимических процессов нарастают от северной тайги к лесостепи и далее на юг.

#### 23.5. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Рассмотренная выше сравнительная характеристика состава и свойств торфа верховых и низинных болотных почв раскрывает их агрономические особенности.

Наиболее ценными в сельскохозяйственном отношении являются болотные низинные почвы. Торф этих почв имеет высокую зольность, значительную гумифицированность, большое содержание азота и более благоприятную реакцию.

Использование болотных торфяных почв в сельском хозяйстве может идти в двух направлениях: как источника органических

удобрений и как объекта для освоения и превращения их в культурные высокопродуктивные угодья.

Существует два способа использования торфа для приготовления органических удобрений: для приготовления подстилочного навоза и приготовления компостов. В качестве подстилки для скота используют малоразложившийся моховой торф. Он хорошо впитывает навозную жижу и газы, устраняя тем самым потери самого ценного компонента удобрений — азота. Торфяной навоз по своим удобрительным качествам превосходит соломенный.

При компостировании к торфу добавляют известь, фосфоритную муку, растворимые минеральные удобрения или биологически активные вещества (фекалии, навоз и др.).

Для непосредственного удобрения используют только хорошо разложившийся торф. Особо ценны вивианитовые и карбонатные торфы (для кислых почв).

После осушения, культуртехнических и агротехнических мероприятий болотные торфяные почвы могут быть превращены в ценные сельскохозяйственные угодья. Так, на окультуренных низинных торфяных почвах Яхромской поймы (Московская обл.) получают сена до 9,0—12,0 т/га при 2—3 укосах, кормовых корнеплодов до 70,0—90,0 т/га, картофеля 20,0—27,0 т/га, высокие урожаи овощных и других культур.

При освоении и последующем использовании болотных низинных торфяных почв первостепенное значение имеет создание оптимального водно-воздушного режима за счет правильно выбранной нормы осушения и поддержания уровня грунтовых вод на заданной глубине с учетом требований отдельных групп сельскохозяйственных культур.

*Норма осушения* — глубина зеркала грунтовых вод после проведения осушительных мелиораций. В среднем для зерновых культур она составляет за весь период вегетации 70—80 см, для овощных, силосных — 80—100, для трав — 60—80 см. Для торфяных почв характерен большой запас недоступной влаги (30—40 % ПВ). Нижний предел оптимального увлажнения составляет для большинства культур 55—60 % ПВ. При снижении влажности до этой величины необходимо дополнительное увлажнение (полив дождеванием или за счет регулирования уровня грунтовых вод).

При осушении водный режим торфяных почв изменяется от болотного в целинных почвах до промывного торфяного в северной тайге, периодически промывного в южной и периодически выпотного торфяного в лесостепи. В увлажнении пахотного слоя значительно возрастает роль атмосферных осадков и верховодки.

Под влиянием осушения изменяется тепловой режим торфяных почв: в целом он ухудшается, так как в верхних горизонтах осушенных почв возрастает объем пор, заполненных воздухом, который проводит тепло хуже, чем вода.

Осушение и обработка торфяной почвы (глубокая вспашка,

фрезерование и другие приемы) существенно изменяют воздушный, окислительно-восстановительный и микробиологический режимы. В пахотном слое возрастает аэрация, усиливаются окислительные процессы, повышается биологическая активность. Профиль мелиорируемой почвы расчленяется на два слоя: верхний — пахотный горизонт (иногда и часть подпахотного) высокой биологической активности, развития окислительных процессов и биохимического разложения органического вещества торфа и нижний — капиллярно-насыщенный влагой, сохраняющий в значительной мере свойства и режимы целинной торфяной почвы. Оптимальная мощность зоны окисления ( $E_h > 400$  мВ) составляет: для многолетних трав 20—40 см, для зерновых, силосных, кормовой свеклы 40—60, для сахарной свеклы, кормовой моркови 50—80 см.

Применение удобрений и известкование кислых торфяных почв ( $pH_{KCl} < 5,0$ ) обязательны при освоении и использовании болотных почв. Большинство болотных почв бедны фосфором и калием. Поэтому внесение фосфорно-калийных удобрений должно быть систематическим, с учетом требований возделываемых культур и содержания подвижных форм этих элементов в почвах.

Внесение азотных удобрений особенно необходимо в первый период освоения осушенных почв в связи с недостаточной мобилизацией азота торфа.

Значительный эффект на торфяных почвах дает применение медных удобрений (пиритных огарков, медного купороса). В результате изменения водно-воздушного, ОВ- и микробиологического режимов усиливается минерализация органического вещества торфа. Это приводит к постоянному уменьшению мощности торфа в среднем 1—2 см в год.

Пахотный горизонт под влиянием минерализации органического вещества, внесения удобрений, воздействия корневых систем сельскохозяйственных растений постепенно «оземляется», приобретает структуру; в нем возрастают зольность и содержание доступных элементов питания, снижается плотность, уменьшаются пористость, полная и наименьшая влагоемкость. Значительные изменения в морфологии, составе, свойствах и режимах болотных освоенных почв послужили основанием для выделения их в самостоятельный тип *освоенных торфяных почв*.

Интенсивность отмеченных изменений в свойствах и режимах низинных торфяных почв при их мелиорации тесно связана с зональными условиями. В северной и средней тайге происходит более резкое ухудшение теплового режима; здесь длительно (в ряде случаев постоянно) сохраняются мерзлые, водонепроницаемые горизонты, значительно ослабляющие биохимические процессы. Поэтому в северной тайге биологически активна только верхняя часть пахотного слоя (до 10 см), а в средней тайге — слой мощностью 15—20 см. В этих подзонах особое значение при освоении тор-

фяных почв наряду с удалением избытка воды и регулированием верховодки приобретают тепловые мелиорации (пескование, глинование, регулирование снежного покрова и др.), повышение биологической активности торфа путем внесения удобрений и известкования.

В южной тайге и лесостепи биохимические процессы протекают активно, поэтому важной задачей здесь является регулирование запасов органического вещества торфа, темпов его минерализации путем двустороннего регулирования водно-воздушного режима и посева многолетних трав.

Главное богатство торфяных почв — слой торфа. Постоянная, хотя и медленная, сработка торфа таит в себе опасность вывода из слоя торфяных почв вследствие полного расхода торфа при его постепенной минерализации. Поэтому регулирование процессов разрушения и накопления органического вещества является обязательным приемом правильного и длительного использования торфяных почв. Решения этой задачи достигаются соблюдением норм осушения, чередованием культур в севообороте и обработкой почвы.

Исключительная роль многолетних трав в поддержании наиболее благоприятного баланса органического вещества в почвах определяет обязательное их включение в севооборот на осушенных торфяных почвах, где они должны занимать не менее 50 % севооборотной площади в травопольно-зерновых и овощных севооборотах и до 70—80 % в кормовых и лугово-пастбищных (Ефремов).

Мелкозалежные торфяники следует отводить под культурные сенокосы и пастбища.

При неправильном осуществлении осушительных и других мероприятий при освоении и использовании торфяных почв возможно развитие следующих негативных явлений: переосушка почв и возникновение ветровой эрозии, ухудшение водного режима прилегающих территорий, повышение концентрации химических веществ (в том числе нитратов) — компонентов удобрений и других химикатов в дренажных водах и загрязнение водоемов.

Естественные массивы болотных торфяных почв имеют большое природоохранное значение: в формировании водного режима сопредельных территорий, водных источников и рек, как ценные угодья для естественных ягодников и лекарственных растений и т. д. Поэтому часть болотных массивов должна быть сохранена в их природном состоянии.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какова сущность процессов оглеения и торфообразования? 2. Сопоставьте состав и свойства болотных верховых и низинных торфяных почв и дайте им агрономическую оценку. 3. Расскажите об особенностях использования болотных торфяных почв.

**БУРЫЕ ПОЧВЫ (БУРОЗЕМЫ) ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ**

Бурые лесные почвы широколиственных лесов распространены в предгорных равнинах Закарпатья, Калининградской области, в южных районах Дальнего Востока (Уссурийско-Ханкайская и Зейско-Буреинская провинции). Горные бурые лесные почвы встречаются в Карпатах, на Кавказе, в Крыму, в среднегорных районах центральной и северо-восточной частях Горного Алтая, на Сихотэ-Алине.

Общая площадь бурых лесных почв составляет около 10,1 млн га, а вместе с лугово-черноземовидными почвами амурских прерий — около 20 млн га.

**24.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

Климат западных районов теплый и влажный, с количеством годовых осадков 1000 мм и более при испаряемости от 350 до 550 мм, что определяет промывной режим почв. Сумма температур за период  $> 10^{\circ}\text{C}$  2000—3000  $^{\circ}\text{C}$ .

Восточные районы характеризуются холодным муссонным климатом с продолжительным морозным периодом, глубоким промерзанием и медленным оттаиванием почвы.

Среднегодовое количество осадков 450—600 мм, с выраженным летним муссонным периодом дождей. Испаряемость 430—550 мм. Сумма температур за период  $> 10^{\circ}\text{C}$  1900—2600  $^{\circ}\text{C}$ .

Почвообразующими породами являются в основном элювиально-делювиальные и аллювиальные отложения. В Закарпатье красноцветные и пестроцветные коры выветривания.

Растительный покров на западе представлен лесами из дуба, бука, граба, каштана, ясеня с хорошо развитым разнотравьем. На Дальнем Востоке — хвойно-широколиственные леса из дуба, липы, черной березы, амурского бархата, саянской ели, пихты, сосны с подлеском из леспедеции и рододендрона даурского с хорошо развитым травяным покровом. Растительный покров в пределах Горного Алтая в районах развития бурых лесных почв состоит в основном из кедровых, пихтово-кедровых и лиственнично-кедровых травянистых и травянисто-мшистых типов лесов.

В более сухих районах Дальнего Востока на террасах рек Зеи и Буреи широколиственные леса сменяются лугово-степной, злаково-бобово-разнотравной растительностью с ивой и орешником. Здесь формируются своеобразные лугово-черноземные почвы амурских прерий, близкие к бурым лесным по составу минеральной части, но более глубокого гумусирования. Среди них встречаются участки с лугово-болотной и болотной растительностью.

## 24.2. ГЕНЕЗИС, СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ

Изучению генезиса бурых лесных почв посвящены исследования К. Д. Глинки, В. Р. Вильямса, Л. И. Прасолова, И. Н. Антипова-Каратаева, Ю. А. Ливеровского, И. П. Герасимова, С. В. Зонна и других ученых.

Образование бурых лесных почв связано с развитием процесса буроземообразования, основными элементарными почвенными процессами которого являются гумусоаккумуляция, оглинение и лессиваж.

Процесс *гумусоаккумуляции* в бурых лесных почвах связан с богатым азотно-кальциевым биологическим круговоротом веществ, протекающим в условиях хвойно-широколиственных лесов и промывного типа водного режима.

Для буроземообразования характерны как выщелачивание веществ, так и их биологическая аккумуляция в подстилке и гумусовом горизонте. С опадом в почву возвращается большое количество зольных элементов, в том числе солей кальция. Разложение органических остатков протекает в среде, богатой основаниями, которые нейтрализуют фульвокислоты и бурые гуминовые кислоты, образующие с железом комплексные соединения. Эти вещества проникают на значительную глубину, окрашивая профиль бурых лесных почв в типичный для них бурый цвет. Часть продуктов почвообразования выносятся за пределы профиля почвы.

Другим характерным процессом для бурых лесных почв является оглинение всей толщины профиля.

*Оглинение* — это процесс образования в почве вторичных глинистых минералов как в результате превращения первичных минералов под влиянием биохимических и химических агентов, так и в результате процессов вторичного синтеза из продуктов минерализации органических остатков.

Оглинению способствуют достаточное увлажнение профиля в условиях продолжительного периода с положительными температурами и интенсивно протекающие процессы биологического круговорота веществ при активном участии жизнедеятельности микроорганизмов.

При оглинении в почвенном профиле накапливаются ил, а также железо, алюминий, марганец, фосфор, магний, кальций и другие элементы. Подвижные формы железа, образующиеся в бурых лесных почвах в процессе выветривания и почвообразования, вовлекаются в биологический круговорот, участвуют в гумусонакоплении, оструктурировании почвенной массы и других процессах.

В генезисе бурых лесных почв имеет значение также процесс *лессиважа*, т. е. перемещение глинистых частиц из верхних горизонтов почвы в нижние без изменения их химического состава.

Строение профиля бурых лесных почв характеризуется слабой дифференциацией. Под лесной подстилкой ( $A_0$ ) выделяется пере-

гноино-аккумулятивный горизонт (А) мощностью 5–20 (30) см, от темно-бурого до черно-бурого цвета, рыхлый, зернистой структуры, постепенно переходящий в глинисто-иллювиальный горизонт (В<sub>1</sub>) от 25 до 50 см бурого или коричнево-бурого цвета, комковато-зернистой (ореховатой) структуры, часто щебенистый, переходящий в почвообразующую породу.

### 24.3. КЛАССИФИКАЦИЯ

В типе бурых лесных почв выделяют подтипы: бурые лесные типичные, бурые лесные оподзоленные, бурые лесные глеевые и бурые лесные оподзоленные глеевые почвы, а также специфичные фациальные подтипы, сформировавшиеся в различных климатических условиях: бурые лесные теплые, умеренные, холодные, промерзающие, глубокопромерзающие.

Подтип бурых лесных оподзоленных почв отличается морфологически выраженной дифференциацией профиля на генетические горизонты с оподзоленным горизонтом А<sub>2</sub>. Для бурых лесных глеевых почв в профиле характерны сизые и ржавые пятна, железомарганцевые конкреции.

В пределах подтипов выделяют роды по признакам почвообразующих пород (остаточно-карбонатные, красноцветные, каменисто-галечниковые) или по особенностям налагающихся процессов (вторично-дерновые, поверхностно-глеевые и глубокоглеевые).

Виды бурых лесных почв выделяют по содержанию гумуса и мощности гумусового горизонта А: многогумусные > 8 %, среднегумусные 3–8, малогумусные < 3 %, мощные — горизонт А > 30 см, среднемощные — А 20–30, маломощные — А > 20 см.

### 24.4. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Для типичных бурых лесных почв характерно равномерное распределение фракций механических элементов по профилю. В переходном иллювиально-текстурном горизонте (В<sub>1</sub>) происходит некоторое увеличение содержания ила, что отражает процесс оглинения и проявление лессиважа.

В профиле бурых лесных оподзоленных почв увеличение количества илистых частиц от верхних горизонтов к нижним связано с проявлением подзолистого процесса. В составе ила содержатся минералы каолинитовой и монтмориллонитовой групп, а также гидрослюда, аморфные вещества и минералы группы полутораоксидов (гетит, гиббсит).

Валовой состав по профилю бурых лесных почв практически не изменяется. Наблюдается лишь небольшое накопление полутора-

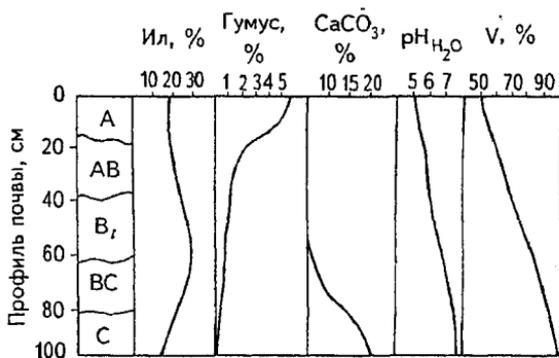


Рис. 14. Изменение свойств по профилю бурой почвы широколиственных лесов

оксидов с поверхности. В верхних горизонтах происходит накопление подвижных соединений железа.

Содержание гумуса в горизонте А бурых лесных почв колеблется от 3 до 12 %. Содержание гумуса хотя и постепенно, но довольно быстро падает с глубиной (рис. 14). Гумус фульватный (или фульватно-гуматный). Гумусовые кислоты связаны с кальцием, железом, алюминием. Преобладают бурые гуминовые кислоты. При распашке бурые лесные почвы теряют гумус, и его содержание в пахотных горизонтах обычно не превышает 2–3 %. Емкость катионного поглощения может достигать 20–25 мг · экв/100 г. Среди обменных оснований преобладает Ca<sup>2+</sup>. Характерны кислая реакция, некоторая ненасыщенность основаниями (см. рис. 14), постепенно исчезающая вниз по профилю. У бурых лесных почв наблюдается устойчивая комковатая структура всего профиля, обеспечивающая благоприятные водно-физические свойства – высокую влагоемкость и хорошую водопроницаемость.

Подтипы бурых лесных почв несколько отличаются по свойствам: по гумусированности, pH, емкости поглощения, степени насыщенности в зависимости от направленности сопутствующего процесса почвообразования.

## 24.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

В естественном состоянии бурые лесные почвы обеспечивают высокую продуктивность лесов, и их лесорастительные свойства оцениваются достаточно высоко. Высокая гумусированность, благоприятный водно-воздушный режим способствуют высокой обеспеченности почв питательными веществами, что обуславливает высокую продуктивность насаждений. В горных областях со

значительными уклонами поверхностей необходимо учитывать возможность проявления эрозионных явлений. Сплошная вырубка лесов на крутых склонах, трелевка срубленных стволов, а также усиленный ненормированный выпас скота могут способствовать развитию эрозии и потере почвенного слоя. В связи с этим необходимо осуществлять комплекс мер по защите почв от эрозии.

В благоприятных условиях рельефа бурые лесные почвы представляют высокоплодородные пахотные угодья. Они пригодны для большинства полевых культур, для многолетних плодовых насаждений и ягодников. Быстрая минерализация гумуса в распаханных бурых лесных почвах, невысокая их насыщенность основаниями требуют для повышения плодородия этих почв систематического внесения органических и минеральных удобрений, периодического известкования. В целом это почвы многоцелевого использования с минимумом мероприятий по поддержанию эффективного плодородия.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Расскажите о распространении бурых почв широколиственных лесов. 2. Укажите особенности факторов почвообразования в этой зоне. 3. Какие процессы почвообразования участвуют в генезисе бурых почв широколиственных лесов? 4. Дайте характеристику состава и свойств бурых лесных почв, их плодородия. 5. Как используются бурые лесные почвы и какие необходимы мероприятия по повышению их плодородия?

## **Глава 25**

### **СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ**

Серые лесные почвы распространены в северной части лесостепи. Зона серых лесных почв начинается в западной части Украины и простирается узкой полосой на восток, заканчивается в Читинской области, приобретая в Средней Сибири фрагментарный характер. Зона серых лесных почв является зоной интенсивного земледелия и животноводства.

#### **25.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

**К л и м а т.** Климат зоны серых лесных почв умеренно континентальный; континентальность возрастает с запада на восток. В таблице 41 приведены климатические показатели природно-сельскохозяйственных провинций зоны. Коэффициент годового атмосферного увлажнения убывает с 1,2 в западных районах зоны до 0,8 в восточных; преобладает периодически промывной тип водного режима. Основное количество осадков (до  $\frac{2}{3}$  годовой суммы) выпадает в теплое время года. Особенностью климата восточных

территорий зоны, начиная с Предуралья, является наличие засушливого периода со второй половины мая до середины июня, оказывающего неблагоприятное влияние на молодые всходы сельскохозяйственных культур, их рост и развитие.

#### 41. Значение климатических показателей природно-сельскохозяйственных провинций зон серых лесных почв

Показатель	Среднерусская	Пред-уральская	Западно-сибирская	Северопред-алтайская
Температура, °С:				
января	- 8...- 13	- 13...- 15	- 16...- 19	- 18...- 30
июля	18,5-19	18,3-18,8	18-18,5	17-18,5
Сумма температур за период с температурой > 10 °С, °С	2200-2400	1900-2100	1750-1850	1400-1600
Среднегодовая температура воздуха, °С	4	2,3	0,5	- 4
Годовое количество осадков, мм	500-550	450-480	380-420	360-450
Коэффициент годового атмосферного увлажнения	1-1,1	1	0,9-1	0,8-1

**Р е л ь е ф.** Общий характер рельефа зоны серых лесных почв — равнинный. На европейской территории — это волнистая и увалистая равнина, а в азиатской части — плоская, увалистая и волнистая равнина с хорошо выраженной (кроме Западной Сибири) овражно-балочной сетью, что наряду с многочисленными долинами рек способствует естественной дренированности территории. Особенностью Западносибирской равнины является ее заболоченность.

**П о ч в о о б р а з у ю щ и е п о р о д ы.** Наиболее распространенными материнскими породами являются карбонатные и бескарбонатные лёссовидные суглинки и глины, покровные желто-бурые суглинки. В отдельных районах европейской территории России они представлены элювиально-делювиальными отложениями дочетвертичных пород, лёссами и моренными суглинками, в Средней Сибири — коричнево-бурыми и бурыми суглинками и глинами, в Забайкалье — легкими по гранулометрическому составу некарбонатными породами озерно- и пролювиально-делювиального происхождения.

**П р и р о д н а я р а с т и т е л ь н о с т ь.** Представлена травянистыми лесами, чередующимися с безлесными участками, с характерным набором растений северных луговых степей, среди которых ковыль перистый, тимофеевка степная, келерия тонкая, овсяница желобчатая и др. В составе древесных пород Среднерусской провинции господствуют дубовые леса (дубравы) с примесью липы, клена, ясеня, в Предуральской — широколиственно-хвойные леса из пихты, ели сибирской, сосны, березы, липы, осины, клена, вяза (дуб встречается редко). Для лесных массивов Западно-

сибирской и Северопредалтайской провинций для древостоя наиболее характерны береза, осина, сосна, для Средней Сибири и Забайкалья — береза и лиственница.

## 25.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И ГЕНЕЗИС

В профиле целинных серых лесных почв выделяют следующие горизонты:  $A_0$  — лесная подстилка, под ней находится гумусовый горизонт  $A_1$ , а ниже — гумусово-элювиальный  $A_1A_2$ ; за ним следует элювиально-иллювиальный горизонт  $A_2B$ , который сменяется несколькими иллювиальными горизонтами ( $B_1$ ,  $B_2$ ); внизу профиля — переходный к материнской породе горизонт  $BC$ ; в нем или выше могут встречаться карбонаты (рис. 15). В пахотных почвах горизонты  $A_1$  и  $A_1A_2$  обычно вовлекаются в обработку.

От дерново-подзолистых почв профиль серых лесных почв отличается усилением аккумулятивных процессов органического вещества и минеральных соединений, ослаблением элювиально-иллювиальной дифференциации профиля, более мощным гумусовым слоем, отсутствием сплошного подзолистого горизонта, наличием сероватых тонов в оподзоленном и нижележащем слоях.

Изучение генезиса серых лесных почв связано с именами В. В. Докучаева, С. И. Коржинского, В. И. Талиева, В. Р. Вильямса, И. В. Тюрина и других крупных ученых. В. В. Докучаев (1883) считал, что серые лесные почвы сформировались как самостоятельный зональный тип под травянистыми широколиственными лесами (дубравами) лесостепной зоны. С. И. Коржинский (1887) развил гипотезу об образовании серых лесных почв в результате деградации (ухудшения свойств) черноземов при воздействии на них леса.

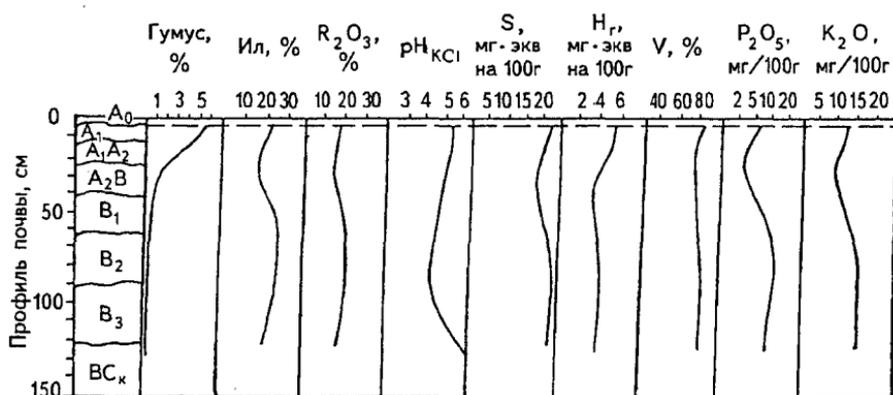


Рис. 15. Показатели состава и свойств серой лесной оподзоленной среднесуглинистой почвы по профилю

В противоположность гипотезе С. И. Коржинского В. И. Талиев и П. Н. Крылов разработали теорию образования серых лесных почв в результате проградации (улучшения свойств) почв, ранее развивавшихся по подзолистому типу при смене биоклиматических условий. Близкое суждение об образовании серых лесных почв высказывал В. Р. Вильямс. Исследования И. В. Тюрина (1935) показали, что серые лесные почвы восточных районов европейской территории зоны образовались вследствие эволюции почв типа дерново-глеевых при изменении их водного режима в результате развития дренированности территории овражно-балочной сетью и речными долинами.

Все рассмотренные теории отражают возможные пути образования серых лесных почв в разных физико-географических условиях, обеспечивающих формирование довольно хорошо гумусированного профиля с признаками оподзоленности. Современное понимание генезиса серых лесных почв заключается в том, что этот тип почв сформировался под преобладающим влиянием дернового процесса в сочетании со слабым развитием подзолистого процесса при участии лессиважа.

### 25.3. КЛАССИФИКАЦИЯ

В типе серых лесных почв выделяют три подтипа: светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы, которые не всегда имеют четкое подзональное распределение в широтном направлении. Подтипы отличаются друг от друга по содержанию гумуса в верхнем гумусовом горизонте  $A_1$  или  $A_{1n}$  (табл. 42).

42. Содержание гумуса и мощность гумусового слоя в серых лесных почвах различных провинций

Подтипы серых лесных почв	Предуральская провинция		Среднесибирская провинция	
	Гумус, %	Мощность гумусового слоя, см	Гумус, %	Мощность гумусового слоя, см
Светло-серые лесные	3-4,5	20-30	3,0-5,0	15-25
	4,0-6,0		5,0-7,0	
Серые лесные	4,5-7,5	25-35	6,0-8,0	20-30
	6,0-8,0		7,0-10,0	
Темно-серые лесные	7,5-12	35-40	8,0-12	25-35
	8,0-13,0		10,0-14,0	

Примечание. В числителе — на пашне, в знаменателе — в целинных почвах под лесом.

В подтипах выделяют следующие роды: обычные, остаточнокarbonатные, со вторым гумусовым горизонтом, контактно-луго-

ватые и пестроцветные. Серые лесные почвы подразделяют на виды: по глубине нахождения карбонатов — на высококовскипающие от соляной кислоты (карбонаты ближе 100 см к поверхности) и глубококовскипающие (карбонаты ниже 100 см от поверхности); по мощности гумусового слоя ( $A_1 + A_1A_2$ ) — на мощные (более 40 см), среднемощные (20—40 см) и маломощные (менее 20 см); по степени оподзоленности — на слабо- и сильнооподзоленные; по степени развития плоскостной водной эрозии — на слабо-, средне- и сильносмывые; по степени окультуренности — на слабо-, средне- и сильноокультуренные.

Светло-серые почвы отличаются от других подтипов меньшими гумусированностью и мощностью гумусового слоя, большей оподзоленностью, по своим свойствам близки к дерново-слабоподзолистым почвам. Серые лесные почвы характеризуются более интенсивным развитием дернового процесса и меньшей оподзоленностью. Темно-серые лесные почвы по своим свойствам приближаются к черноземам.

Отличия природных условий зоны с запада на восток обусловили формирование провинциальных различий в морфологическом строении профиля почв, их свойствах и плодородии. В восточных провинциях по сравнению с западными гумуса в подтипах серых почв содержится больше, а мощность гумусового слоя меньше, возрастают площади сезонно переувлажненных почв, более напряженным становится их температурный режим, что сокращает продолжительность вегетационного периода и снижает уровень эффективного плодородия почв. В связи с этим очень важно подразделение подтипов почв по термическим параметрам — на умеренно теплые промерзающие (Среднерусская провинция), умеренно промерзающие (Предуральская провинция), умеренно длительно промерзающие (Западносибирская провинция), умеренно холодные длительно промерзающие (Северопредалтайская и Среднесибирская провинции) и холодные длительно промерзающие (межгорные котловины Забайкалья).

Серые лесные глеевые почвы встречаются среди серых лесных почв на участках с повышенным поверхностным или грунтовым увлажнением.

Серые лесные глеевые почвы делят на подтипы: серые лесные поверхностно-глееватые, серые лесные грунтово-глееватые и серые лесные грунтово-глеевые. Выделяют роды: обычные, контактно-глеевые, со вторым гумусовым горизонтом, осолоделые, слитые, слабодифференцированные (песчаные), высококовскипающие. Тип серых лесных глеевых почв отличается от типа серых лесных почв повышенной гумусностью, неблагоприятным водно-воздушным режимом, что затрудняет их сельскохозяйственное использование без проведения осушительных мероприятий. Наибольшее распространение эти почвы получили в Западносибирской провинции.

## 25.4. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Гранулометрический и минералогический составы. Они четко дифференцированы по профилю, что связано с оподзоливанием и проявлением лессиважа (см. рис. 15). Наиболее тяжелыми являются иллювиальные горизонты. Дифференциация профиля по гранулометрическому составу менее резкая, чем у дерново-подзолистых почв; она ослабляется от светло-серых к темно-серым почвам; у светло-серых лесных почв приближается к дерново-слабоподзолистым почвам, а у темно-серых — к черноземам.

Состав первичных и вторичных минералов серых лесных почв определяется материнскими породами и фаціальными условиями почвообразования. Глинные минералы представлены в большинстве случаев монтмориллонитом, гидрослюдами и их смешанно-слоистыми сростками; каолинита мало. В иллювиальных горизонтах содержание глинных минералов возрастает.

Общие физические и водно-физические свойства. По водопрочности макроструктуры пахотных горизонтов подтипы серых лесных почв значительно отличаются друг от друга. У светло-серых почв содержание водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм такое же, как у дерново-подзолистых — 20—30 %, поэтому пахотный горизонт склонен к быстрому уплотнению и образованию после дождей на поверхности корки. У серых и темно-серых почв структурное состояние более благоприятное; водопрочных агрегатов размером более 0,25 мм в их пахотных слоях соответственно около 40 и 50 %, а в подпахотных — около 60 и 80 %.

Все подтипы лесных почв имеют лучшие показатели общих физических и водных свойств по сравнению с дерново-подзолистыми почвами, особенно серые и темно-серые. Однако между подтипами серых почв имеются отчетливые различия. Плотность почвы и плотность твердой фазы пахотного слоя уменьшаются от светло-серых к темно-серым лесным почвам, но иллювиальные горизонты всех подтипов серых почв характеризуются высокой плотностью (1,5—1,65 г/см<sup>3</sup>). Показатели общей пористости, капиллярной и полной влагоемкости возрастают от светло-серых к темно-серым почвам, во всех случаях уменьшаясь вниз по профилю. Общая пористость изменяется в среднем от 50 % в верхних горизонтах до 40 % в иллювиальных. В светло-серых почвах капиллярная пористость значительно преобладает над некапиллярной.

Химический состав. Данные валового анализа серых лесных почв подчеркивают их элювиально-иллювиальный профиль, но он слабее выражен, чем у дерново-подзолистых почв (см. рис. 15).

Содержание гумуса и общего азота по профилю серых лесных почв свидетельствует о более интенсивном проявлении в них дер-

нового процесса, чем в дерново-подзолистых почвах. Отчетливо проявились региональные особенности гумусообразования. Содержание гумуса в верхнем гумусовом горизонте почв на территории зоны закономерно возрастает с запада на восток (см. табл. 42), что связано с изменением гидротермических и других условий гумусообразования; мощность гумусового слоя уменьшается; в составе гумуса возрастает доля фульвокислот. Содержание гумуса вниз по профилю темно-серых лесных почв уменьшается довольно постепенно; для серых и светло-серых лесных почв характерно более резкое падение содержания гумуса с глубиной.

Количество гумуса в пахотных горизонтах подтипов серых лесных почв на многих территориях уменьшилось в результате недостаточного внесения органических удобрений и развития плоскостной водной эрозии.

Содержание общего азота в типе серых лесных почв зависит от содержания в них гумуса; в верхнем гумусовом горизонте светло-серых почв оно составляет 0,1—0,25 %, у серых — 0,2—0,4 и у темно-серых — 0,3—0,5 %. Валовые запасы макро- и микроэлементов питания растений в пахотном слое определяются минералогическим и гранулометрическим составами почв и содержанием в них гумуса. Количество доступных для растений питательных элементов в пахотных горизонтах подтипов серых лесных почв изменяется в зависимости от степени их окультуренности и развития плоскостной водной эрозии.

Закономерности в изменении содержания подвижного фосфора и обменного калия вниз по профилю серых лесных почв аналогичны дерново-подзолистым почвам (см. рис. 15), однако степень их иллювированности в горизонты В от светло-серых к темно-серым почвам уменьшается.

**Физико-химические свойства.** В гумусовых горизонтах серых лесных почв они более благоприятны, особенно у темно-серых почв, по сравнению с дерново-подзолистыми суглинистыми почвами. Сумма обменных оснований и степень насыщенности основаниями возрастают от светло-серых ( $S=15-25$  мг · экв/100 г,  $V=70-95$  %) к темно-серым почвам ( $S=35-50$  мг · экв/100 г,  $V=80-98$  %); обменная кислотность уменьшается. Особенностью подтипов серых лесных почв восточных территорий зоны (а иногда и западных) является часто встречающаяся повышенная гидролитическая кислотность при небольшой обменной кислотности почв, что связано с их генезисом.

Закономерности профильных изменений физико-химических свойств серых лесных почв аналогичны дерново-подзолистым почвам, но выраженность их ослабевает от светло-серых к темно-серым почвам (см. рис. 15).

Окультурирование серых лесных почв приводит к положительным изменениям их физико-химических свойств, а развитие плоскостной водной эрозии — к отрицательным.

## 25.5. ПОЧВЕННЫЕ РЕЖИМЫ

**Температурный режим.** Для серых лесных почв европейской части зоны он более благоприятный, чем сибирской. Продолжительность периода положительных температур в пахотном слое уменьшается с 7—8 мес в западной части зоны до 5—6 мес в восточной. Средняя из максимальных величин глубины промерзания почв соответственно равна 50—60 и более 100 см. При освоении лесных почв под пашню резко изменяется их тепловой режим. Пахотные почвы прогреваются гораздо лучше; все их горизонты в теплое время имеют температуру на несколько градусов выше, чем целинные. Температура в профиле пахотных почв под сельскохозяйственными культурами обычно ниже, чем под чистым паром. Под пропашными культурами эта разница меньше, чем под зерновыми, льном и травами.

**Водный режим.** В целинных серых суглинистых и глинистых почвах под лесом преобладает периодически промывной тип водного режима, в легких по гранулометрическому составу — промывной. При распашке целинных лесных серых почв их водный режим изменяется. Промывание пахотных почв талой и дождевой водой происходит неежегодно. Серые почвы, залегающие на нижних частях малодренированных склонов, в весеннее и осеннее время переувлажняются, в результате сокращается продолжительность вегетационного периода растений.

**Микробиологический, питательный и ферментативный режимы.** Под лесом в серых лесных почвах процесс нитрификации подавлен. Распашка лесных почв и окультуривание приводят к заметной активизации нитрификационных процессов, что способствует улучшению азотного режима почв и питания растений азотом. Содержание в почвах нитратного азота имеет выраженную сезонную динамику; в европейской части зоны серых лесных почв весной и осенью процессы нитрификации протекают слабо, в июле — наиболее активно. Динамика развития нитрификационных процессов имеет провинциальные особенности.

В серых лесных почвах довольно хорошо выражена динамика подвижного фосфора с нарастанием его количества во второй половине лета, динамичность обменного калия выражена слабее. После освоения лесных почв под пашню содержание доступного фосфора и калия в верхних гумусовых ( $A_{\text{г}}$ ) горизонтах возрастает, но степень их подвижности изменяется медленно.

В течение теплого периода года в результате развития биологических, химических и других процессов в пахотных почвах, а также питания растений происходят изменения их физико-химических показателей. В середине лета обменная и гидролитическая кислотность возрастает, сумма обменных оснований и степень насыщенности почв основаниями уменьшаются.

В течение лета наблюдается отчетливая динамика микробиологических и ферментативных процессов в пахотных почвах с нарастанием их активности к концу июля, что способствует улучшению пищевого режима почв. Повышение микробиологической и ферментативной активности почв к концу июля сочетается с возрастанием в это время концентрации диоксида углерода в почвенном воздухе, содержания нитратов и доступного фосфора, с ускорением процессов разложения клетчатки и накоплением в почвах аминокислот. По мере окультуривания серых почв микробиологическая активность и интенсивность биокаталитических реакций в пахотном слое возрастают.

**Режим окислительно-восстановительных процессов.** При освоении серых лесных почв под пашню и их окультуривании развитие окислительных процессов заметно усиливается, но в основном в самом верхнем гумусовом (пахотном) слое, а в подпахотных горизонтах происходят небольшие положительные изменения в величинах  $\text{rH}_2$ . К середине лета развитие окислительных процессов в почвах нарастает.

## 25.6. СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Структура почвенного покрова зоны серых лесных почв определяется участием в ней дерново-подзолистых, дерновых, болотных почв, черноземов оподзоленных и выщелоченных, лугово-черноземных почв, солонцов, солончаков и солодей. Для зоны типично распространение почв разной степени эродированности.

Контуры черноземных почв преимущественно представлены пятнистостями. Выделяются сочетания серых автоморфных и глеевых почв с участием контуров дерново-подзолистых почв, а также вариации светло-серых, серых и темно-серых почв.

Территории с эрозионными формами рельефа характеризуются широким участием сочетаний с контурами эродированных почв и почв овражно-балочного комплекса.

В Западносибирской провинции преобладают контрастные сочетания и комплексы, состоящие из серых лесных обычных, осолоделых и глеевых почв, луговых, лугово-болотных почв и солодей. В северной части провинции распространены сочетания дерново-подзолистых почв и серых лесных почв со вторым гумусовым горизонтом.

Структуру почвенного покрова зоны необходимо учитывать в агрономической практике, при проведении землеустроительных работ, при оценке земель, обосновании систем ведения сельского хозяйства и земледелия, разработке агротехнических и других мероприятий.

## 25.7. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Серые лесные почвы отличаются довольно высоким плодородием и при правильном использовании дают хорошие урожаи сельскохозяйственных культур. Природные условия европейской части зоны характеризуются достаточным количеством тепла, света и влаги для возделывания в открытом грунте ранне-, среднеспелых и некоторых позднеспелых полевых, пропашных и овощных культур, плодовых и ягодных культур. К востоку, в западносибирской и особенно в среднесибирской частях зоны в результате уменьшения продолжительности вегетационного периода и обеспеченности сельскохозяйственных культур теплом возделывание среднеспелых культур ограничено, используются сорта главным образом раннеспелых культур.

Особое внимание в зоне серых лесных почв необходимо обратить на мероприятия по борьбе с водной эрозией, так как она охватила большие площади пахотных земель. В некоторых провинциях (Предуральская и др.) эродированные в разной степени почвы составляют 70—80 % площади пашни.

В результате недостаточного внесения органических удобрений содержание гумуса в пахотном слое серых лесных почв уменьшается, а с учетом интенсивного развития плоскостной водной эрозии в некоторых районах достигает 0,6 абсолютного процента за 15—20 лет. Для поддержания бездефицитного баланса гумуса среднеегодовые дозы органических удобрений на серых лесных почвах должны быть не ниже 10 т на 1 га пашни, что достигают использованием навоза, торфа, различных органических компостов, сидератов, соломы и других органических материалов. Кроме поддержания бездефицитного баланса гумуса органические удобрения способствуют улучшению структурного состояния почв, уменьшают запыливание и образование корки на светло-серых почвах.

Важным мероприятием при земледельческом использовании серых почв является известкование. Проведение его особенно необходимо на светло-серых лесных почвах, близких по величине кислотности к дерново-подзолистым. При известковании нейтрализуется избыточная кислотность серых лесных почв и улучшается поступление питательных веществ в корни растений. Известь мобилизует фосфаты почвы, что приводит к увеличению доступного для растений фосфора; при внесении извести возрастает подвижность молибдена, усиливается микробиологическая деятельность, увеличивается уровень развития окислительных процессов, больше образуется гуматов кальция, улучшаются структура почв, качество растениеводческой продукции. Но надо учитывать, что на известкованных почвах уменьшается подвижность бора, цинка, кобальта, марганца, меди, а иногда и калия.

Большинство серых лесных почв содержит недостаточное количество усвояемых форм азота, фосфора и калия, поэтому приме-

нение минеральных удобрений является мощным фактором повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

Существенное значение для повышения плодородия серых лесных почв имеет регулирование их водного режима. В связи с тем что в разных провинциях, да и внутри каждой провинции, по-разному складывается водный режим серых лесных почв, необходимо проводить мероприятия по накоплению, сохранению и бережному расходованию продуктивной влаги в почвах или по отводу избыточных вод на нижних частях склонов и других переувлажненных территориях.

Наивысшей эффективности мероприятия по повышению плодородия серых лесных почв достигают только при их комплексном применении.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие процессы формируют профиль серых лесных почв? Как этому способствуют природные условия? 2. Охарактеризуйте типичное строение профиля серых лесных почв. Как классифицируют почвы? 3. Дайте агрономическую оценку составу и свойствам серых лесных почв. 4. Расскажите об основных направлениях земельного использования серых лесных почв и мероприятиях по повышению их плодородия.

## Глава 26

### ЧЕРНОЗЕМЫ ЮЖНОЙ ЛЕСОСТЕПИ И СТЕПНОЙ ЗОНЫ

Черноземные почвы расположены южнее зоны серых лесных почв. Они простираются в виде сплошной, но неровной полосы, начиная от границы с Румынией до Алтая. Восточнее Алтая черноземная зона имеет островной характер. Черноземы распространены здесь по межгорным котловинам и впадинам. Основные массивы черноземов распространены в лесостепной и степной зонах России — центральные области, Северный Кавказ, Поволжье, Западная Сибирь.

#### 26.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

**К л и м а т.** Он неоднороден, особенно в степной зоне. При движении с запада на восток количество тепла постепенно уменьшается, нарастают сухость и континентальность климата. Среднегодовая температура колеблется от  $10^{\circ}\text{C}$  на западе до  $-2^{\circ}\text{C}$  на востоке (Забайкалье). Сумма температур  $> 10^{\circ}\text{C}$  составляет в лесостепной части зоны 2400—3200  $^{\circ}\text{C}$  на западе, 1400—1600  $^{\circ}\text{C}$  на востоке, а в степной части соответственно 2500—3500 и 1500—2300  $^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность периода с температурой  $> 10^{\circ}\text{C}$  составляет в западных районах лесостепи 150—180 дней, в восточных — 90—

120 дней, а в степной зоне — соответственно 140—180 и 97—140 дней.

Годовое количество атмосферных осадков на западе и в Предкавказье составляет 500—600 мм, при продвижении на восток уменьшается: в Поволжье до 300—400 мм, в Западной Сибири и Забайкалье до 300—350 мм. Большая часть годовых осадков выпадает в летний период (40—60 %), которые неравномерно распределяются во времени и нередко имеют ливневый характер. Количество зимних осадков невелико, особенно в Сибири; они образуют маломощный, неустойчивый снеговой покров, что способствует глубокому и сильному промерзанию сибирских черноземов.

В лесостепной части зоны соотношение между количеством осадков и испаряемостью приближается к единице; здесь господствует периодически промывной режим. В степной части зоны в черноземах складывается непромывной водный режим; отношение количества осадков и испаряемости составляет 0,5—0,6. Глубина промачивания почв уменьшается в южном направлении.

В западных районах зоны с более продолжительным вегетационным периодом с многоснежной и мягкой зимой возделывают широкий ассортимент сельскохозяйственных культур. На востоке зоны суровые, продолжительные и малоснежные зимы, что ограничивает набор сельскохозяйственных культур, затрудняет и делает невозможным перезимовку озимых и возделывание многолетних бобовых трав, ограничивает выращивание плодовых.

**Р е л ь е ф.** Рельеф зоны черноземных почв равнинный, слабо-волнистый или увалистый. Наибольшей расчлененностью характеризуются территории Средне-Русской, Приволжской возвышенностей, Общего Сырта и Донецкого кряжа.

В азиатской части черноземные почвы распространены на юге Западно-Сибирской низменности со слабо расчлененным рельефом. Восточнее черноземы встречаются на равнинных и предгорных территориях Алтая, Минусинской впадины и Восточных Саян.

**П о ч в о о б р а з у ю щ и е п о р о д ы.** В основном они представлены лёссами и лёссовидными суглинками (от легких до тяжелых суглинков).

Глинистые почвообразующие породы встречаются на территории Окско-Донской низменности, в Предкавказье, Поволжье и Заволжье, в ряде районов Западной Сибири. В некоторых районах черноземы развиваются на элювиальных плотных осадочных породах (мел, опоки и др.).

Лёссы и лёссовидные суглинки очень податливы процессам водной эрозии, что обуславливает смыв почв на крутых склонах и развитие оврагов.

Особенностью химического состава почвообразующих пород черноземной зоны является их карбонатность, в отдельных провинциях (Западно-Сибирская, частично Среднерусская) — засоленность.

**Р а с т и т е л ь н о с т ь.** Та растительность, под влиянием которой сформировались черноземы, в настоящее время практически не сохранилась. Большая площадь черноземных почв распашана, остальную используют в качестве пастбищ и сенокосов.

Естественная растительность в прошлом в лесостепи характеризовалась чередованием лесных участков с луговыми степями.

Леса частично сохранились по водоразделам, балкам и речным террасам. В европейской части зоны лесная растительность представлена преимущественно дубом, в Западной Сибири — березовыми колками.

Травостой луговых степей был представлен мезофильными видами, разнотравьем, бобовыми: высокостебельные ковыли, типчак, тимофеевка степная, ежа сборная, шалфей луговой, таволга, горлицев, осока низкая, клевера, эспарцет, лядвенец и др. Проектное покрытие достигало 90 %.

Южнее луговые степи характеризовались разнотравно-ковыльными и типчаково-ковыльными ассоциациями. В их травостое относительно большее участие принимали ксерофитные растения, основной фон которых в разнотравно-ковыльных степях составляли узколистный ковыль, типчак, тонконог, степной овес, шалфей поникший, горлицев волжский, колокольчики, осока приземистая, подорожник степной, молочай, клевер горный и др. В типчаково-ковыльных степях преобладали низкостебельные перистые ковыли, тырса, типчак, житняк, осоки. Дефицит влаги способствовал развитию в этих степях эфемеров и эфемероидов — муртук, луковичный мятлик, тюльпаны, бурачок, полыни со степенью проективного покрытия 40—60 %.

К настоящему времени естественная растительность сохранилась в основном лишь на крутых склонах, в балках, каменистых почвах, заповедных участках.

## 26.2. ГЕНЕЗИС

О происхождении черноземов высказано несколько гипотез. В. В. Докучаев считал, что черноземы представляют собой почвы растительно-наземного происхождения, т. е. образовались при изменении почвообразующих пород под действием климата, степной растительности и других факторов. Известно, что впервые эта гипотеза о растительно-наземном происхождении чернозема была сформулирована М. В. Ломоносовым в 1763 г. в трактате «О слоях земных».

Академиком П. С. Палласом (1799) была выдвинута морская гипотеза происхождения чернозема, согласно которой черноземы образовались из морского ила, разложения органических остатков тростника и другой растительности при отступлении моря.

Третья гипотеза, высказанная Э. И. Эйхвальдом (1850) и

Н. Д. Брисьяком (1852), заключается в том, что черноземы возникли из болот при постепенном их обсыхании.

Черноземы, по некоторым данным, — сравнительно молодые почвы. Исследования с помощью радиоуглеродного датирования показали, что они образовались в послеледниковое время в течение последних 10—12 тыс. лет. Возраст гумуса верхних почвенных горизонтов в среднем составляет не менее тысячи лет, а возраст более глубоких горизонтов — не менее 7—8 тыс. лет (Виноградов и др., 1969).

Современные представления об образовании черноземов подтверждают гипотезу растительно-наземного их происхождения. Это нашло отражение в работах Л. М. Прасолова, В. И. Тюрина, В. Р. Вильямса, Е. А. Афанасьевой, М. М. Кононовой и других ученых.

Наиболее важными процессами образования черноземов являются дерновый и элювиальный. Последний выражен в основном в профильной миграции гидрокарбоната кальция, который образуется при разложении растительных остатков, богатых кальцием.

Эти процессы развиваются под многолетней растительностью травянистых степей в лесостепной и степной зонах в условиях периодически промывного и непромывного водных режимов и формируют гумусовый и карбонатный профили чернозема.

Ежегодный опад под растительностью луговых степей Алтая составляет 10—20 т органической массы на 1 га, из которых на долю корней приходится до 80 %. В биологический круговорот из этой массы вовлекается от 600 до 1400 кг/га азота и зольных элементов. Это значительно больше, чем поступает на каждый гектар с опадом широколиственных лесов (150—500 кг) или с опадом травянистой растительности сухой степи на каштановых почвах (200—250 кг).

Развитие дернового процесса при формировании черноземов обусловило образование мощного гумусово-аккумулятивного горизонта, накопление элементов питания растений и оструктурирование профиля.

При минерализации органических остатков травянистых формаций в Черноземной зоне создаются близкие к оптимальным условия для гумусообразования. Особенно это проявляется весной и ранним летом, когда в почве достаточно влаги и наиболее благоприятная температура. В период летнего иссушения микробиологические процессы ослабевают, усиливаются реакции поликонденсации и окисления, приводящие к усложнению гумусовых веществ. Гумификация идет в условиях избытка кальциевых солей, насыщения гумусовых веществ кальцием, что практически исключает формирование и вынос водорастворимых органических соединений.

Для черноземного процесса почвообразования свойственны гуматный тип гумуса, сложность гуминовых кислот, преимущественное закрепление их в форме гуматов кальция, пониженное

присутствие фульвокислот. Под воздействием гумусовых веществ разложения почвенных минералов практически не происходит; их взаимодействие с минеральной частью почвы приводит к образованию устойчивых органо-минеральных соединений.

Вторичные минералы (монтмориллонит и др.) при черноземном процессе образуются как при выветривании первичных минералов, так и путем синтеза из продуктов разложения опада, но они не перемещаются по профилю почвы.

Вместе с накоплением гумуса при черноземообразовании идет закрепление в форме сложных органо-минеральных соединений важнейших элементов питания растений (N, P, S, Ca и др.), а также возникновение в гумусовом слое зернистых водопрочных агрегатов. Последние образуются не только в результате клеящей способности гумусовых веществ, но и при воздействии на почву живых корней травянистых растений и интенсивной жизнедеятельности почвенных животных, особенно червей.

Таким образом, важнейшими особенностями генезиса черноземов являются образование гумусовых веществ, преимущественно гуминовых кислот, взаимодействие их с минеральной частью почвы, образование органо-минеральных соединений, водопрочной макроструктуры и вынос из верхних горизонтов почвы легкорастворимых продуктов почвообразования.

Неоднородность факторов почвообразования, изменения климатических условий, растительности определяют особенности черноземообразования в пределах зоны.

Наиболее благоприятные условия для черноземного процесса складываются в южной части лесостепной зоны с оптимальным гидротермическим режимом, приводящим к формированию максимальной биомассы. Севернее более влажные условия климата способствуют выносу оснований из опада, выщелачиванию и даже оподзоливанию черноземных почв.

Южнее уменьшается количество атмосферных осадков, нарастает дефицит влаги в почве, снижается количество поступающих в почву органических остатков, усиливается их минерализация, что приводит к снижению интенсивности гумусообразования и гумусонакопления.

В соответствии с особенностями факторов почвообразования в зоне черноземов выделяют следующие подзоны: оподзоленных и выщелоченных черноземов, типичных черноземов, обыкновенных черноземов, южных черноземов.

Первые две подзоны относятся к южной лесостепи, третья и четвертая — к степи.

Изменения климата, растительности в Черноземной зоне в направлении с запада на восток привели к фациальным различиям черноземных почв, проявляющимся в разной мощности гумусового слоя, содержании гумуса, формах выделения карбонатов, глубине промывания, особенностях водного и теплового режимов.

Черноземы южноевропейской фации, Придунайской и Предкавказской провинций формируются в условиях более мягкого и влажного климата. Они почти не промерзают, быстро оттаивают, глубоко промываются. Биологический круговорот протекает интенсивно; почвообразование охватывает более мощный слой почвы; формируется большая мощность гумусового горизонта при относительно невысоком содержании гумуса (3—6 %). Профиль почвы характеризуется большей промытостью, глубоким залеганием гипса и мицелярной формой карбонатов.

К востоку нарастает континентальность климата, сокращается период вегетации, увеличиваются время и глубина промерзания почв. Черноземы центральных провинций (Среднерусская, Заволжская) развиваются в умеренно континентальных условиях, относятся к средне- и высокогумусным (6—12 %).

Черноземы западносибирской и восточносибирской фаций глубоко промерзают и медленно оттаивают; уменьшаются глубина промачивания и распространение корневых систем растений; сокращается период активного разложения органических веществ. Мощность гумусового горизонта этих черноземов меньше, чем в центральных провинциях, а гумуса в верхнем горизонте несколько больше (5,5—14 %). Сильное растрескивание черноземов в холодное время (и вхождение  $\text{Na}^+$  в ППК) обуславливает языковатость гумусового профиля. Черноземы восточносибирской фации характеризуются наименьшей мощностью гумусового горизонта с содержанием гумуса от 4 до 9 %, которое резко снижается с глубиной.

С продвижением на восток от центральных провинций уменьшается количество атмосферных осадков и солевые горизонты залегают на меньших глубинах. Как следствие малой промытости почв наблюдается комплексность почвенного покрова.

Далее к востоку черноземные почвы развиваются в предгорных условиях и горных котловинах с большим выпадением осадков, что приводит к более глубокому вымыванию легкорастворимых солей.

Отмеченные зональные и фациальные особенности черноземообразования находят отражение в степени выраженности основных признаков черноземного типа почв.

Сельскохозяйственное использование почв существенно изменяет природный процесс почвообразования. Прежде всего изменяются характер биологического круговорота веществ, условия формирования водного и термического режимов.

С пахотных угодий при выращивании сельскохозяйственных культур ежегодно отчуждается большая часть создаваемой биомассы, в почву поступает значительно меньше органических остатков. Почва при возделывании яровых и пропашных культур долгое время остается без растительного покрова, что приводит к уменьшению поглощения почвой зимних осадков, усилению промерзания, ухудшению водного режима.

При распашке целинных черноземов разрушается структура почвы как под влиянием усиления минерализации гумуса, так и механических обработок. Происходит снижение гумуса и азота в пахотном слое. Так, количество гумуса в обыкновенном черноземе за 300 лет уменьшилось на 27 % и азота — на 28 % (Адерихин, 1964). Среднегодовые потери гумуса из пахотного слоя типичных и выщелоченных черноземов составляют 0,7—0,9 т/га (Чесняк, 1983).

В пахотных почвах Центрально-Черноземной зоны по сравнению с целинными и залежными землями в пахотном слое произошло значительное снижение гумуса и общего азота (табл. 43).

#### 43. Изменение содержания гумуса и общего азота в почвах Центрально-Черноземной зоны (Адерихин, Щербаков)

Почва	Угодье	Глубина слоя почвы, см	Гумус		Азот	
			%	т/га	%	т/га
Чернозем типичный	Целина	0—10	9,7	103	0,50	5,3
		20—30	7,3	82	0,34	3,8
		40—50	4,9	58	0,23	2,8
	Пашня	0—10	6,4	68	0,37	3,9
		20—30	7,1	79	0,32	3,6
		40—50	5,5	65	0,27	3,2
Чернозем обыкновенный	Целина	0—10	9,5	103	0,55	6,0
		20—30	7,0	81	0,36	4,2
		40—50	4,8	62	0,26	3,4
	Пашня	0—10	7,1	77	0,39	4,2
		20—30	6,9	80	0,39	4,5
		40—50	4,1	53	0,23	3,1

Особенно сильно в пахотных черноземах происходят снижение гумуса и ухудшение других свойств под влиянием эрозии и дефляции. Так, на среднесмытом выщелоченном черноземе содержание гумуса снизилось с 5 до 2,4 %, на среднесмытом обыкновенном черноземе — с 5,7 до 4,6 %, азота — соответственно с 0,32 до 0,13 % и с 0,37 до 0,31 % (Ляхов, 1975).

На юге Западной Сибири (Алтайский край) черноземные почвы за 18—20 лет потеряли 1,5—2,0 % гумуса. Ежегодные его потери составили 1,5—2,0 т/га. Значительная доля этих потерь (около 80 %) приходится на эрозию и дефляцию и лишь около 20 % на минерализацию гумуса при возделывании сельскохозяйственных культур.

Чтобы стабилизировать и повысить содержание гумуса в черноземных почвах, необходимо прежде всего остановить эрозию или дефляцию внедрением комплекса почвозащитных мероприятий.

### 26.3. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

**Строение профиля.** Оно характеризуется наличием темноокрашенного гумусового слоя разной мощности, который подразделяется на верхний гумусово-аккумулятивный горизонт А,

равномерно окрашенный, зернисто-комковатой структуры и нижний — до гумусовых затеков, однородно окрашенный, темно-серый, с буроватым оттенком гумусовый горизонт АВ, ореховато-комковатой или зернисто-комковатой структуры. Ниже выделяют горизонт В — переходный к породе, преимущественно бурой окраски, с постепенной или неравномерно затечной, языковатой, ослабляющейся книзу гумусированностью. По степени, форме гумусированности и структуре он может подразделяться на горизонты В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>; в ряде подтипов выделяют иллювиально-карбонатные (В<sub>к</sub>) горизонты. Накопление карбонатов наблюдается и глубже, в горизонте ВС<sub>к</sub> и в материнской породе (С<sub>к</sub>); в некоторых южных подтипах выделяют горизонты аккумуляции гипса (С<sub>г</sub>).

**К л а с с и ф и к а ц и я.** Черноземный тип почв по строению профиля, генетическим особенностям и свойствам подразделяется на подтипы, каждый из которых имеет определенное географическое положение. В соответствии с подзонами с севера на юг в зоне черноземов выделяют следующие подтипы: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные, южные. Внутри подтипов выделяют роды. Наиболее часто встречающиеся из них следующие.

*Обычные* — выделяют во всех подтипах; свойства их соответствуют основным характеристикам подтипа. В полном названии чернозема термин этого рода опускают.

*Слабодифференцированные* — развиты на супесчаных и песчаных породах, типичные признаки чернозема (окраска, структура и т. д.) выражены слабо.

*Глубоковскипающие* — в профиле имеется разрыв между гумусовым и карбонатным горизонтами в связи с более выраженным промывным режимом за счет более легкого гранулометрического состава или условий рельефа. Выделяются среди типичных, обыкновенных и южных черноземов.

*Бескарбонатные* — развиты на породах, бедных кальцием; вскипание и выделение карбонатов отсутствуют. Выделяются среди типичных, выщелоченных и оподзоленных черноземов.

*Карбонатные* — характеризуются наличием карбонатов по всему профилю. Среди выщелоченных и оподзоленных черноземов не выделяются.

*Солонцеватые* — в пределах гумусового слоя имеют уплотненный солонцеватый горизонт с содержанием обменного Na более 5 % ЕКО. Выделяются среди обыкновенных и южных черноземов.

*Осолоделые* — характеризуются наличием белесой присыпки в гумусовом слое, потемненностью гумусовой окраски, дифференцированностью профиля по содержанию ила и полутораоксидов, относительно высоким вскипанием и залеганием легкорастворимых солей (по сравнению с обычными), иногда наличием обменного натрия. Распространены среди типичных, обыкновенных и южных черноземов.

*Глубинно-глееватые* — развиты на двучленных и слоистых породах, а также в условиях длительной сохранности зимней мерзлоты (Средняя и Восточная Сибирь), с признаками слабой глееватости в нижних слоях почвенного профиля.

*Слитые* — развиты на иловато-глинистых породах, с плотными (слитыми) горизонтами В, глыбисто-призмовидной структуры. Выделяются в теплых фациальных подтипах лесостепных черноземов.

*Неполноразвитые* — имеют слаборазвитый (неполный) профиль в связи с их молодостью или формированием на сильноскелетных или хрящевато-щербнистых породах.

*Щельные* — характеризуются образованием глубоких трещин (холодная фация).

Роды черноземов делятся на виды по ряду признаков (табл. 44).

**44. Признаки деления черноземов на виды\***

Мощность гумусового горизонта (A + AB)		Содержание гумуса в горизонте А		Степень выщелоченности (по мощности невискипающей прослойки между гумусовым и карбонатным горизонтами)	
см	вид	%	вид	см	вид
Более 120	Сверхмощные	Более 9	Тучные	Менее 20	Слабовыщелоченные
120—80	Мощные	9—6	Среднегумусные	20—40	Средневыщелоченные
80—40	Среднемощные	6—4	Малогумусные	Более 40	Сильновыщелоченные
40—25	Маломощные	Меньше 4	Слабогумусированные		
Меньше 25	Маломощные укороченные				

\* Деление на виды по степени смытости см. на с. 371—372.

Кроме того, в родах по степени выраженности сопутствующего процесса черноземы делятся на виды слабо-, средне-, сильносолонцеватые, слабо-, средне-, сильноосолоделые и т. д.

Особенности почвообразования в разных подтипах черноземов отражаются на строении их почвенного профиля.

Черноземы лесостепной зоны представлены оподзоленными, выщелоченными и типичными. Общая площадь, занимаемая этими почвами, составляет 60,3 млн га.

*Черноземы оподзоленные* в гумусовом слое имеют остаточные признаки подзолистого процесса почвообразования в виде белевой (кремнеземистой) присыпки.

Их строение выражается совокупностью следующих генетичес-

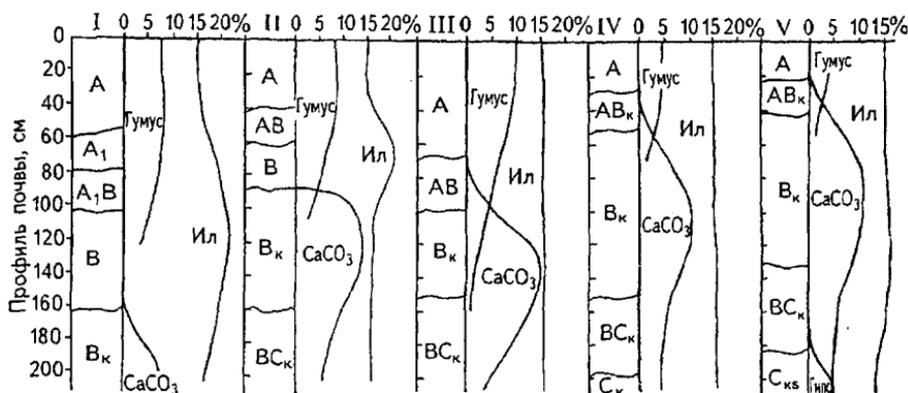


Рис. 16. Профильная характеристика подтипов черноземов:

I — чернозем оподзоленный; II — чернозем выщелоченный; III — чернозем типичный; IV — чернозем обыкновенный; V — чернозем южный

ких горизонтов (рис. 16):

$A-A_1-A_1B-B_1-B_2-B_k-C_k$ .

Горизонт А темно-серой или серой окраски, зернисто-комковатой структуры. Нижняя часть горизонта  $A_1$  осветлена белесой присыпкой. Горизонт  $A_1B$  темно-серый или буровато-серый, с седоватым оттенком, комковатой или комковато-ореховатой структуры, с белесой присыпкой. Горизонт  $B_1$  иллювиальный, бурый, с темными пятнами или потеками (затеки гумуса в виде языков и карманов), ореховато-призматической структуры, с коричневыми пленками на гранях отдельностей, более плотный и более тяжелого гранулометрического состава, чем вышележащий горизонт.

Вскипание от HCl и выделение карбонатов в форме прожилок, трубочек, журавчиков чаще всего отмечают на глубине 120—150 см от поверхности, а разрыв между гумусовым слоем ( $A + A_1B$ ) и карбонатным горизонтом достигает 60—80 см. Карбонатный горизонт может отсутствовать в черноземах, развитых на бескарбонатных породах. Помимо деления на виды по мощности и гумусированности черноземы оподзоленные подразделяют по степени оподзоленности на слабо- и среднеоподзоленные.

*Черноземы выщелоченные* в отличие от оподзоленных не имеют кремнеземистой присыпки в гумусовом слое. Их морфологическое строение выражается следующими горизонтами (см. рис. 16):

$A-AB-B-B_k-BC_k-C_k$ .

Горизонт А черно-серой окраски, комковатый, в подпахотной

его части зернистой структуры. Горизонт АВ темно-серый или серый, комковатый. Горизонт В буроватой окраски, с гумусовыми затеками, комковато-ореховатой или призматической структуры. Иллювиальный бурый горизонт В языковатый, с затеками, пленками на гранях структурных отдельностей, уплотненный, слегка обогащенный глинистыми частицами. Карбонаты обнаруживают на глубине 90—110 см в форме прожилок, трубочек, журавчиков. Для выщелоченных черноземов характерно наличие выщелоченного от карбонатов горизонта В мощностью более 10 см. Преобладающими видами являются среднегумусные среднемощные выщелоченные черноземы.

*Черноземы типичные* имеют глубокий гумусовый профиль: его морфологическое строение типично для черноземного типа почвообразования (см. рис. 16):

$$A-AB-B_k-BC_k-C_k.$$

Горизонт А интенсивной, черно-серой окраски, с хорошо выраженной зернистой водопрочной структурой. Горизонт АВ характеризуется плавным ослаблением книзу гумусовой окраски, укрупнением структуры, которая становится комковатой.

Вскипание и выделение карбонатов в форме псевдомицелия, трубочек, журавчиков обнаруживаются в нижней части горизонта АВ или в верхней части горизонта В<sub>к</sub>, обычно с глубины 70—100 см; по всему профилю обилие кротовин.

В подтипе типичных черноземов преобладают мощные и среднемощные, тучные или среднегумусные виды, обычные, глубоковскипающие, карбонатные и осолоделые роды.

В степной зоне распространены черноземы обыкновенные и южные. Вместе с солонцовыми комплексами они занимают площадь около 99 млн га.

*Черноземы обыкновенные* имеют морфологическое строение профиля, близкое к типичным черноземам: А—АВ(АВ<sub>к</sub>)—В<sub>к</sub>—ВС<sub>к</sub>—С. Горизонт А темно-серый, с буроватым оттенком, зернисто-комковатой или комковатой структуры. Горизонт АВ серый (или темно-серый), с ясным бурым оттенком, комковатой структуры, вскипает в нижней части. Следующий В<sub>к</sub> — иллювиальный карбонатный горизонт с белоглазкой (СаСО<sub>3</sub>), постепенно переходящий в горизонт С.

В подтипе обыкновенных черноземов преобладают виды среднегумусных среднемощных черноземов, обычные, карбонатные, солонцеватые и осолоделые роды.

*Черноземы южные* широко распространены в южной части степной зоны на границе с зоной каштановых почв сухой степи. Строение почвенного профиля южных черноземов характеризуется сочетанием горизонтов:

$$A - AB_k - B_k - BC_k - C_{ks}.$$

Горизонт А темно-серый, с буроватым оттенком, комковатый; горизонт АВ<sub>к</sub> коричнево-бурый, комковато-призматической структуры; вскипание обычно обнаруживается в средней части горизонта. Горизонт В<sub>к</sub> иллювиально-карбонатный, с отчетливо выраженными белоглазкой и уплотненностью.

На глубине 1,5—2—3 м южные черноземы содержат гипс в виде мелких кристаллов (С<sub>кs</sub>). Отличительной морфологической особенностью южных черноземов являются укороченный гумусовый профиль, высокое вскипание, выделение карбонатов в виде белоглазки.

В южных черноземах сильнее, чем в обыкновенных, проявляются карбонатность, солонцеватость, солончаковатость; преобладают малогумусные среднемощные виды.

#### 26.4. СОСТАВ И СВОЙСТВА

По *гранулометрическому составу* черноземные почвы разнообразны, но преобладают средне-, тяжелосуглинистые и глинистые их разновидностей.

По профилю типичных, обыкновенных и южных черноземов фракция ила распределяется равномерно. В оподзоленных и отчасти выщелоченных черноземах (см. рис. 16), а также в осолоделых и солонцеватых черноземах отмечается некоторое увеличение ила в иллювиальном горизонте (В).

В *минералогическом составе* илистой фракции черноземов преобладают минералы монтмориллонитовой и гидрослюдистой, реже каолинитовой групп. Из других вторичных минералов имеют распространение окристаллизованные полуторные оксиды железа, кварц и аморфные вещества. Высокодисперсные минералы распределены по профилю равномерно.

Разнообразие гранулометрического и минералогического составов определяется особенностями почвообразующих пород и условиями выветривания первичных минералов.

Существенных изменений *валового химического состава* черноземных почв не происходит. Наибольшим постоянством химического состава отличаются черноземы типичные, обыкновенные и южные. В профиле этих подтипов содержание SiO<sub>2</sub> и полутораоксидов не меняется. В оподзоленных и выщелоченных черноземах наблюдается несколько повышенное содержание SiO<sub>2</sub> в гумусовом горизонте и наибольшее перемещение полутораоксидов в иллювиальный горизонт. Такое же распределение SiO<sub>2</sub> и R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> отмечено в солонцеватых и осолоделых черноземах.

Важнейшими особенностями *химического состава* черноземов также являются богатство их гумусом, иллювиальный характер распределения карбонатов (см. рис. 16) и выщелоченность профиля от легкорастворимых солей.

45. Содержание гумуса и физико-химические свойства черноземов Среднерусской провинции (Адерихли, Тихова)

Почва	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	Валовой N, %	Обменные основания, мг · экв на 100 г почвы		Гидролитическая кислотность, мг · экв	Степень насыщенности основаниями, %	pH <sub>соль</sub>
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>			
Чернозем оподзоленный тяжелосуглинистый (Орловская обл.)	0—10	6,7	0,35	32,8	7,0	7,0	85	6,0
	40—50	3,5	0,20	25,6	5,1	5,3	85	6,1
	80—90	0,7	0,06	21,4	5,6	2,3	92	6,2
	140—150	0,1	—	—	—	—	—	—
Чернозем типичный гли- нистый (Тамбовская обл.)	0—10	9,6	0,48	49,5	5,4	4,5	92	6,8
	40—50	7,5	0,38	49,0	5,1	1,5	94	7,0
	60—70	5,7	0,28	44,8	5,7	0,7	99	7,4
	80—90	4,2	0,21	35,2	6,1	—	—	8,3
	100—110	2,3	0,12	—	—	—	—	—
	120—130	1,0	—	—	—	—	—	—
Чернозем обыкновенный глинистый (Воронежская обл.)	0—10	8,5	0,36	41,2	6,4	2,9	94	6,9
	40—50	4,7	0,23	33,3	5,2	1,7	97	7,2
	80—90	1,5	0,08	26,3	6,0	—	—	7,6
	90—100	—	—	—	—	—	—	—

Содержание гумуса постепенно убывает вниз по профилю, что обусловлено характером распределения корневых систем травянистой растительности.

Гумус характеризуется преобладанием гуминовых кислот над фульвокислотами ( $C_{гк} : C_{фк} = 1,5 - 2$ ) и их фракций, связанных с кальцием. Гуминовые кислоты отличаются высокой степенью конденсированности, а фульвокислоты имеют более сложный состав по сравнению с подзолистыми почвами и почти полным отсутствием их свободных («активных») форм.

Содержание гумуса в черноземах колеблется от 3 до 12—15 % и зависит от факторов почвообразования, особенностей гранулометрического, минералогического и химического составов почвообразующих пород.

Наибольшие запасы гумуса имеют типичные и выщелоченные черноземы восточноевропейской фации, наименьшие — черноземы глубокопромерзающие восточносибирской фации.

В соответствии с содержанием гумуса находится содержание азота, а также обменных  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  (табл. 45).

Богатство черноземов гумусом определяет их высокую емкость поглощения, которая колеблется от 30 до 70 мг · экв. Почвы насыщены основаниями, реакция верхних горизонтов близка к нейтральной, в горизонтах, содержащих свободные карбонаты, — слабощелочная и щелочная. Только в оподзоленных и выщелоченных черноземах степень насыщенности составляет 80—90 %, а гидролитическая кислотность — до 7 мг · экв.

В черноземах солонцеватых отмечается повышенное содержание (более 5 % емкости поглощения) поглощенного иона натрия и некоторое возрастание доли поглощенного магния.

Длительное сельскохозяйственное использование черноземов при низком уровне технологии возделывания культур приводит к снижению содержания гумуса, азота, катионной емкости поглощения. Особенно сильно содержание гумуса уменьшается при развитии эрозионных процессов.

Черноземы характеризуются в целом благоприятными *физическими и водно-физическими свойствами*: рыхлым сложением гумусового горизонта, высокой влагоемкостью и хорошей водопроницаемостью.

Черноземы выщелоченные, типичные и обыкновенные тяжелого гранулометрического состава обладают хорошей оструктуренностью, благодаря чему они имеют невысокую плотность гумусовых горизонтов ( $1 - 1,22 \text{ г/см}^3$ ), которая возрастает лишь в подгумусовых горизонтах (до  $1,3 - 1,5 \text{ г/см}^3$ ) (табл. 46).

Плотность почвы также увеличивается в иллювиальных горизонтах выщелоченных и оподзоленных черноземов, в карбонатных и солонцеватых иллювиальных горизонтах обыкновенных, южных черноземов.

Хорошая оструктуренность черноземов, их рыхлость определяют высокую пористость в гумусовых горизонтах.

46. Физические и водно-физические свойства черноземов Среднерусской провинции (Францессон, Клычникова)

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Плотность твердой фазы, г/см <sup>3</sup>	Общая порис- тость, %	Максимальная гипроксипи- ность	Влажность завядания		Наименьшая влажеомкость
							% на абсолютно сухую массу почвы		
Чернозем типичный глинистый (Тамбовская обл.)	A <sub>п</sub>	0—10	1,21	2,58	53,1	11,6	17,4	38,4	
	A <sub>п</sub>	10—21	1,30	2,57	49,4	11,6	17,4	38,9	
	A	21—45	1,16	2,62	55,7	12,1	18,1	33,4	
	B <sub>1</sub>	58—72	1,21	2,69	55,0	10,8	16,3	29,1	
	BC <sub>к</sub>	72—113	1,23	2,71	54,6	10,0	15,0	28,3	
	C <sub>к</sub>	113—150	1,52	2,72	44,1	9,4	14,1	24,3	
Чернозем обыкновенный гли- нистый (Воронежская обл.)	A <sub>п</sub>	0—20	0,94	2,55	63,1	11,3	17,0	43,1	
	A	20—40	1,12	2,60	52,9	12,7	19,1	38,2	
	B <sub>1</sub>	40—60	1,28	2,66	51,9	12,0	18,0	34,4	
	B <sub>к</sub>	60—85	1,33	2,71	50,9	10,8	16,1	29,4	
	BC <sub>к</sub>	85—105	1,57	2,72	42,3	10,1	15,2	25,3	
	C <sub>к</sub>	105—150	1,62	2,73	40,7	10,1	15,2	23,4	

Благоприятное соотношение некапиллярной и капиллярной пористости (1:2) обеспечивает в черноземах хорошие воздухо-, водопроницаемость и влагоемкость.

В почвах среднего и тяжелого гранулометрического состава с уменьшением содержания гумуса, разрушением водопроходной структуры увеличивается плотность, ухудшаются водные свойства черноземов. Особенно это заметно у черноземов, подверженных водной эрозии.

## 26.5. ТЕПЛОВОЙ, ВОДНЫЙ И ПИТАТЕЛЬНЫЙ РЕЖИМЫ

*Тепловые свойства* черноземных почв благоприятны для роста и развития культурных растений. Черноземы отличаются пониженной отражательной способностью, быстро нагреваются и медленно охлаждаются; обладая высокой теплопроводностью, они способны, что особенно важно в весеннее время, основное количество поглощенного почвой тепла расходовать на прогревание более глубоких горизонтов.

Однако черноземы разных подзона и фаций существенно отличаются по тепловому режиму. Так, черноземы западных и юго-западных фаций практически не замерзают и характеризуются как очень теплые кратковременно или периодически промерзающие. Здесь можно возделывать среднепоздние и поздние, а также промежуточные культуры.

Тепловой режим умеренно промерзающих черноземов резко отличается от длительно промерзающих черноземов сибирских фаций, в которых всю зиму в слое 70—110 см отмечается температура от  $-5$  до  $-15$  °С. Особенно глубоко промерзают (более 3 м) черноземы Забайкалья. В таких условиях возможно возделывание среднеранних культур с более коротким вегетационным периодом.

Черноземная зона — это зона недостаточного увлажнения. Даже в лесостепи вероятность засушливых и полусушливых лет около 40 %.

В *динамике влаги* в черноземах Г. Н. Высоцкий выделил два периода: 1 — иссушение почвогрунта летом и в первую половину осени, когда влага интенсивно расходуется растениями и испаряется в условиях восходящих токов над нисходящими; 2 — промачивание, начинающееся со второй половины осени, прерывающееся зимой и продолжающееся весной под влиянием талых вод и весенних осадков.

Эти периоды в водном режиме черноземов характерны для всех черноземов, но продолжительность и сроки иссушения и увлажнения для каждого подтипа свои. Они зависят от количества осадков, их распределения во времени и от температуры.

От черноземов оподзоленных и выщелоченных к черноземам южным наблюдаются уменьшение глубины промачивания, усилен-

ние иссушения при удлинении периода иссушения. Увлажнение черноземных почв в большей степени зависит от рельефа и гранулометрического состава. Черноземы легкосуглинистые и супесчаные промачиваются на большую глубину. На выпуклых элементах рельефа и склонах расход влаги усиливается за счет поверхностного стока и повышенного испарения; в понижениях поверхностные воды накапливаются, испарение ослабляется, создаются условия для более глубокого промачивания почв. Особенно сильно это проявляется в закрытых понижениях, где промачивание почвы достигает грунтовых вод.

Для черноземов оподзоленных, выщелоченных и типичных лесостепи характерен *периодически промывной водный режим*.

В нижних горизонтах этих черноземов, глубже слоя максимального промачивания, всегда содержится некоторое количество доступной влаги, которое может быть резервом влаги для растений в засушливые годы.

В полузасушливых и засушливых провинциях степной зоны (Заволжская, Предалтайская) водный режим обыкновенных и южных черноземов *непромывной*. В нижней части профиля этих почв образуется постоянный горизонт с влажностью, не превышающей величину влажности завядания.

Под зерновыми культурами ко времени их уборки на обыкновенных и южных черноземах корнеобитаемый слой подвергается полному физиологическому иссушению.

Запасы влаги в черноземных почвах имеют существенное значение при формировании урожайности сельскохозяйственных культур. Так, в условиях Алтайского края (Бурлакова, 1984) на черноземах выщелоченных и обыкновенных для получения урожайности зерна яровой пшеницы 2,0—2,7 т/га расходуется 210—270 мм атмосферных осадков при общем расходе влаги 340—370 мм. В неблагоприятные по увлажнению годы (150 мм осадков за вегетационный период) для получения примерно 2,0 т/га зерна яровой пшеницы необходимо создать запас влаги в метровом слое почвы перед посевом не менее 260 мм, что практически соответствует запасу влаги при наименьшей влагоемкости. Поэтому все агротехнические мероприятия должны быть направлены на максимально возможное восстановление к весне будущего года запасов влаги во всем корнеобитаемом слое почвы.

Все подтипы черноземов восточносибирской фации имеют периодически промывной водный режим. Основным источником накопления влаги здесь являются летне-осенние осадки.

На пахотных черноземах за счет поверхностного стока талых вод возможна значительная потеря влаги. Сдувание снега приводит к более глубокому промерзанию почв и их позднему оттаиванию. Снижение водопроницаемости неоттаявших слоев почвы сопровождается большими потерями влаги от поверхностного стока.

Запасы питательных для растений веществ в черноземах боль-

шие — они колеблются в зависимости от содержания гумуса и гранулометрического состава почв. Так, в черноземах тучных глинистых запасы азота в пахотном слое достигают 12—15 т/га, среднегумусных среднесуглинистых — 8—10 т/га. С глубиной содержание и запасы азота, как и других питательных веществ, постепенно уменьшаются.

Запасы фосфора в черноземах несколько меньше, чем азота, но по сравнению с другими почвами они весьма значительны. В пахотном слое его 4—6 т/га; 60—80 % общего содержания фосфора представлено органическими формами.

Запас серы сосредоточен в корнеобитаемом слое в органической форме; в среднегумусных среднетощих суглинистых черноземах он составляет 3—5 т/га. В черноземах сосредоточены большие количества валовых калия, магния, кальция; отмечается высокое содержание валовых микроэлементов (Cu, Zn, B, Co и др.).

Однако значительные запасы питательных веществ в почве не всегда гарантируют высокие урожаи сельскохозяйственных культур. Обеспеченность почв элементами питания зависит от гидротермических условий и применяемых технологий возделывания сельскохозяйственных культур. При одинаковых агротехнических и метеорологических условиях в силу различных свойств складывается разный питательный режим, определяющий формирование сельскохозяйственных культур.

Содержание подвижных питательных веществ в почвах динамично во времени, зависит от гидротермических условий, возделываемой сельскохозяйственной культуры, периода вегетации, содержания органического вещества, приемов агротехники, применения органических и минеральных удобрений. Наиболее благоприятный питательный режим для культурных растений создается в хорошо окультуренных черноземах.

Черноземные почвы, как правило, отличаются высокой нитрификационной способностью. Это относится к тучным и среднегумусным видам, накапливающим значительные количества нитратов, особенно на чистых парах. Осенью и весной нитраты могут мигрировать из пахотного горизонта. В условиях периодически промывного водного режима они могут мигрировать до 80—100 см в черноземах оподзоленных, выщелоченных, обыкновенных. Слабее этот процесс выражен в южных черноземах. По этой причине озимые и ранние яровые могут испытывать недостаток в азоте.

Аммонийный азот хорошо поглощается почвой, но во влажные годы он может вытесняться из поглощающего комплекса и частично перемещаться вниз по профилю. Передвижение фосфатов по профилю черноземов не наблюдается.

## 26.6. СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Для зоны черноземов характерны крупноконтурность, менее сложный и контрастный почвенный покров.

В лесостепной части зоны в структуре почвенного покрова преобладают вариации, состоящие из соответствующих подтипов черноземов разной степени выщелоченности и мощности с участием лугово-черноземных и серых лесных почв. Встречаются сочетания типичных черноземов с участием карбонатных и осолоделых родов.

В степной части зоны представлены вариации черноземов разной мощности и карбонатности, а также сочетания контрастных родов черноземов (обычных, карбонатных, солонцеватых), лугово-черноземных почв и солодей, в пятнистостях — черноземы разной мощности, карбонатности и солонцеватости. Встречаются комплексы черноземов с солонцами.

На территориях, подверженных водной эрозии, выделяются сочетания с участием контуров эродированных черноземов.

В районах Западной Сибири широко распространены сочетания черноземов с участием солонцовых и солончаково-солонцовых комплексов, лугово-черноземных, луговых и болотных почв. Для Забайкалья характерны мелкоконтурные гидроморфно-мерзлотные сочетания, состоящие из черноземов, мерзлотных луговых и лугово-черноземных почв.

## 26.7. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

На долю черноземов приходится половина пахотных угодий страны. Здесь возделывают широкий ассортимент сельскохозяйственных культур: яровую и озимую пшеницу, ячмень, кукурузу, гречиху, коноплю, лен, подсолнечник, горох, фасоль, сахарную свеклу, бахчевые, огородные и многие другие культуры, широко развито садоводство, а на юге — виноградарство.

Черноземные почвы обладают высоким потенциальным плодородием, но их эффективное плодородие зависит от тепло- и влагообеспеченности, биологической активности.

Черноземы лесостепи характеризуются лучшей влагообеспеченностью по сравнению со степными черноземами. Продуктивность их выше. Особенно напряженно складывается баланс влаги в обыкновенных и южных черноземах, что приводит к снижению их эффективного плодородия. Уровень эффективного плодородия степных черноземов снижается от проявления пыльных бурь, засуховеев и периодических засух.

К числу важнейших мероприятий по рациональному использованию черноземов относят их охрану от водной эрозии и дефляции, соблюдение правильных севооборотов, насыщенных почво-

улучшающими культурами и позволяющих одновременно вести борьбу с сорняками и накапливать влагу в почве.

Мероприятия по накоплению в почве влаги и рациональному ее использованию являются в Черноземной зоне главными в повышении эффективного плодородия почв. К ним относятся: введение чистых паров, ранняя глубокая зябь, прикатывание и своевременное боронование почвы, плоскорезная обработка почвы с оставлением стерни для предотвращения дефляции, обработка поперек склонов, осеннее бороzdование и щелевание полей для поглощения талых вод и уменьшения проявления водной эрозии.

В Черноземной зоне огромное значение имеют правильная организация территории, устройство полезастных лесных полос, оптимизация соотношения сельскохозяйственных угодий. Комплекс мероприятий, направленных на создание благоприятного водного режима и охрану почв, был разработан В. В. Докучаевым и осуществлен в Каменной Степи, которая до сих пор служит эталоном рациональной организации территории в Черноземной зоне.

Перспективным приемом повышения продуктивности черноземов является орошение. Но орошение черноземов должно быть строго регулируемым, сопровождаться тщательным контролем за изменением свойств черноземов, так как при неправильном орошении происходит их ухудшение. Наиболее эффективно орошение на средних и легких разновидностях черноземов, не склонных к слитообразованию, на участках с хорошим естественным дренажем. Орошение черноземов должно быть дополнительным к естественному увлажнению для поддержания благоприятной влажности почв в период вегетации.

При орошении черноземов необходимо учитывать их провинциальные особенности и водно-мелиоративные свойства. Так, для черноземов Западной Сибири выделено семь групп черноземов, неравноценных в ирригационно-мелиоративном отношении (Панфилов и др., 1988).

Эффективное плодородие черноземов в пределах каждого подтипа определяется родовыми и видовыми признаками: степенью солонцеватости и карбонатности, мощностью гумусовых горизонтов и содержанием гумуса.

Осолоделые, солонцеватые, карбонатные черноземы характеризуются неблагоприятными агрономическими свойствами, снижающими их эффективное плодородие. Повышение доли участия солонцов в комплексах с черноземами ухудшает почвенный покров.

В черноземах наблюдается значительная зависимость урожайности сельскохозяйственных культур от мощности гумусового горизонта и содержания (или запасов) гумуса. Так, для черноземов Алтайского края возрастает зависимость урожайности яровой пшеницы от увеличения мощности гумусового горизонта до 50 см и содержания

гумуса в горизонте А до 7 %. Дальнейшее увеличение мощности гумусового горизонта и содержания гумуса не сопровождается повышением урожайности (Бурлакова, 1984).

Черноземные почвы, несмотря на высокое потенциальное плодородие и богатство основными элементами питания, хорошо отзываются на внесение удобрений, особенно в лесостепи, где благоприятные условия увлажнения. На обыкновенных и южных черноземах максимального эффекта от удобрений достигают при проведении мероприятий по увлажнению.

Получению высоких урожаев на черноземах особенно способствует внесение фосфорных и азотных удобрений.

Внесением органических удобрений в черноземных почвах необходимо поддерживать бездефицитный или положительный баланс органического вещества для предотвращения снижения содержания гумуса, ухудшения водно-физических свойств и биохимических процессов.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. В чем сущность черноземного процесса почвообразования? Каковы его зональные и фашиальные особенности? 2. Назовите основные диагностические признаки по подтипам и основным родам черноземов. 3. Дайте агрономическую характеристику подтипов и основных родов и видов черноземов. 4. Каковы особенности сельскохозяйственного использования черноземов? 5. Каковы основные проблемы использования и охраны черноземов?

## **Глава 27**

### **КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ ЗОНЫ СУХИХ СТЕПЕЙ**

Каштановые почвы являются зональными для сухих степей. Наиболее крупные массивы каштановых почв в Российской Федерации находятся в Восточном Предкавказье, Среднем и Нижнем Поволжье, южной части Западной Сибири (Кулунда). В Средней Сибири, а также в Забайкалье они встречаются отдельными островами (Минусинская впадина, Тувинская котловина).

Среди каштановых почв часто встречаются солонцы, солончаки, солоды, лугово-каштановые почвы, обуславливающие комплексность почвенного покрова.

Около 30 % площади в зоне сухих степей приходится на каштановые солонцеватые почвы и их комплексы с солонцами.

#### **27.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

**К л и м а т.** Климат зоны сухих степей сухой и жаркий, с засушливым продолжительным летом, холодной малоснежной зимой. Высота снежного покрова колеблется от 15 до 40 см. Средняя годо-

вая температура воздуха 7—9 °С в западной и 2—3 °С в восточной части зоны. Средняя температура января от —5 до —25 °С, июля от 25 до 20 °С; длина безморозного периода от 220 до 150—160 дней. Осадков выпадает в северной части зоны 350—400 мм, в центральной 300—350, в южной 250—300 мм в год.

В восточных районах осадков еще меньше — 200—300 мм. Коэффициент увлажнения в разных частях зоны с юга на север колеблется от 0,25 до 0,45. Водный режим непромывной.

**Рельеф и почвообразующие породы.** Каштановые почвы формируются в условиях равнинного слабоволнистого рельефа с выраженным микрорельефом, представленным серией западин, бугорков и других микропонижений и микровышлений. Развиваются каштановые почвы преимущественно на четвертичных лёссовидных карбонатных суглинках, реже — на лёссах. В южной части Западно-Сибирской низменности (Кулундинские степи) каштановые почвы развиты на древнеаллювиальных отложениях, подстилаемых на небольшой глубине морскими соленосными осадками.

Грунтовые воды почти повсеместно залегают глубоко и не оказывают влияние на развитие каштановых почв.

**Растительный покров.** Он низкорослый, комплексный и изреженный. Проективное покрытие составляет 50—60 %. Характерна эфемерность растительного покрова.

В северной части зоны (в подзоне темно-каштановых почв) растительность представлена типчаково-ковыльными степями, в состав которых входят различные виды злаков (ковыли, типчак, тонконог) с примесью разнотравья.

В центральной части зоны (в подзоне каштановых почв) преобладают полынно-типчаковые степи, а в южной части (в подзоне светло-каштановых почв) — типчаково-полынные, со значительной примесью эфемеров и эфемероидов (мятлик луковичный, тюльпаны, ирисы и др.). На каштановых солонцеватых почвах в травостое встречаются различные виды полыней (белая, черная, австрийская), а также ромашник, прутняк и кермек. На поверхности появляются лишайники и водоросли.

Древесная и кустарниковая растительность приурочена к днищам и склонам балок, долинам рек и состоит преимущественно из дуба, клена татарского, бересклета бородавчатого, осины, степной вишни, бобовника.

## 27.2. ГЕНЕЗИС

Изучением генезиса каштановых почв занимались многие исследователи (Димо, Келлер, Прасолов, Антипов-Каратаев, Першина и др.). Начиная с В. В. Докучаева и Н. М. Сибирцева происхождение каштановых почв связывали с засушливостью климата и ксерофитным характером растительности. Главнейшими особенностями процесса почвообразования являются замедленные тем-

пы гумусообразования и слабая выщелоченность профиля почв от карбонатов и легкорастворимых солей.

В формировании каштановых почв участвуют дерновый процесс, а также процессы миграции и аккумуляции карбонатов. Более изреженный растительный покров, меньшее поступление в почву растительных остатков и менее благоприятные условия их гумификации определяют в зоне каштановых почв ослабленное по сравнению с черноземной зоной развитие дернового процесса.

Выраженность дернового процесса тесно связана с увлажнением, зависящим от зональных и провинциальных особенностей климата и конкретных условий рельефа. В связи с этим наиболее гумусированы темно-каштановые почвы. Невысокое содержание гумуса имеют каштановые и особенно светло-каштановые почвы, формирующиеся в условиях сухого климата.

По мере перехода от темно-каштановых к светло-каштановым почвам уменьшается общий запас органического вещества, увеличивается отношение корневой массы растений к надземной. Ежегодный опад растительных остатков колеблется от 4 до 8 т/га. Значительная его часть представлена корнями растений. Надземная растительная масса невелика и не превышает 0,8—1,0 т/га.

В биологический круговорот с опадом ежегодно вовлекается около 0,25—0,45 т/га зольных элементов и азота. При разложении растительных остатков полынных группировок кроме кремния, кальция, магния и полутораоксидов освобождается большое количество щелочных металлов, которые являются причиной развития солонцеватости, что следует рассматривать как зональное явление. Степень солонцеватости определяется гранулометрическим составом. Более тяжелые по гранулометрическому составу почвы отличаются более высокой степенью солонцеватости. Солонцеватость лучше выражена в нижней трети склонов, в понижениях, где концентрируются водорастворимые соли, в том числе натриевые. Почвообразующие породы, степень их засоления и карбонатность также оказывают большое влияние на развитие в почвах солонцеватости.

Характерная особенность почвенного покрова зоны сухих степей — его комплексность. Причиной комплексности являются микрорельеф, бессточность территории, ее слабая дренированность, неравномерное первоначальное распределение солей в грунте, деятельность землероев и, как следствие, пятнистое распределение растительности и почв.

### 27.3. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Профиль каштановых почв имеет следующее строение:

$$A - B_1 - B_2 - B_k - B_{ks} - C.$$

Горизонт А гумусовый, каштановый, с буровато-серым или ко-

ричевато-серым оттенком, гороховато-мелкозернистой структуры, мощностью 15—30 см. Горизонт В<sub>1</sub> тоже гумусовый, серовато-бурый, комковатый или призмовидно-комковатый, вскипает от HCl, мощностью около 10 см. Горизонт В<sub>2</sub> неоднородно окрашенный, с темными серовато-бурыми гумусированными языками на буровато-палевом фоне, призмовидно-крупнокомковатый, с ходами крупных червей, кротовинами, вскипает от HCl, мощностью около 10 см. Горизонт В<sub>к</sub> буровато-желтого цвета, плотный, призмовидный, пропитанный карбонатами в виде обильной белоглазки, прожилок или мучнистых скоплений, мощностью от 50 до 100 см. Горизонт В<sub>кс</sub> светлый и однородно окрашенный, более рыхлый, с редкими выделениями карбонатов, вкраплениями гипса в виде друз, гнезд, прожилок; в нижней части горизонта в некоторых почвах встречаются легкорастворимые соли. Последний горизонт С — материнская порода.

В современной классификации каштановые почвы делят на три подтипа по содержанию гумуса в горизонте А: темно-каштановые с содержанием гумуса 4—5 %, каштановые с содержанием гумуса 3—4 и светло-каштановые с содержанием гумуса 2—3 %. В этих подтипах выделяют фациальные термические группы: темно-каштановые и каштановые теплые периодически промерзающие; темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые теплые кратковременно промерзающие; темно-каштановые, каштановые, светло-каштановые теплые промерзающие; темно-каштановые, каштановые умеренные длительно промерзающие.

Внутри типов выделяются роды: обычные, солонцеватые, солонцевато-солончаковатые; солонцевато-осолоделые, карбонатные, карбонатно-солонцеватые с пониженным вскипанием (глубоковскипающие) и неполноразвитые (на плотных породах).

На виды каштановые почвы разделяют по мощности гумусовых горизонтов и степени солонцеватости: мощные (А + В<sub>1</sub> более 50 см), среднемощные (30—50 см), маломощные (20—30 см) и маломощные укороченные (менее 20 см); несолонцеватые виды, содержащие поглощенного натрия в горизонте В<sub>1</sub> менее 3 % емкости поглощения, слабосолонцеватые — 3—5, среднесолонцеватые — 5—10 и сильносолонцеватые — 10—15 %. Деление на виды по степени смывости приведено на с. 372.

## 27.4. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Каштановые почвы по некоторым свойствам сходны с черноземами. Для обычных родов характерно равномерное распределение илистой фракции по всему профилю, в солонцеватых каштановых — ее перемещение из верхних горизонтов в горизонт В (табл. 47).

Дифференциация профиля по химическому составу отражает

47. Гранулометрический состав каштановых почв (Алтайский край)

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Фракции (мм), % на сухую почву						
			>0,25	0,25—0,05	0,05—0,01	0,01—0,005	0,005—0,001	<0,001	<0,01
Темно-каштановая	A	0—8	8,9	43,2	16,8	5,1	8,2	17,8	31,1
	A	20—27	9,8	41,2	17,0	7,8	7,4	16,8	32,0
	B <sub>2</sub>	50—60	10,3	42,0	16,3	6,3	5,1	20,0	31,4
	C	150—160	22,8	54,0	4,3	1,1	3,4	14,4	18,9
Каштановая солонцеватая	A	0—9	12,8	37,0	20,4	7,9	10,4	11,5	29,8
	A	9—20	12,2	37,7	8,8	14,4	7,3	19,6	41,3
	B <sub>1</sub>	20—26	9,6	32,9	16,0	7,2	8,7	25,6	45,1
	B <sub>2</sub>	26—40	8,7	33,9	23,5	5,5	4,7	23,7	33,9
	B <sub>3</sub>	40—45	14,0	48,1	15,9	4,1	2,5	15,4	22,0
	C	70—80	17,7	49,3	12,7	1,4	4,6	14,3	20,3
	C	95—105	20,3	62,0	4,9	2,4	1,9	8,5	12,8
C	115—125	27,4	57,7	3,8	1,4	3,0	6,7	11,1	

степень проявления в каштановых почвах солонцового или осолоделого процесса. Так, в обычных каштановых почвах валовое содержание  $\text{SiO}_2$  кремнекислоты по профилю одинаково. Более высокое содержание кремния в горизонте А отмечается в осолоделых каштановых почвах. Содержание полуторных оксидов в каштановых солонцеватых и осолоделых почвах увеличивается в горизонте В.

Некоторые химические и физико-химические свойства каштановых почв приведены в таблице 48.

48. Содержание гумуса, азота и некоторые показатели физико-химических свойств каштановых почв

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	N общий, %	Емкость поглощения, мг · экв/100 г почвы	Поглощенный Na, % от емкости
Темно-каштановая солонцеватая легко-суглинистая (Павлодарская обл.)	А	2—10	4,03	0,27	19,9	4,5
	В <sub>1</sub>	18—28	2,03	0,14	20,4	10,2
	В <sub>2</sub>	40—45	0,27	Следы	13,0	4,4
Каштановая слабо-солонцеватая легко-суглинистая (Алтайский край)	Ад	0—9	3,06	0,19	23,3	1,7
	А	9—20	1,64	0,11	20,7	2,4
	В <sub>1</sub>	20—26	1,38	0,08	23,3	6,9
	В <sub>2</sub>	26—40	—	—	24,1	5,3
Каштановая сильно-солонцеватая (Волгоградская обл.)	А	0—10	2,20	0,17	17,7	6,5
	В <sub>1</sub>	14—24	2,12	0,15	32,4	14,0
	В	31—41	0,99	0,08	22,1	15,3
Светло-каштановая солонцеватая легко-суглинистая (Карагандинская обл.)	А	0—10	1,82	0,17	11,0	2,4
	В <sub>1</sub>	10—20	0,84	0,10	13,1	7,9
	В	20—30	0,72	0,08	18,6	8,0

Физические свойства каштановых почв удовлетворительны, менее благоприятны они у каштановых солонцеватых почв. Плотность верхних горизонтов почв составляет 1,25—1,35 г/см<sup>3</sup>, в карбонатных горизонтах она достигает 1,5—1,7 г/см<sup>3</sup>. Сквозность верхних горизонтов колеблется от 48 до 50 %, в слое 20—30 см и глубже значительно снижается и достигает в карбонатных горизонтах 42—43 %. Порозность обусловлена структурностью каштановых почв.

У среднесуглинистых разновидностей количество водопрочных агрегатов составляет 50—60 %. Обогащенность почв пылевой фракцией обуславливает непрочность структурных агрегатов и быстрое их разрушение под действием дождей и обработки. Количество водопрочных агрегатов у таких почв в пределах 10—15 %, а на старопашотных почвах — от 3 до 7 %. Под многолетними травами второго года пользования количество водопрочных агрегатов в каштановых среднесуглинистых почвах наибольшее — 70—75 %.

Максимальная гигроскопичность у суглинистых каштановых почв составляет около 3,5 %, что обеспечивает низкую их влаж-

ность завядания. Однако влагоемкость почв также низкая; наименьшая влагоемкость может составлять от 16 до 22 %.

Каштановые почвы формируются в условиях непромывного водного режима. Небольшое количество осадков, слабая оструктуренность и высокая плотность профиля каштановых почв не обеспечивают глубокого их промачивания. Осенние осадки промачивают почву не глубже 70—100 см, а в отдельные годы — до 50 см. Более глубокое промачивание отмечается на легких каштановых почвах. В весеннее время промачивание почвы может быть до 1,5—2 м.

Непромывной водный режим и различные глубины промачивания обуславливают аккумуляцию на различной глубине карбонатов, гипса и легкорастворимых солей. В верхних горизонтах плотный остаток водной вытяжки не превышает 0,1 %. Значительное накопление солей наблюдается на глубине 120—160 см. В составе солей преобладают сульфаты щелочных и щелочно-земельных металлов. Более глубокое залегание солевых горизонтов имеют темно-каштановые почвы, а наименее глубокое — светло-каштановые.

По агрохимическим свойствам и плодородию темно-каштановые почвы уступают черноземам. Запасы гумуса в метровом слое колеблются от 115 до 200 т/га, в том числе 50—60 т/га в слое 0—20 см. Запасы валового азота невелики и в пахотном горизонте составляют 3—4, реже — 5 т/га, в подпахотном горизонте — в 2 раза меньше.

В типе каштановых почв мало доступного азота (2—3 мг/100 г почвы), или не более 2 % его валового количества. Содержание валового фосфора в каштановых почвах не превышает 0,06—0,1 %, но чаще всего обеспеченность почв подвижным фосфором удовлетворительная (10—20 мг/100 г почвы), подвижным калием — высокая (30—70 мг/100 г).

Темно-каштановые, каштановые и особенно светло-каштановые почвы, как правило, отличаются резким дефицитом влаги. Поэтому урожай сельскохозяйственных культур на них неустойчивые.

Каштановые почвы, особенно легкого гранулометрического состава, подвержены дефляции, что приводит к их физическому разрушению, уменьшению мощности гумусового горизонта, содержания гумуса и других показателей плодородия.

## 27.5. ЛУГОВО-КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ

Лугово-каштановые почвы встречаются среди темно-каштановых и каштановых почв по пониженным формам рельефа, блюдцеобразным понижениям, приозерным котловинам, склонам и ложбинам.

Преобладают лугово-каштановые солонцевато-солончаковые почвы, являющиеся основными компонентами почвенных комплексов с лугово-каштановыми солонцами разных видов. Под этими почвами грунтовые воды залегают на глубине около 2 м. Вода слабо- и среднеминерализованная (1—4 г/л), часто с преобладанием хлоридов, иногда содовая. Формируются лугово-каштановые почвы под влиянием периодического воздействия растворов, восходящих от грунтовых вод.

Растительность, участвующая в формировании лугово-каштановых почв, представлена лугово-степными группировками с участием галофитов.

Лугово-каштановые почвы имеют темно-коричневый горизонт А мощностью 20—25 см, ниже которого залегает более светлый горизонт В<sub>1</sub> (до 30—35 см), иногда уплотненный (солонцеватый). Солевые выцветы появляются с глубины около 50—60 см. В нижней части профиля имеется оглеение. Засоленность первого полуметрового слоя лугово-каштановых почв, как правило, невысокая (около 0,1 %); с глубиной она возрастает до 0,5 % и более.

Содержание гумуса в лугово-каштановых почвах несколько выше, чем в каштановых (4—5 %); емкость катионного обмена 25—28 мг · экв/100 г; в составе обменных оснований преобладает кальций (75—80 % емкости); натрий появляется в горизонте В<sub>1</sub>, обуславливая солонцеватость лугово-каштановых почв.

Среди лугово-каштановых почв часто встречаются осолоделые роды.

Строение и свойства каштановых и лугово-каштановых почв широко варьируют в зависимости от провинциальных условий.

## 27.6. СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА

Почвенный покров характеризуется сложностью, развитием мелкоконтурности и комплексности, что связано с распространением в зоне каштановых почв солонцов и других засоленных почв. Структура почвенного покрова сухостепной зоны во многом зависит от состава пород, геоморфологических и гидрологических особенностей территории.

В Сыртовом Заволжье, на Ставропольском плато почвенный покров в основном представлен сочетаниями различных родов темно-каштановых и лугово-каштановых почв с участием солонцов, а также эродированных почв на территориях со склоновыми элементами рельефа. Районы Прикаспийской низменности отличаются большим разнообразием сочетаний и комплексов каштановых и светло-каштановых почв, солонцов с лугово-каштановыми, луговыми, солончаковыми почвами и солодями.

## 27.7. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Зона каштановых почв сухих степей имеет важное значение в сельскохозяйственном производстве. Здесь получили развитие как зерновое хозяйство, так и животноводство.

На каштановых почвах возделывают лучшие сорта пшеницы, кукурузы, проса, подсолнечника, бахчевых и других культур.

Однако сельскохозяйственные культуры в этой зоне часто страдают от засухи и суховеев. Особенно низкие и неустойчивые урожаи получают на светло-каштановых почвах без орошения. Для повышения урожайности на каштановых почвах прежде всего необходимы мероприятия, обеспечивающие в почвах накопление влаги. Это безотвальная плоскорезная обработка почв, кулисные пары, снегозадержание, посадка полезащитных лесных полос и т. д.

На урожайности сельскохозяйственных культур отрицательно сказываются солонцеватость почв, развитие дефляции, которая также влияет на деградацию почв и потерю плодородия.

В связи с этим помимо плоскорезной обработки почвы с оставлением стерни необходимо проведение противодефляционных мероприятий — внедрение почвозащитных севооборотов, полосное размещение культур, залужение многолетними травами сильнодефлированных почв.

При разработке мероприятий по повышению плодородия каштановых почв и наиболее эффективному их использованию необходимо учитывать их провинциальные особенности. Так, в Забайкальской провинции особое внимание следует обратить на снегозадержание и другие мероприятия по предохранению почв от глубокого промерзания; в Предалтайской и других провинциях с широким распространением каштановых почв легкого гранулометрического состава обязательны мероприятия по охране почв от дефляции. При комплексном почвенном покрове (Заволжская, Прикаспийская провинции) требуется осуществление мероприятий по гомогенизации почвенного покрова (создание его однородности) путем окультуривания каштановых солонцеватых почв и солонцов.

Продуктивность сельскохозяйственных культур на каштановых и особенно светло-каштановых почвах можно повысить орошением. При орошении необходимо соблюдать поливной режим, чтобы избежать вторичного засоления и ухудшения физических свойств орошаемых почв. Наиболее эффективный способ орошения — дождевание. На фоне орошения на каштановых почвах эффективно применение азотных, фосфорных и калийных удобрений; без орошения почти повсеместно наиболее эффективны фосфорные удобрения, вносимые в небольших дозах в рядки при посеве.

При правильном освоении каштановых почв их водно-физи-

ческие свойства улучшаются, увеличивается содержание подвижных форм питательных элементов, что способствует повышению эффективного плодородия.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. В чем суть генезиса каштановых почв? 2. Расскажите о классификации каштановых почв и строении их профиля. 3. Охарактеризуйте состав и свойства каштановых почв. 4. Перечислите особенности структуры почвенного покрова в зоне сухих степей. 5. Каковы особенности сельскохозяйственного использования каштановых почв и мероприятий по повышению их плодородия?

## **Глава 28**

### **СОЛОНЧАКИ, СОЛОНЦЫ, СОЛОДИ**

Солончаки, солончаковые, солонцы и солонцеватые почвы и их комплексы относят к засоленным почвам, содержащим в своем профиле легкорастворимые соли в количествах, токсичных для сельскохозяйственных растений. Это интразональные почвы.

На территории России засоленные почвы распространены в Западной Сибири (в Кулундинской и Барабинской степях, в степных зонах Омской, Тюменской и Курганской областей), в Среднем и Нижнем Поволжье, в Северо-Восточном Предкавказье.

#### **28.1. СОЛОНЧАКИ**

*Солончаками* называются почвы, которые при засоленности всего профиля в поверхностных горизонтах содержат повышенные количества легкорастворимых солей. В зависимости от химизма засоления содержание солей в верхнем горизонте солончаков составляет от 0,6—0,7 до 2—3 % и более.

##### **28.1.1. ОБРАЗОВАНИЕ И УСЛОВИЯ СОЛЕНАКОПЛЕНИЯ В ПОЧВАХ**

Формирование засоленных почв связано с накоплением солей в грунтовых водах, породах, поверхностных водах.

Легкорастворимые соли образуются при выветривании горных пород. Делювиальными, речными и грунтовыми водами, ветром они перераспределяются по поверхности и накапливаются в поверхностных и грунтовых водах, морях, океанах, участвуя в образовании осадочных пород.

Накопление солей зависит от гидротермических условий природных зон (табл. 49).

#### 49. Накопление солей в водах и засоленных почвах различных природных зон (Ковда)

Зона	Наивысшая минерализация, г/л			Максимум солей в верхних горизонтах солончаков, %	Характерные соли
	Реки	Грунтовые воды	Соленые озера		
Лесостепь	0,5—1,0	1—3	10—100	0,5—1,0	$\text{Na}_2\text{CO}_3$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , $\text{Na}_2\text{SiO}_3$
Степь	3—7	50—100	100—250	2—3	$\text{Na}_2\text{SO}_4$ , $\text{NaCl}$ , $\text{Na}_2\text{CO}_3$
Сухая степь	10—30	100—150	300—350	5—8	$\text{NaCl}$ , $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , $\text{CaSO}_4$ , $\text{MgSO}_4$
Пустыни	20—90	200—220	350—450	15—25	$\text{NaCl}$ , $\text{NaNO}_3$ , $\text{MgCl}_2$ , $\text{MgSO}_4$

Чем более засушливый климат, чем меньше промачиваемость почв и чем выше испаряемость, тем больше аккумулируется солей в водах и почвах. Наибольшее количество солей аккумулируется в сухих степях и пустынях.

Аккумуляция солей в почвах может быть обусловлена различными причинами: засолением почвообразующих пород, биологическим соленакоплением, соленакоплением при высыхании засоленных озер, переносом солей ветром, за счет минерализованных почвенно-грунтовых вод.

Наиболее часто солончаковый процесс в природных условиях осуществляется при близком залегании минерализованных грунтовых вод. При близком залегании грунтовых вод и смыкании капиллярной каймы с горизонтом атмосферного промачивания интенсивно засоляются все горизонты почвы, в результате чего формируются солончаки.

Если между капиллярной каймой и капиллярно-подвешенной влагой нет смыкания, соли накапливаются в более глубоких горизонтах и образуются различные солончаковые и солончаковатые почвы.

В аккумуляции солей в почвах большую роль играет галофитная растительность (солянки, шведка, кермек и др.). В ее опаде содержится большое количество солей, которые поступают в почву и перераспределяются по элементам рельефа.

По данным Н. И. Базилевич, солончаковые луга Барабы с опадом ежегодно возвращают в почву от 230 до 360 кг зольных веществ, в которых содержится 102 кг хлора и до 67 кг натрия.

Биологическому фактору и биохимическим процессам принадлежит важная роль в соленакоплении, особенно в степных и пустынных условиях.

#### 28.1.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Профиль солончаков в большинстве случаев слабо дифференцирован на генетические горизонты: гумусовый (А), переходный

(В) и почвообразующую породу (С). Для всех гумусовых горизонтов с поверхности для солончаков характерны выцветы солей. В нижней части профиля, иногда по всему профилю, отмечают признаки оглеения в виде ржаво-охристых вкраплений или сизых пятен.

Солончаки делят на два типа: автоморфные и гидроморфные.

*Автоморфные* солончаки формируются на засоленных почвообразующих породах при глубоком залегании уровня грунтовых вод. Почвообразующие породы представлены древними элювиальными и делювиальными третичными меловыми и другими отложениями, а также морскими засоленными породами четвертичного периода, например «шоколадные» глины Прикаспия.

*Гидроморфные* солончаки развиваются в условиях близкого (0,5—3 м) залегания минерализованных грунтовых вод при выпотном водном режиме, обуславливающим преобладание восходящих токов, при испарении которых в почвенном профиле и в его верхних горизонтах накапливаются легкорастворимые соли. Такие солончаки имеют наибольшее распространение, в том числе в условиях Западной Сибири и в Предалтайской провинции.

Гидроморфные солончаки разделяют на несколько подтипов: типичные, луговые, болотные, соровые («соры» или «шоры»), приморские, мерзлотные, отакыренные (пустынные) и вторичные.

*Типичные* солончаки формируются при наличии сильноминерализованных грунтовых вод (50 г/л и более) с капиллярной каймой у поверхности. На поверхности почвы образуется солевая корка или пухлый горизонт, состоящий из солей и скоагулированных коллоидов мощностью от 2 до 4 см.

Легкорастворимые соли содержатся по всему профилю с максимумом в верхнем горизонте. Профиль влажный, оглеен, слабо дифференцирован на горизонты.

*Луговые* солончаки формируются на недренированных равнинах, по приозерным террасам и приболотным равнинам, на пойменных террасах.

Луговые солончаки развиваются также при близком уровне грунтовых вод, но более слабоминерализованных. На них хорошо произрастает луговая растительность с галофитами. В почвах ясно проявляются дерновый и солончаковый процессы.

Солевой профиль луговых солончаков непостоянен; максимум солей может находиться как в поверхностном слое почвы, так и на некоторой ее глубине. Среди луговых солончаков встречаются почвы с содовым засолением, что сильно угнетает развитие растительности.

*Болотные* солончаки развиваются при очень близком залегании разной степени минерализации грунтовых вод по периферии болот. Соли разного состава находятся в торфяном слое или перед ним. По всему профилю кроме солей отмечается оглеение. Болотные солончаки наиболее широко распространены в лесостепи Западной Сибири.

*Соровые (шоровые)* солончаки распространены по берегам и днам периодически высыхающих соленых озер. Поверхность их влажная, покрыта солевыми выцветами, а по всему почвенному профилю отмечается сильное оглеение под влиянием избыточного увлажнения. Растительность представлена единичными растениями солероса или вообще отсутствует. Содержание солей по профилю высокое — от 3 до 9 %, а максимальных величин оно достигает в верхнем горизонте.

*Приморские* солончаки — наиболее молодые образования морских отложений. Они характеризуются наличием влажной рыхлой солевой корочки, под которой располагается песчаный или супесчаный слой с большим количеством ракушек. Профиль почвы имеет сильное хлоридное засоление. Грунтовая горько-солевая вода залегает на глубине 1—2 м.

*Мерзлотные* солончаки на небольшой глубине имеют мерзлотный водоупорный горизонт; весь профиль почв или их верхние горизонты сильно засолены (чаще хлоридно-сульфатное или сульфатно-хлоридное засоление).

*Отакыренные (пустынные)* солончаки формируются в особых гидротермических условиях пустынной зоны и характеризуются своеобразной трещиноватой поверхностью.

*Вторичные* солончаки образуются при неправильном орошении. Избыточные поливные воды вызывают подъем грунтовых вод и накопление солей в поверхностных горизонтах почв. Наиболее часто вторичное засоление возникает при глубине залегания минерализованных грунтовых вод 1,5—2 м, реже — при глубине их залегания 3—4 м и практически не проявляется при глубине залегания грунтовых вод более 6 м.

Солончаки и солончакосые почвы разделяют на роды по качественному составу солей, который устанавливают по соотношению анионов и катионов (табл. 50).

50. Качественный состав засоления (по Лебедеву)

Вид засоления	По анионам, мг · экв.		Вид засоления	По катионам, мг · экв.	
	$\frac{Cl^-}{SO_4^{2-}}$	$\frac{HCO_3^-}{Cl^- + SO_4^{2-}}$		$\frac{Na^+ + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}}$	$\frac{Mg^{2+}}{Ca^{2+}}$
Хлоридный	> 2	—	Натриевый	> 2	—
Сульфатно-хлоридный	2—1	—	Магниево-натриевый	2—1	> 1
Хлоридно-сульфатный	1—0,2	—	Кальциево-натриевый	1—2	< 1
Сульфатный	< 0,2	—	Кальциево-магниевый	< 1	> 1
Карбонатно-сульфатный	< 0,2	> 1	Магниево-кальциевый	< 1	> 1
Сульфатно-содовый	—	> 2			

Качественный состав солей отражается на внешних признаках солончаков. Так, если в составе солей доминируют сульфаты на-

трия, формируются *пухлые* солончаки с рыхлым пухлым поверхностным горизонтом. При большом содержании гигроскопических солей хлорида кальция и хлорида магния развиваются *мокрые* солончаки. В солончаках, в составе солей которых преобладают хлориды натрия, на поверхности почвы образуется корка — так формируются *корковые* солончаки. При повышенном количестве соды увеличивается растворимость органического вещества, профиль почвы приобретает черную окраску, образуются *черные* солончаки.

По характеру распределения солей солончаки подразделяют на виды: *поверхностные* (соли в слое 0—30 см) и *глубокопрофильные* (соли по всему профилю до грунтовых вод).

Помимо солончаков широко встречаются в разной степени засоленные почвы (солончаковатые). Классификацию почв по степени засоления осуществляют по общему содержанию солей (плотный остаток) с учетом их качественного состава (табл. 51).

51. Классификация почв по степени засоления (Ковда, Егоров и др.)

Почвы по степени засоления	Тип засоления (плотный остаток), %							
	хлоридно-содовый	сульфатно-содовый	содово-хлоридный	содово-сульфатный	сульфатно-хлоридный	хлоридно-сульфатный	хлоридный	сульфатный
Незасоленные	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,15	< 0,2	< 0,25	< 0,15	< 0,3
Слабозасоленные	0,15—0,25	0,15—0,3	0,15—0,25	0,15—0,25	0,2—0,3	0,25—0,4	0,15—0,3	0,3—0,6
Среднезасоленные	0,25—0,40	0,3—0,5	0,25—0,4	0,3—0,5	0,3—0,6	0,4—0,7	0,3—0,5	0,6—1,0
Сильнозасоленные	0,4—0,6	0,5—0,7	0,4—0,6	0,5—0,7	0,6—1,0	0,7—1,2	0,5—0,8	1,0—2,0
Солончаки	> 0,6	> 0,7	> 0,6	> 0,7	> 1,0	> 1,2	> 0,8	> 2,0

В классификации засоленных почв учитывают также глубину скопления солевых горизонтов: 0—30 см — высокосолончаковые или солончаковые; 30—80 см — солончаковатые; 80—150 см — глубокосолончаковатые; глубже 150 см — незасоленные.

### 28.1.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Для большинства солончаков характерно равномерное распределение по профилю фракции ила, диоксида кремния и полуторных оксидов, что указывает на постоянство алюмосиликатной части почвы.

Луговые солончаки лесостепной и степной зон содержат в верхнем горизонте 8—10 % гумуса, солончаки южных зон — не более 1—3 %. В составе обменных катионов в различных соотношениях находятся кальций, магний, натрий. Реакция почв (водной вытяжки) сильнощелочная ( $pH_{H_2O}$  9—11) в солончаках содового засоления и слабощелочная ( $pH_{H_2O}$  7,3—7,5) в солончаках с засолением нейтральными солями.

Высокая концентрация солей, их качественный состав определяют плодородие солончаков и возможность их использования. Чем больше концентрация солей в почвенном растворе, тем выше его осмотическое давление, тем хуже условия для произрастания растений.

Соли оказывают влияние на растения не только через осмотическое давление, но и непосредственно, проявляя токсичное действие. Токсичность солей выражают в эквивалентах хлора. Если принять токсичность хлора за единицу, то токсичность соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в 10 раз больше, токсичность бикарбоната натрия ( $\text{NaHCO}_3$ ) в 3 раза меньше, а сульфата натрия в 6 раз меньше токсичности  $\text{NaCl}$ . Следовательно, наиболее вредными и малоплодородными для растений будут содовые солончаки, затем хлоридные и наиболее «благоприятными» — сульфатные солончаки.

#### 28.1.4. ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Освоение солончаков и сильнозасоленных почв возможно лишь при сложных мелиоративных мероприятиях.

Наиболее эффективный и радикальный прием удаления солей и опреснения почв — *промывка* с устройством дренажа для сбора промывных вод. Нормы расхода воды на промывку зависят от степени засоления, гранулометрического состава и глубины залегания грунтовых вод. Чем выше степень засоления, тяжелее гранулометрический состав и ниже уровень грунтовых вод, тем больше нормы расхода воды на промывку. Они колеблются от 2,3 до 17,6 тыс.  $\text{м}^3/\text{га}$ .

При промывке солончаковых почв необходимо учитывать соотношение в них кальция и натрия. Если это соотношение меньше 3, промывка может завершиться осолонцеванием почвы. Чтобы этого не произошло, необходимо сопровождать промывку внесением кальциевых солей (гипса). Перед промывкой необходима глубокая вспашка, которая способствует быстрому вымыванию солей.

Опыт на Алейской оросительной системе (Феско, Казанцев, 1980) показал, что вертикальный дренаж значительно снижает уровень грунтовых вод. Так, на расстоянии 100 м от скважины грунтовые воды снижаются на 1,5—2,0 м, на расстоянии 200 м — 0,8—0,9 м. Снижение уровня грунтовых вод способствовало интенсивному удалению водорастворимых солей. На промытых вторичных солончаках совхоза «Рубцовский» в течение ряда лет была получена урожайность сена пырея бескорневищного по 5,0—6,0 т/га за два укоса.

В неорошаемых условиях солончаки используют как экстенсивные пастбища. Повышение продуктивности кормовых угодий на засоленных почвах может быть достигнуто после обработки этих почв и посева солеустойчивых кормовых однолетних и многолетних культур. Из однолетних культур самыми солеустойчивыми являются ячмень, рожь, вика мохнатая.

Для многолетнего залужения можно использовать пырей бескорневишный, ломкоколосник ситниковый; последний вид наиболее солеустойчивый и высокоурожайный (Трофимов, 1982). Их производственные посевы на солончаках и черноземно-луговых сильнозасоленных почвах в Мамонтовском районе и на вторичных солончаках в Рубцовском районе были высоко эффективными.

В условиях орошаемого земледелия при нарушении режима орошения, норм, сроков полива нередко происходят повышение уровня грунтовых вод и вторичное засоление почв, образование ирригационных солончаков. Для предупреждения вторичного засоления необходима организация правильного режима орошения с устройством дренажа. Вдоль оросительных каналов осуществляют посадку древесных пород, которые усиленно испаряют влагу, понижают уровень грунтовых вод и ослабляют возможность засоления почв.

## 28.2. СОЛОНЦЫ

*Солонцами* называют почвы, содержащие в поглощенном состоянии большое количество обменного натрия, а иногда и магния в иллювиальном горизонте (В).

Солонцы, как и солончаки, относятся к засоленным почвам, но в отличие от солончаков содержат легкорастворимые соли на некоторой глубине.

### 28.2.1. ГЕНЕЗИС

Одним из путей формирования солонцов, по теории К. К. Гедройца, является их образование при рассолении солончаков, содержащих натриевые соли. В присутствии солей коллоиды почвы находятся в скоагулированном состоянии. При рассолении натриевого солончака почвенный поглощающий комплекс насыщается ионом натрия, коллоиды переходят в пептизированное состояние и перемещаются в глубь профиля почвы, образуя иллювиальный горизонт, обогащенный коллоидами.

При высыхании такой горизонт растрескивается на крупные призматические и другие отдельности, способные при увлажнении к сильному набуханию. Усиление подщелачивания среды сопровождается активизацией процессов выветривания первичных и вторичных минералов, перемещением по профилю их продуктов.

Периодическое увлажнение и высушивание почвы приводят к изменению призматических отдельностей, которые приобретают округлую форму, характерную для столбчатых структур.

Появление соды в почвенном растворе является по К. К. Гедройцу признаком возникновения солонцового процесса. Сода мо-

жет поступать в почвенный раствор из грунтовых вод в результате химических и биохимических реакций (в частности, редукции сульфатов сульфатредуцирующими микроорганизмами).

Для южных зон В. Р. Вильямс обосновал биологическую теорию образования солонцов. По этой теории корни травянистой растительности проникают глубоко по профилю и поглощают находящиеся там легкорастворимые соли натрия. После минерализации органических остатков соли натрия поступают в почвенный раствор верхних горизонтов, способствуя вначале процессу осолонцевания почв, а затем засолению (превращению их в солончаки).

Однако солонцовые почвы в природе очень разнообразны. Есть солонцы, содержащие в почвенном поглощающем комплексе небольшие количества натрия, что не объясняется теориями К. К. Гедройца и В. Р. Вильямса.

По Б. В. Андрееву, натрий не всегда является причиной, а, наоборот, может быть следствием солонцового процесса. По его теории минералы почвообразующей породы под влиянием солевых растворов или минерализованных грунтовых вод подвергаются гальмиролизу — разрушению, распаду на оксиды и кремнекислоту. Освобождающийся из минералов натрий повышает подвижность пептизирующихся органических соединений и входит в состав ППК иллювиального горизонта. По мере развития солонцового процесса иллювиальность и накопление в почве обменного натрия будут увеличиваться.

Солонцеватость почв обуславливается не только поглощенным натрием, но и магнием.

Солонцовый процесс почвообразования протекает при участии травянистой растительности (шелковица, кермек, солончаковый подорожник, камфоросма, солодка, вейник, желтяница и др.) и сопровождается проявлением дернового процесса. Усиление дернового процесса вызывает эволюцию солонцов в близкие по строению и свойствам зональные почвы. Ослабление дернового процесса в солонцах завершается их деградацией и превращением в солоди.

Изменение гидрологических условий, сопровождающееся понижением уровня минерализованных грунтовых вод, вызывает вторичное засоление солонцовых почв и превращение их в солонцы-солончаки и солонцы солончаковатые.

## 28.2.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Морфологические признаки солонцов очень устойчивы. Верхний горизонт ( $A_1$ ) гумусово-элювиальный (надсолонцовый), серый, темно-серый (серо-каштановый у солонцов каштановой зоны), рыхлый, пылеватый, почти бесструктурный в верхней части

## 52. Классификация солонощев

Тип	Подтип	Род*	Вид
Солонцы автоморфные	По зональному признаку Черноземные Каштановые	По химизму (типу) засоления Содовые, смешанные, содово-сульфатные, содово-хлоридно-сульфатные Нейтральные: сульфатно-хлоридные, хлоридно-сульфатные	По мощности надсолонцового горизонта А <sub>1</sub> До 5 см — корковые 5—10 см — мелкие 10—18 см — средние > 18 см — глубокие
Солонцы полугидроморфные	Лугово-черноземные Лугово-каштановые Лугово-бурые полупустынные	По глубине засоления 5—30 см — солончаковые 30—50 см — высокосолончаковые 50—100 см — солончаковые 100—150 см — глукосолончаковые 150—200 см — несолончаковые (глубокозасоленные)	По содержанию обменного натрия в В <sub>1</sub> (% емкости обмена) До 10 % — малонатриевые 10—25 % — средненатриевые > 25 % — многонатриевые
Солонцы гидроморфные	Бурые полупустынные Лугово-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 В <sub>1</sub> Столбчатые, ореховатые, призматические, глыбистые

\* Разделение на роды и виды относится ко всем типам и подтипам.

и листовато-пластинчатый в нижней — осолоделой. В этом горизонте сосредоточена основная масса корней, иногда с поверхностно образующих плотную дернину.

Общим характерным морфологическим признаком солонцов является солонцовый иллювиальный горизонт ( $B_1$ ) столбчатой или ореховатой, призматической или глыбистой структуры, коричнево-бурой или коричнево-темно-серой окраски, глянцеvidный, чрезвычайно плотный в сухом состоянии и вязкий во влажном, трудно проницаемый для корней. Мощность его около 12—20 см у солонцов Черноземной зоны и 6—8 см у солонцов каштановой зоны.

Под солонцовым горизонтом  $B_1$  залегает горизонт  $B_2$ . Он более светлый, с гумусовыми затеками и пятнами, часто вскипает от HCl. У солончаковых солонцов в этом горизонте наблюдают солевые выцветы и прожилки гипса. Структура призматическая или ореховатая. Ниже горизонта  $B_2$  залегает карбонатный  $B_k$  или солевой горизонт  $B_c$  с максимумом скопления легкорастворимых солей. Эти горизонты переходят в горизонт BC, а ниже — в материнскую породу  $C_c$ . Таким образом, морфологически профиль солонцов резко дифференцирован.

Современная классификация солонцов приведена в таблице 52.

### 28.2.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

В результате развития солонцового процесса происходит резкая дифференциация почвенного профиля по гранулометрическому составу. Горизонт  $A_1$  относительно обогащается фракцией мелкого песка и крупной пыли и обедняется илом. В иллювиальном горизонте  $B_1$ , наоборот, накапливаются (раза в три больше, чем в горизонте  $A_1$ ) фракции ила и физической глины.

Преобладающими глинными минералами илистой фракции являются минералы монтмориллонитово-гидроslюдистой группы с примесью аморфных веществ.

По валовому химическому составу солонцовый процесс сопровождается обогащением верхних горизонтов диоксидом кремния и обеднением полуторными и другими оксидами.

Гумусность солонцов невысокая — в среднем 2,5—3 %. Определенной зависимости между количеством гумуса и степенью выраженности солонцового процесса не прослеживается. Содержание гумуса в них меняется от степени осолодения и залужения. Полу-гидроморфные и гидроморфные солонцы содержат несколько больше гумуса, чем автоморфные. Вниз по профилю содержание гумуса резко падает.

Актуальная реакция в верхних горизонтах, как правило, слабощелочная, в солонцовых горизонтах резко щелочная —  $pH_{H_2O}$  9—10 (табл. 53).

53. Физико-химические и физические свойства солонцов

Почва	Горизонт	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	CO <sub>2</sub> карбонатов, %	Емкость обмена, мг экв. на 100 г	Поглощен- ный Na, % емкости	pH <sub>H2O</sub>	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Схваченность, %
Солонец лугово-чернозем- ный средний, столбчатый солончаковый содовый (Каменский район Алтай- ского края)	A <sub>1</sub>	0—6	2,81	Нет	11,6	14	7,5	1,17	53
	A <sub>2</sub>	6—12	0,89	»	4,1	20	8,0	1,40	48
	B <sub>1</sub>	12—22	0,63	1,76	10,7	78	10,1	1,49	43
	B <sub>2</sub>	22—36	0,46	2,42	8,9	66	10,1	1,41	47
Солонец лугово-каштано- вый средний, столбчатый солончаковый содово- хлоридно-сульфатный (Славгородский район — Кулундинская степь)	A <sub>1</sub>	0—10	3,18	—	13,5	14	7,0	1,10	—
	B <sub>1</sub>	10—20	1,42	—	18,0	42	8,5	1,50	—
	B <sub>2</sub>	20—26	1,06	—	—	—	8,3	1,45	—
	B <sub>3</sub>	26—40	0,52	2,64	—	—	8,3	1,45	—
Солонец полугидроморф- ный каштановый солонча- ковый мелкостолбчатый малонатриевый хлоридно- сульфатный (Трикаспийская низменность)	A <sub>1</sub>	0—5	2,2	0,1	28,5	6	9,1	—	—
	B <sub>1</sub>	5—10	1,3	0,3	29,3	6	9,2	—	—
	B <sub>2</sub>	20—30	1,1	2,0	30,3	12	9,3	—	—
	B <sub>к</sub>	40—50	0,5	5,6	26,8	28	9,4	—	—

Развитие солонцового процесса находит отражение в изменении емкости обмена и составе поглощенных оснований в профиле солонцов. В солонцовых горизонтах содержание натрия от емкости обмена резко возрастает; исключения составляют малонатриевые солонцы (см. табл. 53).

Общие физические свойства благоприятны только в надсолонцовом горизонте  $A_1$ ; в солонцовых горизонтах высокая плотность и низкая порозность. Водно-физические свойства солонцов неудовлетворительны для растений. Некоторое исключение представляют глубокие солонцы, у которых более мощные надсолонцовые горизонты с более благоприятными физическими свойствами.

Солонцы характеризуются высокой дисперсностью (80—85 %) в солонцовых горизонтах, а также крайне неблагоприятными физико-механическими свойствами. В сухом состоянии они отличаются высокой плотностью, во влажном сильно набухают, становятся вязкими и липкими. Водопроницаемость низкая, количество недоступной для растений влаги высокое.

Из приведенной характеристики природных свойств солонцов видно, что в агрономическом отношении это неудобные земли.

#### 28.2.4. ПРИЕМЫ ОСВОЕНИЯ ПОД ПАШНЮ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Солонцовые почвы являются резервом расширения сельскохозяйственных угодий. Однако возделывание сельскохозяйственных культур на этих почвах возможно лишь при их коренном улучшении, мелиорации, изменяющей неблагоприятные физико-химические и физические свойства.

Основным приемом улучшения солонцов является химическая мелиорация — гипсование.

Действие гипса на солонцовые почвы многогранно: кальций гипса вытесняет из почвенного поглощающего комплекса обменный натрий, участвует в коагуляции коллоидов, образовании гуматов кальция и почвенной структуры. В результате гипсования нормализуется щелочность почвенного раствора. Величина  $pH_{H_2O}$  из сильнощелочного интервала переходит в слабощелочной. Одновременно снижается дзета-потенциал с 20—30 до 10—20 мВ.

Глубокие физико-химические изменения улучшают физические свойства солонцов: в 2—3 раза уменьшается дисперсность, на 0,1—0,3 г/см<sup>3</sup> снижается плотность почв, увеличивается скорость фильтрации. Максимальные изменения этих свойств происходят в мелиорированном слое солонцов, т. е. в слое, в который был внесен гипс (Трофимов, 1987).

Норму гипса (т/га) устанавливают с учетом содержания обмен-

ного натрия:

$$D_{\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}} = 0,086(\text{Na} - 0,05T) hd_1,$$

где Na — содержание поглощенного натрия, мг · экв/100 г почвы; T — емкость поглощения, мг · экв/100 г почвы; 0,05 — величина, показывающая, что до 5 % натрия от емкости поглощения не сказывается отрицательно на свойствах почвы, и это количество натрия вычитают из общего его содержания; h — глубина мелиорируемого слоя, см;  $d_1$  — плотность мелиорируемого горизонта, г/см<sup>3</sup>; 0,086 — значение 1 мг · экв. гипса, г.

В качестве мелиорирующих веществ используют не только гипс, но и другие кальциевые соли (фосфогипс, хлористый кальций); их применяют при условии хорошей промывки. Положительное влияние оказывают также сернокислородное железо, серная кислота и гипсоносные породы.

Дозу мелиоранта для малонатриевых солонцов можно установить по порогу коагуляции высокодисперсной фракции (по методу А. Я. Мамаева).

Эффективность гипсования зависит от химизма солонцов. Установлена высокая эффективность химической мелиорации средне- и многонатриевых солонцов содового и содово-сульфатного засоления. С увеличением количества осадков (с 250 мм в сухой степи до 350—380 мм в зоне засушливой степи) прибавки урожайности зерновых культур возрастают с 0,4 до 1,8 т/га (Трофимов, 1987). Для улучшения солонцов наиболее эффективно внесение гипса при постепенном углублении пахотного слоя с одновременным применением навоза, гипса и минеральных удобрений на фоне снегозадержания.

При небольшом количестве пятен солонцов среди других почв (черноземов, лугово-черноземных) рекомендуют их землевание. Для этого на солонцовые пятна наносят несколько раз плодородную почву слоем 2—3 см.

На солонцах с близким залеганием гипса эффективна плантажная обработка с использованием карбонатов кальция и гипса самой почвы (самомелиорация солонцов). Этот прием обеспечивает снижение плотности, улучшение водопроницаемости, наиболее благоприятный водно-солевой режим, рассоление и рассолонцевание.

Гипсование солонцов на фоне снегозадержания особенно эффективно под многолетние травы. Гипсование солонцов в сочетании с минеральными удобрениями повышает урожайность многолетних трав в 2—3 раза. Особенно велика отзывчивость на эти приемы сравнительно недавно введенного в культуру кормового солеустойчивого растения ломкоколосника ситникового, урожайность которого от названных приемов повышается до 2,76 т/га вместо 0,86 т/га (Трофимов).

Гипсование солонцов в кормовых угодьях экономически выгодно также под регнерию волокнистую. При мелиорации солон-

цов следует правильно подбирать культуры, способствующие биологической мелиорации солонцов. К таким солонцеустойчивым культурам относятся донник, пырей бескорневищный, волоснец сибирский.

Все приемы мелиорации солонцовых почв более эффективны при орошении, чем в богарных условиях.

### 28.3. СОЛОДИ

Солоди наиболее распространены в лесостепной и степной зонах, среди почв сухих и полупустынных степей; они также встречаются в таежно-лесной зоне Якутии.

Наиболее широко солоди распространены в лесостепи Западно-Сибирской низменности под березовыми и березово-осиновыми колками.

Характерной особенностью этого типа почв является их приуроченность к отрицательным формам рельефа.

#### 28.3.1. ГЕНЕЗИС

Образование и распространение солодей генетически тесно связаны с солонцовыми почвами и солонцовым процессом. По теории К. К. Гедройца, солоди образуются из солонцов путем их деградации в результате замещения обменного  $\text{Na}^+$  на  $\text{H}^+$ . При щелочной реакции среды, обусловленной появлением в почвенном растворе углекислого натрия, происходит разрушение почвенного поглощающего комплекса.

Образование солодей и осолоделых почв рассматривают не только как физико-химический и химический процессы; оно тесно связано со специфическими биохимическими и биологическими процессами. Периодически создающийся в понижениях анаэробный биозис приводит к разложению органических остатков, которое сопровождается образованием большого количества органических кислот, в том числе фульвокислот, подвижных форм железа и марганца, органо-минеральных комплексов, способных перемещаться вниз по профилю почвы.

В верхних горизонтах солодей и осолоделых почв накапливается аморфная кремнекислота, растворимая в 5%-ной КОН. Она образуется как в результате распада алюмосиликатной части почвы под воздействием щелочных растворов, так и биогенным путем вследствие жизнедеятельности и отмирания диатомовых водорослей и других организмов (Тюрин, Базилевич).

Периодическое переувлажнение понижений, способствуя передвижению коллоидов и солей в глубь почвы, создает условия для поселения древесно-кустарниковой растительности, которая способствует усилению промачивания почвы, увеличению количества

фульвокислот, изменению щелочной реакции почвенного раствора на кислую. При поселении луговой травянистой растительности на процесс осолодения накладывается дерновый процесс, вызывающий одуговение солодей. При устойчиво повышенном увлажнении западин может происходить заболачивание солодей с образованием на поверхности почв торфяного горизонта.

### 28.3.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ, КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА

**Строение.** Профиль солоди резко дифференцирован на горизонты и может быть представлен следующим строением:

$$A_0 - A_1 - A_2 - A_2B - B - C,$$

где  $A_0$  — лесная подстилка или дернина небольшой мощности;  $A_1$  — мощностью не более 2—3 см, небольшая полоска сероватого цвета гумусированного горизонта;  $A_2$  — осолоделый четко оформленный горизонт, белесый, слоегато-плитчатый, с железисто-марганцевыми новообразованиями в форме конкреций и ржаво-охристых пятен;  $A_2B$  — переходный горизонт неоднородно окрашенный, темно-бурый, с белесыми пятнами, уплотненный, плитчато-ореховатой структуры;  $B$  — иллювиальный горизонт мощностью 70—90 см, подразделяется на 2—3 подгоризонта, в верхней его части коричнево-буро-красноватый, плотный, вязкий, ореховатый. По граням структурных отдельностей отчетливо выражена лакировка, заметны ржавые и глеевые пятна, кремнеземистая присыпка. Нижняя часть иллювиального горизонта более светлой окраски, с меньшими признаками иллювиирования;  $C$  — почвообразующая порода с признаками оглеения.

**Классификация.** Основана на разделении солодей по условиям увлажнения и выраженности дернового или торфяного горизонта.

В связи с этим в типе солодей выделены три подтипа: солоди лугово-степные, солоди луговые (дерново-глеевые) и солоди лугово-болотные (торфянистые).

Роды в подтипах солодей выделяют с учетом остаточных признаков солончаковатости и засоления: бескарбонатные, незасоленные и солончаковатые. Виды солодей выделяют по разным признакам — по степени выраженности оглеения: глеевые и глееватые; по степени задерненности: мощность горизонта  $A_1$  5—10 см — слабозадренные, 10—20 см — среднезадренные, > 20 см — глубокозадренные.

У слабозадренных солодей горизонт  $A_1 < A_2$ ; у среднезадренных  $A_1 > A_2$ , у глубокозадренных  $A_2$  представлен в виде пятен.

По содержанию гумуса в горизонте  $A_1$ : меньше 3% — малогумусные (светлые), 3—6% — среднегумусные (серые), больше 6% — высокогумусные (темные).

По мощности торфяного горизонта:  $A_0^T$  5—10 см — торфянисто-глеевые,  $A_0^T$  10—20 см — торфяно-глеевые.

По степени засоления лугово-болотные и луговые солоди могут быть солончаковыми (соли находятся в пределах верхнего 30-сан-

тиметрового слоя) и солончаковатыми (соли на глубине 30—80 см). Солоди лугово-степные, как правило, незасоленные и не-солонцеватые.

Солоди имеют низкое естественное плодородие. Содержание гумуса в них колеблется от 1,5 до 10 % и выше. Особенно много гумуса в луговых солодах (дерново-глеевых). В составе гумусовых веществ преобладают фульвокислоты. Содержание валового азота находится в соответствии с содержанием гумуса и колеблется от 0,1 до 0,8 %.

Емкость поглощения в осолодедом горизонте ( $A_2$ ) невысокая — 10—15 мг · экв., в иллювиальном достигает 30—40 мг · экв./100 г почвы. В составе обменных оснований преобладает кальций; почти всегда в небольших количествах (до 1—1,5 мг · экв.) присутствует натрий с максимумом его содержания в иллювиальном горизонте (до 6—7 % емкости поглощения).

В состав обменных катионов, как правило, входят в небольших количествах обменный алюминий и водород.

Совместное присутствие в почвенном поглощающем комплексе солодей одновременно водорода и натрия свидетельствует о чередовании процессов периодического осолонцевания этих почв под воздействием слабых концентраций солей щелочных металлов и последующего промывания почв растворами, содержащими переносимые и органические кислоты.

Обменная кислотность в горизонтах  $A_1$  и  $A_2$  находится в кислом интервале ( $pH_{KCl}$  3,5—6,0); в нижних горизонтах она близка к нейтральной или слабощелочная.

Физические, водно-физические свойства горизонтов  $A_2$  и В солодей неблагоприятны. Они отличаются высокой плотностью, характеризуются неводопрочной структурой, низкой водопроницаемостью. Вследствие плохой фильтрационной способности в солодах часто развито поверхностное заболачивание. Почвы, как правило, бедны подвижными формами азота и фосфора.

### 28.3.3. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Сельскохозяйственное использование солодей ограничено неблагоприятными свойствами и условиями их залегания по рельефу. Они малопригодны для земледелия, хотя в некоторых случаях их вовлекают в пахотные угодья. Для улучшения последних требуется проводить глубокое рыхление, способствующее лучшему впитыванию влаги и более быстрому наступлению физической спелости почв, вносить повышенные дозы органических и минеральных (в основном азотных и фосфорных) удобрений. Пониженные элементы рельефа, по которым распространены солоди и осолодевшие почвы, затрудняют использование этих почв. Они длительное время находятся в переувлажненном состоянии, что делает невозможным своевременное проведение полевых работ. Для устране-

ния этих недостатков на мелких пятнах солодей в пахотных массивах улучшение почв надо начинать с землевания (с планировкой поля).

В большинстве случаев нет необходимости вовлекать солоды в земледелие. Наоборот, ставится задача охраны колочных лесов, играющих водорегулирующую роль, способствующих влагонакоплению в межколочных пространствах с другими почвами. Дерновые солоды в ряде случаев отличаются хорошей гумусированностью и используются как продуктивные сенокосные угодья.

В разной степени осолоделые серые лесные почвы могут быть использованы в земледелии. Пути повышения их плодородия такие же, как для серых лесных оподзоленных почв.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Назовите основные пути образования засоленных почв. 2. Что лежит в основе классификации солончаков и засоленных почв? 3. Охарактеризуйте свойства солончаков и особенности их сельскохозяйственного использования. 4. Раскройте сущность солонцового процесса почвообразования. 5. Назовите принципы выделения подтипов, родов и видов солонцов в современной классификации. 6. Охарактеризуйте образование и свойства солодей. 7. Назовите пути улучшения солончаков, солонцов, солодей и особенности их сельскохозяйственного использования.

## **Глава 29**

### **БУРЫЕ ПОЧВЫ ПОЛУПУСТЫННОЙ ЗОНЫ**

Полупустынная зона по совокупности природных условий является переходной от сухостепной зоны к пустынной. Зональный тип почв — бурые полупустынные.

Зона распространена южнее зоны сухих степей на северных побережьях Каспийского и Аральского морей.

#### **29.1. ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ И ГЕНЕЗИС**

**К л и м а т.** Климат зоны сильноконтинентальный, сухой. Количество осадков 125—255 мм с максимумом в мае—июне. Испаряемость 700—900 мм. В результате в почве создается резкий дефицит влаги.

Зима короткая, суровая, малоснежная, с сильными ветрами. Высота снегового покрова 10—20, реже — 30 см. Весна короткая, лето длинное, жаркое и сухое. Среднегодовая температура 6—7 °С. Длина вегетационного периода составляет 176—212 дней.

**Р е л ь е ф и п о ч в о о б р а з у ю щ и е п о р о д ы.** В полупустынной зоне они неоднородны. В Прикаспийской низменности в условиях равнинно-слабоволнистого рельефа распространены лёссовидные суглинки, перекрывающие морские отложения

Каспийской трансгрессии («шоколадную» глину), аллювиально-озерные засоленные песчано-глинистые отложения. На склонах сопок и невысоких гор почвообразующие породы представлены скелетными маломощными карбонатными сутлинками, имеющими большую мощность по межсопочным долинам. Древние речные долины сложены пролювиально-аллювиальными отложениями, различными по гранулометрическому составу и засолению.

Грунтовые воды в зоне залегают глубоко и, как правило, не влияют на образование бурых полупустынных почв.

**Р а с т и т е л ь н о с т ь.** В зоне она сильно изрежена. Проектное покрытие не превышает 30—40 % (местами 20—30 %). Почвы сформировались под типчакково-полынными ассоциациями с примесью эфемеров и эфемероидов. В составе травостоя много различных видов полыней, прутняка, камфоросмы, бижургуна, ромашника. При изреживании травостоя на поверхности почв развиваются лишайники и синезеленые водоросли.

Древесная растительность представлена зарослями джужгуна и тамарикса. По поймам рек встречаются тополь, осина, береза.

Растительность засоленных лугов и солончаков представлена различными видами солянок.

**Г е н е з и с** бурых полупустынных почв проходил при значительном ослаблении дернового и элювиального процессов почвообразования, под воздействием разной степени процессов осолонцевания и коркообразования. Солонцеватость бурых полупустынных почв — зональный признак.

Ослабление дернового процесса почвообразования обусловлено низкой интенсивностью биологического круговорота, малой продуктивностью растительности. Ежегодный опад при общей биомассе около 10 т/га не превышает 0,4—0,5 т/га. Основная масса опада представлена корневыми остатками. В биологический круговорот вовлекается около 70 кг/га азота и 300 кг/га зольных элементов.

Господство аэробных условий способствует быстрой минерализации органического вещества, в процессе которой накапливается большое количество зольных элементов, в том числе щелочных металлов. Щелочные соли натрия не вымываются из гумусовых горизонтов; натрий внедряется в ППК, обуславливая развитие элементов солонцового процесса.

Непромывной тип водного режима обуславливает слабую выщелоченность бурых полупустынных почв от карбонатов, легкорастворимых солей и гипса.

## 29.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

**Строение профиля.** Оно у бурых полупустынных почв характеризуется наличием гумусово-элювиального горизонта  $A_1$  мощностью 10—15 см, серовато-бурого цвета, рыхлого сложения,

со слоеватой структурой. На поверхности отслаивается тонкая (2—4 см) корочка. Ниже выделяется гумусово-иллювиальный горизонт В<sub>1</sub> мощностью 20—25 см, более темной буровато-коричневой окраски, уплотненный или плотный, комковатой, глыбистой или комковато-призмической структуры, вскипающий от соляной кислоты. Глубже залегает иллювиально-карбонатный (В<sub>к</sub>) горизонт, желто-бурый, с белесыми пятнами карбонатов. Максимальное скопление карбонатов прослеживается на глубине от 30 до 80 см. Ниже следует горизонт С<sub>s</sub> с выделением гипса (не во всех почвах) и еще глубже материнская порода (С) карбонатная, часто засоленная и гипсоносная.

**К л а с с и ф и к а ц и я.** Она основана на степени выраженности в бурых полупустынных почвах дернового и элювиального процессов по содержанию в них гумуса и выщелоченности профиля от легкорастворимых солей. По этим признакам в типе бурых полупустынных почв выделены три подтипа; на территории России распространены два из них.

*Бурые полупустынные типичные* с содержанием гумуса 1,5—2,0 %, по фациальной принадлежности кратковременно промерзающие (прикаспийские).

*Бурые полупустынные светлые* с содержанием гумуса 1,0—1,5 %, теплые промерзающие (казахстанские).

*Бурые полупустынные безгипсовые* умеренно теплые, длительно промерзающие (центральноазиатские), встречающиеся в межгорных котловинах Южной Тувы.

В подтипах бурых полупустынных почв выделены роды: обычные, слабодифференцированные (песчаные, супесчаные), солонцеватые, солончаковатые, гипсоносные. Виды выделяются по степени солонцеватости, глубине, типу и степени засоления. По гранулометрическому составу наряду с суглинистыми распространены песчаные и супесчаные разновидности.

Почвенный покров зоны комплексный. Кроме бурых полупустынных почв основными компонентами комплексов являются солонцеватые почвы, солонцы и лугово-бурые почвы.

### 29.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Для профиля бурых полупустынных почв характерна четкая элювиально-иллювиальная дифференциация. Верхние горизонты (А<sub>1</sub>) обеднены илестыми частицами, полуторными оксидами (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), максимальное количество которых обнаруживается в гумусово-иллювиальных горизонтах. Почвы характеризуются малой мощностью гумусового горизонта и низким содержанием гумуса, которое постепенно с глубиной снижается (рис. 17).

Общие запасы гумуса составляют на легких почвах 30—40 т/га и более, на тяжелых — 70—100 т/га. В составе гумуса преобладают

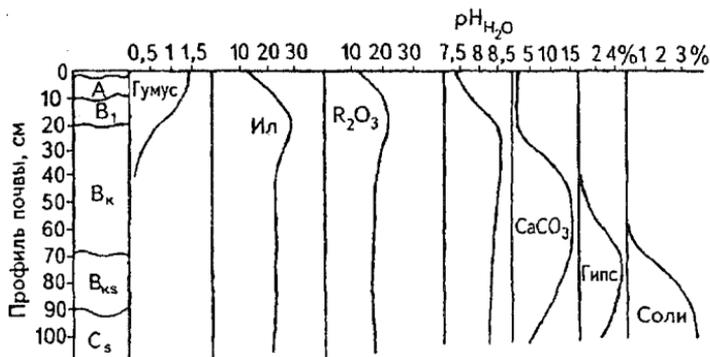


Рис. 17. Изменение свойств по профилю бурых полупустынных почв

фульвокислоты, содержание которых увеличивается с усилением солонцеватости. Гумус обогащен азотом ( $C : N = 7 - 9$ ). Общее содержание азота в верхнем горизонте колеблется от 0,11 до 0,18 %, фосфора — 0,06—0,2, калия — 1,5—2 %. Почвы слабо обеспечены подвижным фосфором (не более 100 мг/кг почвы), достаточно хорошо подвижным калием (более 200 мг/кг почвы).

Емкость поглощения в суглинистых почвах составляет около 20, в супесчаных — 7—13 мг экв/100 г почвы. Максимальная ее величина наблюдается в гумусово-иллювиальных горизонтах. В составе обменных оснований преобладают  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$ , на обменно-поглощенный  $Na^+$  приходится 5—14 % емкости поглощения. Реакция ( $pH_{H_2O}$ ) слабощелочная, с глубиной увеличивается. Многие из бурых полупустынных почв содержат гипс и легкорастворимые соли (1,5—3 % в нижней части профиля).

Бурые полупустынные почвы бесструктурны; горизонты В отличаются высокой плотностью, низкой водопроницаемостью. Водно-физические свойства неблагоприятны. Почвы малопродуктивные, а дефицит влаги еще более снижает их агрономическую ценность.

#### 29.4. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Использование почв осложнено резкой засушливостью климата, низким плодородием почв, опасностью проявления дефляции на значительных площадях, особенно почв с легким гранулометрическим составом.

Наиболее пригодны для земледелия бурые полупустынные несолонцеватые или слабосолонцеватые незасоленные почвы. Лучшими из них являются лугово-бурые, формирующиеся по пони-

женным элементам рельефа. На них без полива, используя близость уровня грунтовых вод, в траншеях можно возделывать овощные и бахчевые культуры. Однако на большей части зоны земледелие без орошения невозможно.

Тепловые ресурсы зоны при орошении позволяют возделывать большой набор ценных культур (зерновые, бахчевые, овощные, плодовые). При орошении кроме получения устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур необходимо решать задачи по повышению и сохранению почвенного плодородия (внесение удобрений, внедрение приемов, предотвращающих вторичное засоление и осолонцевание почв).

В зоне широко развито пастбищное животноводство, преимущественно овцеводство. При развитии этой отрасли необходимо предусматривать мероприятия по защите почв от дефляции, а для повышения продуктивности пастбищ — использование лиманного орошения.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Укажите особенности природных условий почвообразования в полупустынной зоне. 2. Какие процессы почвообразования участвуют в генезисе бурых полупустынных почв? 3. Какие свойства характерны для бурых полупустынных почв? 4. В чем состоят особенности сельскохозяйственного использования полупустынных почв? 5. Какие поставлены задачи по охране почв в полупустынной зоне?

## **Глава 30**

### **СЕРО-БУРЫЕ ПУСТЫННЫЕ ПОЧВЫ, ТАКЫРЫ, ПЕСЧАНЫЕ ПУСТЫННЫЕ И ТАКЫРОВИДНЫЕ ПОЧВЫ**

Серо-бурые почвы являются зональным типом почв суббореальных и субтропических пустынь. Они занимают в пределах СНГ обширные равнины Средней Азии и Казахстана.

Наряду с серо-бурыми почвами в этой зоне распространены такыры, такыровидные, песчаные почвы и солончаки. В поймах рек расположены аллювиальные почвы.

#### **30.1. СЕРО-БУРЫЕ ПУСТЫННЫЕ ПОЧВЫ**

##### **30.1.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

На общем фоне равнинного рельефа на территории зоны выделяют низинные окончания горных хребтов, внутренние низкогорья, предгорные пролювиальные наклонные равнины, плато (Усть-Урт, Бет-Пак-Дала), древнеаллювиальные равнины, впадины (Саракамышская и др.), современные речные долины и песчаные аккумуляции.

Климат континентальный, с жарким летом и холодной зимой. Среднегодовое количество осадков составляет 80—100 мм, испаряемость достигает 1500 мм и более, КУ 0,1—0,2; сумма активных температур за период с  $t > 10^{\circ}\text{C}$  составляет в западной части зоны 4000—5000  $^{\circ}\text{C}$ , в восточной части редко более 3000  $^{\circ}\text{C}$ . При незначительном снежном покрове (2—5 см) почвы промерзают до 40—50 см, а иногда и более.

Почвообразующими породами являются элювиально-делювиальные отложения глин, известняков, мергелей, песчаников, реже — магматических пород. В центральной части зоны широко распространены аллювиальные песчано-глинистые породы. Общей характерной особенностью почвообразующих пород зоны являются скелетность и преобладание в составе мелкозема мелкого песка.

Разнообразие состава почвообразующих пород определяет формирование различных пустынных ландшафтов — каменистые, глинистые, галечниковые, солончаковые, песчаные пустыни, отличающихся своими особенностями растительности, мезо- и микро-рельефа и почвенного покрова. Суровый резко засушливый климат обуславливает господство в составе растительности ксерофильных и солянковых группировок: многолетние солянковые полукустарнички и кустарнички, однолетние солянки, некоторые виды полыней.

Весной широко развиваются эфемеры и эфемероиды, которые в песчаных пустынях преобладают в травостое. Из кустарников здесь наиболее распространены джужгун, черкезы, песчаная акация, белый саксаул и др. На глинистых гипсосодных пустынях преобладают полыни, боялыч, тамарикс и др., а поверхность почв часто покрыта водорослями и лишайниками. Последние составляют основу растительности глинистых такыровых участков пустыни. В целом растительный покров сильно изрежен.

### 30.1.2. ГЕНЕЗИС

Незначительное увлажнение и слабое проявление биологических процессов обуславливают в пустынной зоне охват почвообразованием небольшого по мощности слоя породы (40—50 см) и, как следствие, малую мощность почвенных горизонтов и профиля в целом. В зоне в связи с биоклиматическими условиями наблюдаются слабое проявление гумусообразования, его прерывистость и кратковременность. Поэтому в серо-бурых почвах в верхнем слое отмечается лишь незначительное содержание гумуса (< 0,5 %) с упрощенной структурой входящих в его состав гумусовых веществ.

Более активно изменение верхней части породы при почвообразовании происходит под влиянием различных физических (промораживание, иссушение), химических (химическое выветривание, образование осадков карбонатов и других солей и цементация

частиц) и физико-химических процессов (осолонцевание). Они проявляются в форме образования поверхностного пористого коркового карбонатного горизонта, слабоожезленного подкоркового, пожелтения поверхности почвенных частиц, обогащения нижних горизонтов водорастворимыми солями и гипсом.

### 30.1.3. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Серо-бурые почвы имеют следующее строение профиля: К — корковый горизонт, палево-серая крупнопористая плотная корка (2—3 см); Е — подкорковый слой, палево-светло-серый, рыхлый, слоистый (3—5 см);  $V_{Ca}$  — уплотненный, ожезненный горизонт, призмовидно- или глыбисто-комковатый, с пятнами карбонатов (10—25 см);  $V_C$  — буровато-желтый, более рыхлый горизонт, с выделениями карбонатов, гипса и легкорастворимых солей.

Наиболее четко дифференциация профиля на горизонты выражена у солонцеватых серо-бурых почв. Часто нижняя часть профиля сильно обогащена скоплениями гипса. Тип серо-бурых почв разделяется на три фациальных подтипа: серо-бурые пустынные очень теплые промерзающие, серо-бурые пустынные субтропические кратковременно промерзающие и серо-бурые пустынные субтропические жаркие непромерзающие. Выделяют следующие роды: обычные (солончаковатые), гипсоносные, солончаковые, такырно-солонцеватые, промытые (приуроченные к понижениям, профиль промыт от солей и гипса). Деление на виды не разработано.

### 30.1.4. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Характерными особенностями состава и свойств серо-бурых пустынных почв являются: незначительное содержание гумуса и фульватный его состав, карбонатность всего профиля при максимуме карбонатов в корковом горизонте, накопление гипса и легкорастворимых солей с глубины 30—40 см, преобладание супесчаного и легкосуглинистого гранулометрического состава с частой щебнистостью и опесчаненностью поверхностного слоя, низкая ЕКО; насыщенность основаниями  $Ca^{2+}$  и  $Mg^{2+}$  при повышенном содержании обменного  $Na^+$  в солонцеватых почвах, щелочная реакция.

Физические и водно-физические свойства профиля дифференцируют в зависимости от гранулометрического состава и уплотненности отдельных горизонтов.

### 30.1.5. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Основные массивы серо-бурых почв используют под пастбища. Важное значение при этом имеет режим эксплуатации пастбищ, исключая возникновение и развитие дефляции. В земледель-

ческое использование в зоне активного вовлечены лишь аллювиальные почвы. Неблагоприятные свойства серо-бурых почв (плохие водно-физические и физико-химические свойства, сильная засоленность) и низкий общий уровень плодородия в условиях дефицита воды для проведения орошения исключают вовлечение этих почв в активное земледельческое использование.

Имеющийся опыт орошаемого земледелия на этих почвах свидетельствует о возможности создания культурно-оазисных почв и получения в условиях орошения и применения удобрений высоких урожаев хлопка, риса, кукурузы, овощей, бахчевых, плодовых культур и винограда. Для освоения наиболее приемлемы несолонцеватые, слабосолонцеватые, незасоленные или слабозасоленные почвы на легких породах. Непригодны к использованию при орошении серо-бурые маломощные гипсоносные, щебенчатые и сильнозасоленные почвы. Помимо серо-бурых почв зональными типами в пустынной зоне являются такыры, песчаные пустынные такыровидные почвы.

### 30.2. ТАКЫРЫ

Такыры — почвы глинистых пустынь. Они формируются в пониженных условиях рельефа (предгорные равнины, межрядовые понижения и т. д.) на тяжелосуглинистых и глинистых отложениях.

Их поверхность лишена высшей растительности, покрыта водорослями и лишайниками. Такыры имеют следующее строение профиля: верхний горизонт (2—8 см) — очень плотная крупнопористая корка, разбитая сетью глубоких трещин на неправильной формы плитки, напоминающие булыжную мостовую; подкорковый горизонт (6—12 см) из твердых слоегато-чешуйчатых отделностей, переходящий в неясно комковатый уплотненный буроватый горизонт. Мощность профиля обычно около 30—40 см.

Такыры малогумусны (0,3—0,7 %), ЕКО 5—10 мг · экв/100 г почвы, в составе обменных катионов всегда присутствует  $\text{Na}^+$ , реакция сильнощелочная. В большинстве случаев почвы, начиная с подкоркового горизонта, засолены хлоридами и сульфатами натрия. Характеризуются неблагоприятными водно-физическими и физико-механическими свойствами. В сухом состоянии очень плотные, во влажном превращаются в вязкую массу.

Пониженные условия рельефа, в которых залегают такыры, и тяжелый гранулометрический состав исходных отложений приводят к периодическому временному застою воды на поверхности почвы и временному переувлажнению верхних горизонтов с последующим быстрым иссушением профиля. Развивающееся при этом попеременное засоление — рассоление обуславливает солонцово-солончаковое почвообразование, что, по мнению боль-

шинства исследователей, рассматривается как основная причина формирования своеобразного профиля такыров с комплексом их резко неблагоприятных свойств.

Такыры разделяют на два подтипа: такыры типичные (водорослевые) и такыры опустыненные (лишайниковые). В составе подтипов выделяют роды: обычные, солончаковые, солонцеватые, слитые (хаковые), опесчаненные и старозалежные. Имеющийся опыт освоения такыров связан с применением комплекса высокозатратных мелиоративных приемов: пескование большими дозами, глубокая плантажная вспашка, промывка от солей, внесение органических и минеральных удобрений, посев растений-освоителей (джугара, просо, люцерна, пшеница и др.). После 2—3 лет освоения возможно возделывание при орошении более требовательных культур (хлопчатника и др.).

### 30.3. ПЕСЧАНЫЕ ПУСТЫННЫЕ ПОЧВЫ

Песчаные пустынные почвы распространены на обширных пространствах кучевых, грядовых и бугристых песков пустыни, в разной степени закрепленных растительностью. Слабодифференцированный профиль песчаных пустынных почв представлен с поверхности небольшим слоем (3—6 см) навейного песка, под которым формируется слабогумусированный («корешковатый») горизонт мощностью до 20—30 см. В нем сосредоточено небольшое количество мертвых и живых корешков растений; ниже залегает несколько уплотненный, обогащенный пылеватыми и глинистыми частицами буроватый горизонт часто с расплывчатыми пятнами карбонатов. Почвы имеют слабощелочную реакцию, низкую ЕКО, низкое содержание гумуса (0,01—0,7 %); используются как пастбища.

### 30.4. ТАКЫРОВИДНЫЕ ПУСТЫННЫЕ ПОЧВЫ

Такыровидные пустынные почвы — это молодые остепняющиеся почвы, образовавшиеся из гидроморфных почв (луговых, лугово-болотных, лугово-солончаковых) вследствие опускания грунтовых вод. Они сохраняют частично признаки и свойства исходных почв, но вместе с тем приобретают не столь резко выраженные признаки и свойства, присущие такырообразованию: формирование пористой, но не столь плотной корки, обособление подкоркового слоегато-чешуйчатого горизонта, сменяющегося менее уплотненным, чем у такыров, горизонтом В; последний обогащен легкорастворимыми солями.

Такыровидные почвы делят на фациальные подтипы, среди которых выделяют роды — солончаковатые, солонцеватые, древнеорошаемые.

Поскольку у такыровидных почв более ослаблены неблагоприятные свойства, характерные для такыров, они активнее вовлекаются в орошаемое сельскохозяйственное использование.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Охарактеризуйте условия почвообразования и генезис серо-бурых почв. 2. Каковы строение, состав и свойства серо-бурых почв? Как их классифицируют? 3. Расскажите о сельскохозяйственном использовании серо-бурых почв. 4. Дайте общую характеристику такыров, песчаных пустынных и такыровидных пустынных почв и укажите основные пути их сельскохозяйственного использования.

## **Глава 31**

### **СЕРОЗЕМЫ**

Сероземы распространены в зоне субтропической полупустыни предгорий Средней Азии и Закавказья, где их площадь составляет около 32 млн га.

#### **31.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

Общие черты природных условий субтропической полупустыни — климата, растительности и почв на территории зоны — заметно различаются в связи с главной ее геоморфологической особенностью — приуроченностью к подножьям горных сооружений и, как следствие, проявлением вертикальной поясности.

**К л и м а т.** Континентальный, сухой и жаркий, с мягкой теплой зимой. Почвы или не промерзают, или периодически промерзают на небольшую глубину. Средняя температура января колеблется от +2 до -5 °С, а июля — от 26 до 30 °С. Продолжительность периода с температурами более 10 °С 170—245 дней, сумма температур за этот период 3400—5400 °С. Годовое количество осадков в зависимости от абсолютной высоты местности колеблется от 100 до 500 (600) мм. В предгорных равнинах их величина составляет 100—250 мм, а в горных районах зоны — 450—600 мм. Основное количество осадков выпадает зимой и весной; летом дождей почти нет. Испаряемость составляет 1000—1700 мм; КУ 0,12—0,33. Таким образом, важная особенность климата — резкая контрастность весны и лета. Весна теплая, влажная, короткая; лето жаркое, сухое и продолжительное. По обеспеченности теплом зона относится к территории однолетних субтропических культур с длинным вегетационным периодом, по обеспеченности влагой — к очень сухой и сухой.

**Рельеф и почвообразующие породы.** Нижний пояс сероземной зоны (абс. высота 200—400 м) приурочен

преимущественно к обширным наклонным подгорным равнинам, расчлененным временными водотоками (саями). По мере приближения к горам он сменяется холмистыми предгорьями (адырами) с абсолютными высотами 500—900 м. Низкогорья (горные склоны, плато) представляют верхний пояс с границами распространения сероземов на высоте 1200—1600 м. Преобладающими породами в зоне являются лёсс и лёссовидные суглинки, часто подстилаемые галечником. Иногда сероземы развиваются на щебнистом элювиоделовии плотных пород.

**Р а с т и т е л ь н о с т ь.** Общие черты климата субтропической зоны определяют господствующий тип ее растительности — эфемерные и эфемероидные степи. Ее основу составляют мятлик живородящий и пустынная осочка. На их фоне по мере увеличения осадков с повышением абсолютных высот возрастают доля и разнообразие многолетних растений. В низкогорной части зоны (темные сероземы) основу растительности составляют пырей пушистый, ячмень луковичный, девясил и др. В межгорных долинах и поймах рек встречаются тугайные леса из тополя, ивы, лоха.

### 31.2. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И ГЕНЕЗИС

**Строение профиля.** Профиль сероземных почв имеет следующее строение (рис. 18): верхняя гумусовая часть профиля разделяется на два горизонта: гумусовый (А) и переходный (В<sub>1</sub>). Ниже залегает иллювиальный карбонатный горизонт (В<sub>к</sub>), постепенно переходящий в материнскую породу (С). Наиболее отчетливо гумусовая часть профиля выражена у темных сероземов.

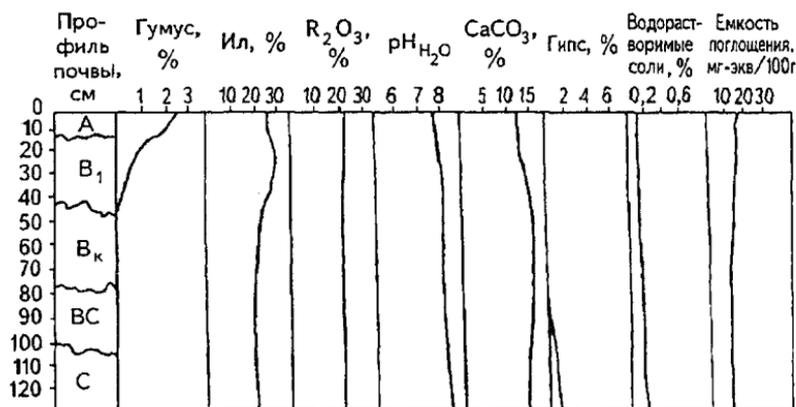


Рис. 18. Показатели состава и свойств серозема, типичного по профилю

Генезис. Большинство сероземных почв зоны имеют значительный абсолютный возраст и прошли сложную историю развития и эволюции.

Современный почвообразовательный процесс проходит в условиях контрастного субтропического климата: сочетания благоприятных температур и хорошего увлажнения в весенний период, сильного иссушения профиля в ксеротермический жаркий и сухой летний периоды. За счет зимне-весенних осадков профиль увлажняется до 1—1,5 м и более; летом иссушается до максимальной гигроскопичности. В таких условиях гидротермического режима природный процесс образования сероземов характеризуется двумя периодами: непродолжительным весенним теплым и влажным, с активным развитием биологических процессов; длительным сухим и жарким, с почти полностью прекращенной биологической деятельностью и с господством в профиле восходящих пленочно-капиллярных токов.

Весной бурно развивается растительность, протекает процесс активного гумусирования и вместе с тем происходит интенсивная минерализация органического вещества под влиянием микроорганизмов и при активном участии почвенной фауны (червей, термитов, жесткокрылых, пресмыкающихся), деятельность которой во многом способствует рыхлому сложению профиля. В сухое время года происходит подтягивание к поверхности карбонатов и легкорастворимых солей.

Гумусированность и опресненность профиля сероземов тесно связаны с абсолютной высотой местности: по мере ее возрастания увеличиваются количество осадков и глубина промачивания почв, разнообразнее и обильнее становится растительность, увеличивается ее ежегодный опад, усиливается гумификация. Поэтому от сероземных почв предгорных равнин и аллювиальных террас (подзона светлых сероземов) к сероземам предгорий (подзона типичных сероземов) и низкогорий (темные сероземы) увеличиваются мощность гумусового профиля и содержание в нем гумуса, формируется более мощный, промытый от легкорастворимых солей профиль.

Рассмотренные главные особенности генезиса сероземов определяют следующие основные их признаки и свойства: слабую дифференцированность профиля на генетические горизонты, низкую гумусированность, отсутствие ясно выраженной макроструктуры при хорошей микроагрегатности, высокую пористость и рыхлое сложение, карбонатность всего профиля при обособлении карбонатного иллювиального горизонта, заметно выраженную по всему профилю деятельность почвенной фауны (ходы червей, крупные кавернозные поры и т. д.).

Сельскохозяйственное использование сероземов в условиях орошения существенно изменяет природное почвообразование. Непромывной тип водного режима сменяется ирригационным (часто

промывным). С оросительными водами приносятся взвешенные частицы, и при их отложении на поверхности почвы формируется новый агроирригационный слой. Усиливается вынос карбонатов и легкорастворимых солей, активизируется деятельность микроорганизмов (нитрификаторов, азотфиксаторов и др.) и почвенной фауны (червей, мокриц и др.). Внесение удобрений, посев люцерны способствуют гумусированности сероземов и улучшению их питательного режима. Происходит изменение физических свойств: некоторые разрушения микроагрегатов, усадка почвогрунтов, уменьшение пористости, образование уплотненного подпахотного слоя.

При неграмотном орошении могут возникать отрицательные явления, существенно снижающие плодородие и эффективность использования почв: вторичное засоление, заболачивание и ирригационная эрозия.

### 31.3. КЛАССИФИКАЦИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА

В таблице 54 представлено разделение сероземов на типы, подтипы и роды. Деление на виды проводят по показателям мощности гумусового слоя и ирригационного наноса, степени засоления, оглеенности, по степени эродированности.

54. Классификация сероземов

Тип	Подтип	Род
Сероземы	Светлые, типичные, темные	Обычные, остаточно-солончаковатые, галечниковые
Орошаемые сероземы	Светлые Типичные Темные Староорошаемые	Обычные, вторично-солончаковатые, галечниковые
Лугово-сероземные	Луговато-сероземные Лугово-сероземные	Обычные, солончаковатые, галечниковые
Орошаемые лугово-сероземные	Орошаемые лугово-сероземные	Те же

Светлые сероземы — наиболее аридный подтип, распространенный на предгорных равнинах и речных террасах. Мощность светло-серого, слабо прокрашенного органическим веществом гумусового слоя ( $A + B_1$ ) в среднем около 30—40 см. Содержание гумуса в целинных почвах 1—1,5 %, в пахотных 0,6—1,0 %. Часто с глубины 150—180 см встречаются гипс и легкорастворимые соли.

Типичные сероземы — приурочены к более высоким территориям предгорных равнин и холмистым предгорьям, образуют средний пояс зоны. Гумусовый профиль выражен четче, имеет

серую и палево-серую окраску; содержание гумуса в верхней его части 1,5—2,5 %, в пахотных почвах 1,0—1,5 %. Профиль промачивается осадками до 1,5 м. Солончаковатые роды встречаются реже, чем среди светлых сероземов.

Темные сероземы — занимают высокие предгорья и низкорья. Имеют хорошо выраженный серый или темно-серый гумусовый профиль мощностью 40—60 см. Содержание гумуса 2,5—4,0 %, у пахотных почв 1,5—2,0 %. Солончаковатость обычно не обнаруживается. Среди темных и типичных сероземов широко распространены эродированные почвы и встречаются, особенно среди темных, щебнистые, развитые на элювии плотных пород.

Орошаемые сероземные почвы — имеют монотонный слабодифференцированный профиль с относительно равномерным распределением гумуса на всей глубине ирригационного наноса, с невысоким его содержанием (1,0—1,8 %).

Старорошаемые сероземные почвы — распространены в районах древнего орошения среди всех подтипов. Отличаются большей мощностью ирригационного наноса, лучшей гумусированностью профиля и являются наиболее ценными почвами.

Лугово-сероземные почвы — развиты в условиях слабого дополнительного грунтового увлажнения при глубине грунтовых вод 2,5—5,0 м. Имеют более четко выраженные гумусовый профиль по сравнению с автоморфными сероземами и признаки оглеения в нижней части профиля. Среди них чаще встречается род солончаковатых почв.

Луговые почвы — формируются при повышенном увлажнении по долинам и дельтам рек на нижних частях предгорных склонов при залегании грунтовых вод на глубине 1,0—2,5 м.

По *гранулометрическому составу* среди сероземных почв преобладают легко- и среднесуглинистые. Для них характерно высокое содержание фракции крупной пыли (0,05—0,01 мм), создающей вместе с микроагрегатностью благоприятную капиллярную пористость. Среди почв, развитых на элювии плотных пород, распространены в разной степени каменистые почвы.

В *минералогическом составе* преобладают первичные минералы (кварц, полевые шпаты, кальцит). Вторичные минералы представлены гидрослюдами, минералами монтмориллонитовой группы, хлоритами и вермикулитом.

Характерными чертами *химического состава* являются: малогумусность при фульватном составе гумуса (темные сероземы, луговые и лугово-сероземные почвы имеют гуматно-фульватный состав гумуса), равномерное распределение по профилю компонентов алюмосиликатной части, карбонатность всего профиля при некотором элювиально-иллювиальном распределении карбонатов, отсутствие токсичного количества водорастворимых солей до глубины 1,5—2,0 м. Сероземы имеют низкое содержание валового

азота и значительное — фосфора и калия. Количество доступных форм этих элементов варьирует в зависимости от применяемых удобрений.

Для *физико-химических свойств* типичны: невысокая емкость поглощения (9—10 мг · экв. у светлых сероземов, 12—15 — у типичных и до 18—20 мг · экв. у темных), щелочная реакция, насыщенность основаниями при постоянном присутствии небольших количеств обменных ионов  $K^+$  и  $Na^+$  (около 2—5 % емкости).

Сероземы имеют благоприятные общие *физические свойства* — низкую плотность и высокую пористость (50—60 %). При орошении происходят уплотнение профиля и снижение водопроницаемости. Некоторые показатели состава и свойств сероземов были представлены на рисунке 18 на примере профиля типичного серозема.

### 31.4. СТРУКТУРА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА (СПП)

СПП зоны определяется в основном двумя факторами: особенностями геоморфологии территории, мезо- и микрорельефом ее главных форм и характером изменения почв при их сельскохозяйственном использовании (окультуренностью, эродированностью, проявлением вторичного засоления и др.).

В низкогорьях на элювиально-делювиальных отложениях господствует подтип темных сероземов с вариациями, различающимися по мощности мелкоземистого слоя, эродированности, каменистости в сочетании с выходами плотных пород и их каменистыми осыпями. Здесь развиты сложные сочетания-мозаики и реже — сочетания-вариации.

В низкогорьях и расчлененных предгорьях, где распространены мощные лёссовые отложения, развиты комбинации несмытых сероземов разной мощности и их эродированных аналогов. На аллювиально-пролювиальных отложениях в расчлененных предгорьях преобладают сочетания и сложные сочетания-мозаики типичных сероземов, различающихся по каменистости и мощности скелетно-мелкоземистого слоя.

На предгорных равнинах формируется наиболее благоприятная в агрономическом отношении СПП. Здесь на мощных лёссах и лёссовидных отложениях встречаются вариации и вариации-сочетания сероземов с лугово-сероземными почвами, а также сочетания с участием этих почв с разной степенью вторичного засоления и солончаки. На нижних террасах речных долин преобладают незасоленные и в разной степени солончаковатые почвы, луговые почвы в сочетаниях с болотно-луговыми и лугово-сероземными.

### 31.5. АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Главная особенность земледельческого использования сероземов — орошение. Основные возделываемые культуры — хлопчатник, рис, сахарная свекла, кукуруза, пшеница, лубяные, бахчевые. В зоне широко развиты садоводство, виноградарство и шелководство. Агрономическая оценка орошаемых сероземов и сопутствующих им лугово-сероземных, луговых и других почв определяется следующими особенностями: генетической принадлежностью почв, давностью орошения, степенью окультуренности, подверженностью почв процессам засоления, эрозии, генезисом почвообразующих пород, гранулометрическим составом и сложением почв и пород, дренированностью почв (Конобеева, 1985).

С генетическими особенностями сероземных почв связаны такие важные агрономические показатели, как мощность гумусового слоя и степень его гумусированности, условия увлажнения атмосферными осадками и грунтовыми водами, валовые запасы азота, теплообеспеченность и др.

Поскольку орошение всегда сопровождается приемами окультуривания почв (внесение удобрений, посев люцерны и др.), то, как правило, почвы более длительного периода использования в условиях орошения отличаются и по уровню плодородия. В связи с этим по давности орошения почвы подразделяются на древнеорошаемые (оазисные), орошаемые и новоосвоенные.

Наилучшими свойствами обладают *древнеорошаемые почвы*: они гумусированы на всю глубину ирригационного наноса, содержат больше гумуса и элементов питания, имеют довольно однородное строение корнеобитаемого слоя. *Орошаемые почвы* в меньшей степени благоприятно изменяются под воздействием земледельческого использования, и эти изменения преимущественно затрагивают только пахотный слой. *Орошаемые новоосвоенные* (менее 10 лет) *почвы* имеют наименьшую продуктивность (они менее гумусированы, беднее элементами питания, характеризуются пониженной биологической активностью по сравнению с почвами более длительного периода орошения).

По степени окультуренности (обогащенности гумусом, содержанию подвижных форм NPK, показателям биологической активности и др.) почвы различаются на слабо-, средне- и высокоокультуренные. Последние имеют наилучшие свойства и наивысшую урожайность хлопчатника (3,0—4,0 т/га и более). Производительность слабоокультуренных почв наименьшая (1,0—1,4 т/га хлопка-сырца).

В условиях орошения исключительное значение приобретают агрофизические свойства, определяемые гранулометрическим составом, агрегированностью и сложением почв и пород. Лучшими почвами по гранулометрическому составу являются легко- и сред-

несуглинистые, развитые на лёссах и лёссовидных суглинках. В этих почвах благодаря их высокой микроагрегированности (0,25—0,01 мм) и значительному содержанию крупной пыли (0,05—0,01 мм) создаются благоприятная капиллярная пористость и хорошая аэрация. Такое строение и сложение почв определяют их высокую влагоемкость, большую мобильность и хорошую отдачу воды. Все это обеспечивает быстрое поступление в зону корней влаги и элементов питания, образующихся при активных аэробных процессах в почве и вносимых с удобрениями.

У глинистых и тяжелосуглинистых почв относительная оценка их по гранулометрическому составу снижается и составляет 0,7—0,9 по сравнению с легко- и среднесуглинистыми, у супесей — 0,6—0,8 и у песчаных почв — 0,5—0,6.

Снижается оценка почв и при заметной их каменистости. По показателям плотности лучшими являются почвы с  $d_V$  1,1—1,4 г/м<sup>3</sup> и худшими — с  $d_V$  1,6 и более. Оптимальная плотность обеспечивает хорошую пористость, влагоемкость и аэрацию, высокую подвижность воды и содержащихся в ней элементов питания. При повышенной плотности резко ухудшаются эти качества и снижается урожай хлопчатника — при  $d_V$  1,5 на 30—40 %, а при  $d_V \geq 1,6$  в 2—2,5 раза.

Засоление резко снижает качество и производительность орошаемых почв, приводит к существенному падению экономической эффективности применяемых удобрений (до 50—75 % на средне- и сильнозасоленных почвах). Урожай культур при высокой степени засоления уменьшается в 2—3 раза и более.

Подверженность почв эрозии снижает их оценку на 15—60 % в зависимости от степени эродированности и генетической принадлежности пород. В меньшей степени падает плодородие у сероземов, развитых на лёссах, и более резко — на элювии третичных пород.

В зависимости от устойчивости к проявлению дефляции и орошаемые почвы располагают в следующий убывающий ряд (по Мирзажанову): болотно-луговые среднесуглинистые — такырные тяжелосуглинистые — сероземы светлые тяжелосуглинистые — луговые сазовые песчаные.

Основными мероприятиями по повышению плодородия почв зоны являются: организация правильного орошения; создание глубокого пахотного слоя; систематическое обогащение почв органическим веществом путем введения севооборотов с посевом люцерны, применением сидератов; внесение минеральных и органических удобрений; борьба с эрозией почв.

При орошении важнейшее значение имеют мероприятия по предупреждению вторичного засоления и борьба с ним: организация орошения на основе данных по мелиоративной оценке почв (водно-физические свойства, солевой и гидрологический режимы и др.) и условий дренированности территории; определение пра-

вильной поливной и оросительной норм; применение наиболее совершенных способов полива; борьба с потерей воды от инфильтрации; своевременная обработка почвы, исключаяющая развитие интенсивных восходящих пленочно-капиллярных токов воды; планировка поверхности почв, обеспечивающая равномерность полива всего участка; борьба с потерями воды в ирригационной сети; проведение промывок и др. Особенно чувствительны к засолению пшеница, кукуруза, хлопчатник, картофель и плодовые культуры.

При определении глубины основной обработки почвы необходимо учитывать мощность гумусового слоя и уплотненность пахотного и подпахотного слоев. На луговых и лугово-болотных почвах важно учитывать глубину расположения оглеенных горизонтов. При близком залегании они препятствуют глубокому проникновению корней растений. На таких почвах следует создавать глубокий пахотный слой путем предварительного рыхления с последующей постепенной припашкой оглеенного горизонта.

В орошаемых районах зоны интенсивно применяют удобрения. В связи с обедненностью почв органическим веществом на первом месте стоят азотные удобрения. Наиболее высокий эффект от фосфорных удобрений наблюдается на почвах, где содержание подвижных фосфатов (по Мачигину) составляет менее 30 мг и особенно менее 15 мг/кг почвы. При содержании подвижных фосфатов более 60 мг/кг почвы фосфорные удобрения не оказывают положительного действия. При оценке обеспеченности подвижным калием можно руководствоваться шкалой: очень низкая — меньше 100 мг  $K_2O$  на 1 кг почвы, низкая — 100—200, средняя — 200—300, повышенная — 300—400 и высокая — более 400 мг на 1 кг почвы.

На темных сероземах применяют богарное земледелие с возделыванием зерновых и кормовых культур, а также плодовых и виноградников; типичные сероземы частично (особенно по высоким предгорьям) используют под богарное земледелие (полуобеспеченная богара).

В условиях расчлененного рельефа сероземы подвержены водной эрозии, развитие которой усиливается от светлых к темным сероземам. Поэтому важное значение приобретает мероприятия по предотвращению эрозии и борьбе с ней как при орошении (ирригационная эрозия), так и богарном земледелии.

В зоне развита ветровая эрозия, чему способствуют климатические условия, слабовыраженная макроструктура сероземных почв, их легкий (пылеватый) гранулометрический состав и распространение среди них песчаных массивов. Основными мероприятиями по борьбе с ветровой эрозией в орошаемой зоне сероземов являются посев хлопчатника в дно борозды, кулисные посевы среди хлопковых полей, закрепление почвы опрыскиванием продуктами нефтеотходов, латексом, неразином, полимерами (Расулов, Мирзаянов).

Важное значение для рационального использования почвенных ресурсов зоны распространения сероземов и повышения плодородия почв имеют освоение трудномелиорируемых почв (гипсо-носно-солончаковых и супесчано-галечниковых сероземов и др.), использование минерализованных вод с разработкой мер по устранению их отрицательного воздействия на почву, борьба с опустыниванием луговых почв, улучшение физических и физико-химических свойств орошаемых почв в связи с ухудшением катионного состава солей в оросительных водах и уменьшением применения органических удобрений, освоение внутриоазисных массивов малоплодородных почв (солончаковых, заболоченных и др.).

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте характеристику условий почвообразования в зоне сероземов и расскажите об их генезисе. 2. Укажите основные показатели агрономической оценки сероземных почв. 3. Как используются сероземные почвы и каковы основные приемы сохранения и повышения их плодородия?

## **Глава 32**

### **СЕРО-КОРИЧНЕВЫЕ ПОЧВЫ СУХИХ СУБТРОПИЧЕСКИХ СТЕПЕЙ, КСЕРОФИТНЫХ ЛЕСОВ И КУСТАРНИКОВ**

#### **32.1. СЕРО-КОРИЧНЕВЫЕ ПОЧВЫ**

В зоне сухих субтропиков СНГ на подгорных равнинах, в предгорьях и низкогорьях Закавказья и Южного Дагестана распространены серо-коричневые почвы.

##### **32.1.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ**

Территория распространения серо-коричневых почв характеризуется засушливым климатом с высокой теплообеспеченностью ( $\Sigma t > 10^\circ\text{C}$  составляет 4000—4200  $^\circ\text{C}$ ) и явно недостаточным атмосферным увлажнением. Среднегодовое количество осадков составляет 250—500 мм. Максимум их приходится на прохладный осенне-зимне-весенний период; лето засушливое. Дефицит атмосферного увлажнения ( $KУ\ 0,2—0,5$ ) определяет непромывной водный режим и господство ксерофитной растительности — полынно-эфемерово-злаковых ассоциаций и колючих кустарников. Почвообразующие породы представлены элювиоделювием, пролювием и аллювием известняков, мергелей, глинистых сланцев и реже кристаллических пород. Они различаются по гранулометрическому, минералогическому и химическому составам; общей их особенностью является карбонатность.

Формирование почвенного профиля связано с проявлением двух основных процессов — гумусонакопления и внутрипочвенного оглинивания. Различия в абсолютных высотах отдельных территорий зоны определяют различия в атмосферном увлажнении, в составе естественной растительности и ее продуктивности. По мере повышения абсолютной высоты местности (от подгорных равнин к предгорьям и низкогорьям) увеличивается количество осадков, становится разнообразнее видовой состав растительности, возрастает ее продуктивность и, как следствие, улучшаются условия гумусообразования. Поэтому от равнин к предгорьям и низкогорьям возрастает мощность гумусового профиля серо-коричневых почв и повышается содержание гумуса. В этом же направлении возрастает и интенсивность процессов внутрипочвенного выветривания (оглинивание профиля).

В условиях климата зоны наблюдается активная минерализация растительных остатков и образующихся гумусовых веществ. Отмеченные особенности процессов гумусообразования и гумусонакопления обуславливают относительно невысокое содержание гумуса в серо-коричневых почвах и дифференциацию этого показателя. Содержание гумуса и мощность гумусового профиля возрастают от серо-коричневых почв равнин (светлые серо-коричневые почвы) к почвам предгорий (серо-коричневые обыкновенные) и далее к почвам низкогорий (серо-коричневые темные).

Процесс почвообразования протекает на фоне смены периодов нисходящего (прохладный) и восходящего (сухой летний) движений растворов, в составе которых преобладают бикарбонаты кальция и магния. Это в условиях засушливого климата и карбонатности пород определяет карбонатность всего профиля серо-коричневых почв. При развитии серо-коричневых почв на засоленных породах формирование их профиля связано также с проявлением солонцового и солончакового процессов, что обычно наблюдается среди серо-коричневых светлых почв.

### 32.1.3. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Профиль серо-коричневых почв, развитых на рыхлых отложениях, разделяется на следующие генетические горизонты:

$$A_k - B_{1tk} - B_{2tk} - BC_k - C_k,$$

где  $A_k$  — гумусовый карбонатный (20—25 см), коричневато-серый, комковатый;  $B_{1tk}$  — гумусовый переходный, карбонатный, оглиненный, более светлый (20—40 см);  $B_{2tk}$  — оглиненный, серовато-коричневый, ореховато-глыбистый, обогащен карбонатами в виде мицелия и пятен;  $BC_k$  — переходный к породе, карбонаты в виде конкреций и пятен;  $C_k$  — карбонатная порода, нередко содержит гипс и легкорастворимые соли.

В соответствии с отмеченными особенностями проявления основных процессов почвообразования (гумусонакопления и оглинивания) тип серо-коричневых почв подразделяют на три подтипа: серо-коричневые темные, серо-коричневые обыкновенные, серо-коричневые светлые. В подтипах выделяют следующие роды: обычные, солонцеватые, солончаковатые, гипсоносные, галечниковые. Разделение на виды проводят по степени солонцеватости (слабо-, средне-, сильносолонцеватые) и глубине залегания легкорастворимых солей (см. Классификацию почв по засолению).

#### 32.1.4. СОСТАВ И СВОЙСТВА

*Серо-коричневые темные почвы*, развиваясь в условиях лучшего увлажнения (400—500 мм осадков, КУ 0,4—0,5), характеризуются повышенной гумусностью (4—5 % на целине и 3—3,5 % на пашне) и более мощным гумусовым профилем (50—70 см), ЕКО 30—35 мг-экв., насыщены основаниями. Средняя часть профиля обогашена илом за счет внутрипочвенного оглинивания. Как правило, в этом подтипе солонцеватые и солончаковатые виды не встречаются.

*Серо-коричневые светлые почвы*, формируясь в наиболее засушливых условиях (220—300 мм осадков, КУ 0,2—0,3), отличаются наименьшей гумусированностью (2,0—2,5 % на целине и 1,5—2,0 % на пашне), наиболее укороченным гумусовым профилем (30—40 см), ЕКО 22—25 мг-экв.; оглиненность профиля и обособление иллювиального карбонатного горизонта выражены не столь четко, как у подтипа темных серо-коричневых почв. Среди этого подтипа чаще всего встречаются солонцеватые и солончаковатые почвы.

Подтип *серо-коричневых обыкновенных почв* формируется в условиях среднего для зоны увлажнения (300—400 мм осадков, КУ 0,3—0,4) и характеризуется переходными признаками и свойствами между темными и светлыми серо-коричневыми почвами.

Все серо-коричневые почвы имеют слабощелочную реакцию в верхней части профиля и щелочную в нижних горизонтах.

#### 32.2. ЛУГОВО-СЕРО-КОРИЧНЕВЫЕ ПОЧВЫ

Встречаются как внутризональный тип полугидроморфных почв среди серо-коричневых, развиваясь в условиях повышенного увлажнения за счет поверхностных или грунтовых вод, чаще всего на подгорных равнинах и речных террасах. Профиль подразделяется на те же горизонты, что и у серо-коричневых почв, но горизонты имеют признаки проявления процессов оглеения в виде сизых и ржавых пятен ( $A_{k(g)} - B_{1kt(g)} - B_{2kt(g)} - BC_{kg} - C_{kg}$ ); характеризуются повышенной мощностью гумусового профиля и не-

сколькo более высокой гумусированностью (от 2—4 до 6—7%); физико-химические свойства близки к типу серо-коричневых почв.

В зависимости от характера и степени увлажнения подразделяются на три подтипа: *поверхностно-луговато-серо-коричневые* формируются при дополнительном поверхностном увлажнении; признаки оглеения присутствуют в верхней части профиля; *луговато-серо-коричневые* образуются в условиях дополнительного поверхностного и частично грунтового увлажнений; сизые и охристые пятна выделяются и в нижних горизонтах (ВС<sub>г</sub> и С<sub>г</sub>); *лугово-серо-коричневые* формируются на участках с близким залеганием грунтовых вод (2—3 м), имеют более интенсивное оглеение профиля и более темную окраску гумусового горизонта. Подразделяются на роды: обычные, солонцеватые и солончаковатые. Деление на виды проводят по содержанию гумуса (темные > 5% на целине и 3—5% на пашне, светлые — соответственно 3—5 и < 3%), степени солонцеватости и глубине залегания солей.

### 32.3. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ И ЛУГОВО-СЕРО-КОРИЧНЕВЫХ ПОЧВ

Продолжительность вегетационного периода, хорошая теплообеспеченность, а также уровень потенциального плодородия серо-коричневых почв позволяют широко использовать их под теплолюбивые ценные культуры: хлопчатник, виноград, инжир, гранат и другие субтропические культуры. Недостаточное атмосферное увлажнение в летний период определяет преимущественное возделывание наиболее ценных и требовательных к влаге культур при орошении. В этих условиях наибольшей эффективности в использовании почв достигают при применении удобрений, особенно азотных и фосфорных. Наибольшие прибавки получают при совместном внесении органических и минеральных удобрений.

Солонцеватые и особенно солончаковатые почвы при использовании в условиях орошения требуют осуществления мероприятий по предотвращению возможного возникновения вторичного засоления. Темные и обыкновенные серо-коричневые почвы как лучше увлажняемые подходят для выращивания зерновых и бахчевых культур в условиях богары. Серо-коричневые, особенно светлые солонцеватые и солончаковатые, почвы широко используют под пастбища. Лугово-серо-коричневые почвы наиболее широко используют под интенсивные орошаемые культуры и в богарном земледелии.

По теплообеспеченности в зоне возможно получение двух урожаев зерновых и овощных культур.

1. Охарактеризуйте условия почвообразования и генезис серо-коричневых почв.
2. Как классифицируют серо-коричневые почвы? Каковы их строение, состав и свойства?
3. Чем отличаются лугово-серо-коричневые почвы от серо-коричневых?
4. Назовите особенности сельскохозяйственного использования серо-коричневых и лугово-серо-коричневых почв.

## Глава 33

### КРАСНОЗЕМЫ И ЖЕЛТОЗЕМЫ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИЧЕСКИХ ЛЕСОВ

Красноземы, желтоземы и субтропические подзолистые почвы (подзолисто-желтоземные) занимают 0,6 млн га зоны влажных субтропических лесов и распространены в Закавказье, по побережью Черного моря, в Грузии и в Азербайджане (район г. Ленкорань). Значительная площадь зоны субтропиков занята болотными почвами.

#### 33.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

**К л и м а т.** Климат этой зоны влажный и теплый. Температура выше 0 °С в течение всего года; среднегодовая температура воздуха 13—16 °С, июля 21—23 °С, января 5—7 °С. Сумма температур за период с температурой выше 10 °С 3000—4000 °С. По количеству осадков это самая влажная зона в СНГ: в среднем здесь выпадает 1500—2500 мм в год, а иногда до 4000 мм; тип водного режима промывной. Осадки часто носят ливневый характер, вызывая сильную водную эрозию и оползни. Высокая относительная влажность и температура воздуха создают благоприятные условия для быстрого выветривания минералов и горных пород.

**Р е л ь е ф.** Он сильно расчлененный. Красноземы и желтоземы занимают в основном районы холмистых предгорий и низких гор с абсолютными отметками высот до 600 м, а подзолисто-желтоземные почвы — выровненные или слабоволнистые древние аккумулятивные террасы.

**П о ч в о о б р а з у ю щ и е п о р о д ы.** Наибольшее распространение получили продукты выветривания эффузивных горных пород (андезитов, базальтов, вулканических туфов), а также глинистых и песчано-глинистых сланцев. На более пониженных территориях преобладают делювиально-пролювиальные отложения. В условиях субтропического климата образуется мощная кора выветривания, для которой характерно пониженное содержание кремния, щелочных и щелочно-земельных оснований и повышенное — алюминия и железа.

Природная растительность. Она представлена субтропическими лесами, в которых преобладают граб, бук, каштан, дуб, в подлеске — рододендрон, лавровишня. Деревья переплетены лианами — плющом, ломоносом и диким виноградом. Эти растения здесь зеленеют почти круглый год. Растительные сообщества накапливают значительную биомассу (до 400 т/га); образуется большой ежегодный опад (более 20 т/га); при его разложении в почвы поступает до 700 кг/га зольных элементов и азота.

## 33.2. КРАСНОЗЕМЫ

### 33.2.1. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ И ГЕНЕЗИС

В профиле красноземов сверху выделяется подстилка ( $A_0$ ) или дернина ( $A_d$ ), под ней гумусовый горизонт А серовато-темно-коричневой окраски, который сменяется горизонтом  $B_1$  серовато-красного или оранжево-красного цвета, а ниже — горизонтом  $B_2$  буровато-красным с черными и бледно-желтыми пятнами. Генетические горизонты переходят в материнскую породу (С), неоднородно окрашенную, с преобладанием красного цвета. Гранулометрический состав профиля тяжелосуглинистый и глинистый, горизонты уплотненные и плотные.

Красноземы образовались под преобладающим влиянием дернового и подзолистого процессов на аллитной коре выветривания в условиях кислой реакции, глубокого промывания почвы с активным выносом кальция, магния и кремниевой кислоты. Полутораксиды железа и алюминия выносятся очень слабо, в основном закрепляются в почве. Аллитизация минеральной части почвы в настоящее время продолжается.

Морфологически признаки оподзоленности в красноземах проявляются не всегда отчетливо, так как кислые продукты нейтрализуются большим количеством оснований, образующихся при разложении массы растительных остатков. Степень оподзоленности почв на избыточно увлажненных пониженных элементах рельефа выражена более отчетливо.

### 33.2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ

Выделяют два подтипа: красноземы типичные (неоподзоленные) и красноземы оподзоленные. Кроме того, различают красноземы глеевые и глееватые. Родовые подразделения: развитые на элювии изверженных пород, на элювии галечников, на зербристых глинах и на переотложенном делювиальными потоками красноземном материале. Видовые подразделения: по гумусности горизонта А — малогумусные (менее 6%), среднегумусные (6—9%), высокогумусные (более 9%); по степени оподзоленности — слабо-

и среднеоподзоленные; по мощности горизонта А — слаборазвитые (до 10 см), маломощные (10—20 см) и обычные (более 20 см). Слаборазвитые красноземы в большинстве случаев одновременно являются сильносмытыми, маломощные — среднесмытыми, а обычные — слабосмытыми или практически не смытыми. На пахотных землях мощность гумусового слоя зависит от степени окультуренности почв.

### 33.2.3. СОСТАВ И СВОЙСТВА

В составе минералов твердой фазы почв наблюдается пониженное содержание полевых шпатов и других первичных минералов, что указывает на активно идущие процессы химического выветривания. Среди глинных минералов преобладают каолинит и галлуазит. В валовом составе почв  $\text{SiO}_2$  содержится около 35 %, полтораоксидов — около 59,  $\text{CaO}$  — 0,5 и менее,  $\text{MgO}$  — 1—1,4 %. В составе гумуса фульвокислоты преобладают над гуминовыми. Обменная кислотность почв высокая ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,2—4,5). Сумма обменных оснований в горизонте А около 20 мг-экв., вниз по профилю снижается; в составе поглощенных катионов преобладают водород (60—75 % ЕКО) и алюминий, катиона магния около 20 %, а кальция около 10 % ЕКО. Несмотря на такие физико-химические свойства красноземов, их физические свойства благоприятные. Они имеют хорошо выраженную водопрочную структуру, высокую водопроницаемость, большую влагоемкость и пористость. Водопрочная структура красноземов во многом обусловливается полтораоксидами, склеивающими механические элементы в агрегаты.

## 33.3. ЖЕЛТОЗЕМЫ

### 33.3.1. СТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ, ГЕНЕЗИС И КЛАССИФИКАЦИЯ

Общая мощность профиля желтоземов составляет 30—70 см; он имеет отчетливую дифференциацию на горизонты и более выраженные признаки оподзоленности, чем у красноземов. По гранулометрическому составу почвы глинистые и суглинистые. Сверху выделяется лесная подстилка  $A_0$ , под которой находится гумусовый горизонт  $A_1$  серовато-палевой окраски, ниже — горизонт  $A_2$  буровато-палевый с желтым оттенком, еще ниже — иллювиальный горизонт В светло-желтый с железисто-марганцовыми пятнами, который переходит в материнскую породу желтовато-оранжевую, неоднородно окрашенную, с Fe—Mn-конкрециями.

При формировании желтоземов в почвах развивались процессы, аналогичные процессам образования красноземов, но гумусово-аккумулятивные процессы протекали слабее, оподзоливание —

активнее. Вынос щелочных и щелочно-земельных оснований был ослаблен; накопление полутораоксидов носило менее выраженный характер. Все это отразилось на формировании свойств желтоземов. Выделяют четыре подтипа желтоземных почв: *желтоземы, подзолисто-желтоземные, желтоземно-глеевые и подзолисто-желтоземно-глеевые.*

### 33.3.2. СОСТАВ И СВОЙСТВА

Валовой состав желтоземов отличается от красноземов повышенным содержанием  $\text{SiO}_2$  (55—65 %) и меньшим — полутораоксидов (25—30 %); в связи с этим окраска у желтоземов не такая яркая, как у красноземов.

Желтоземы содержат 4—5 % гумуса, в отдельных случаях — до 10 %, валового азота — 0,2—0,4 %; с глубиной количество гумуса и азота резко снижается. В составе катионов преобладает кальций (60—80 % ЕКО); катионов водорода в почвенном поглощающем комплексе несравненно меньше, чем у красноземов, поэтому в почвах преобладает слабокислая реакция ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5—6). Физические свойства у желтоземов хуже, чем у красноземов.

### 33.4. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРАСНОЗЕМОВ И ЖЕЛТОЗЕМОВ

Природные условия зоны влажных субтропиков являются чрезвычайно благоприятными для выращивания ценных сельскохозяйственных культур (цитрусовые, виноград, инжир, чайный куст, табак, эфиромасличные культуры и др.). Для культуры чая лучшими являются кислые почвы, а для цитрусовых — слабокислые и нейтральные. Широко распространены южные сорта плодовых культур, отличающиеся высокими вкусовыми качествами. В зоне субтропиков активно занимаются овощеводством. Но для получения высоких урожаев прежде всего необходимо проводить мероприятия, препятствующие развитию водной эрозии, которая при горном рельефе — настоящей бедствие. Эффективными приемами в борьбе с водной эрозией являются террасирование склонов, шпалерная посадка чайных растений, посадка лесных полос, создание полос-буферов из многолетних трав, устройство различных сооружений для регулирования поверхностного стока дождевых вод. Высокоэффективны приемы по внесению органических и минеральных удобрений, так как в почвах наибольший запас доступных для растений элементов питания. Наибольшие прибавки урожая получают от азотных и фосфорных удобрений.

1. Охарактеризуйте условия почвообразования зоны субтропиков. 2. Какое строение профиля имеют красноземы? Чем от них отличается профиль желтоземов?
3. Под влиянием каких процессов шло формирование красноземов и желтоземов?
4. Расскажите о составе и свойствах красноземов. Чем отличаются от них желтоземы?
5. Какие имеются возможности сельскохозяйственного использования красноземов и желтоземов? Назовите пути сохранения и повышения их плодородия.

## Глава 34

### ПОЧВЫ ПОЙМ

В каждой почвенно-климатической зоне своеобразными природными ландшафтами являются территории речных долин. Здесь распространены аллювиальные (пойменные) почвы, выделяющиеся своим природным плодородием и являющиеся ценнейшими сельскохозяйственными угодьями.

*Пойма* — часть речной долины, периодически заливаемая полыми водами рек.

Наиболее значительные площади аллювиальных почв расположены в поймах крупных рек — Оки, Волги, Москвы-реки, Дона, Днепра, Камы, Иртыша, Оби, Енисея, Лены, Амура и др.

#### 34.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Поемные и аллювиальные процессы. Особенностью почвообразования на территории пойм, определяющего многие черты генезиса, состава и свойств аллювиальных почв, является развитие поемных и аллювиальных процессов.

*Поемные процессы* — периодическое затопление территории поймы полыми водами. Разливы рек имеют сезонный характер и связаны с весенним снеготаянием, весенне-летним таянием ледников, выпадением ливневых муссонных дождей. Полые воды могут затоплять пойму от нескольких часов до нескольких недель (1,5—2 мес). Это своеобразное природное орошение пойменной территории. Оно оказывает большое разностороннее влияние на почвообразование: создает иной, чем на внепойменных почвах, водный режим, влияет на уровень и состав грунтовых вод, смягчает почвенный климат, способствует активизации микробиологических процессов. Все это сказывается на составе и продуктивности природной растительности, солевом, биохимическом и ОВ-режимах почв и почвенно-грунтовых вод.

Длительность поемных процессов оказывает большое влияние на особенности сельскохозяйственного использования почв. По продолжительности стояния полых вод в пойме различают следующие виды поемности (по Шрагу). *Короткая поемность* — срок

стояния полых вод до 7 дней; возможно возделывание большинства культур, характерных для данной зоны. *Средняя поемность* — от 7 до 15 дней; исключаются озимые; благоприятна для естественных и сеяных трав и большинства плодовых культур. *Продолжительная поемность* — 15—30 дней; исключает возделывание полевых сельскохозяйственных культур; благоприятна не для всех трав. *Очень продолжительная поемность* — больше 30 дней; способствует заболачиванию и развитию болотной растительности.

*Аллювиальные процессы* — это привнос в пойму с полыми водами взмученного материала и оседание его на поверхности почвы в виде аллювиальных отложений (аллювия).

Состав и свойства. Аллювиальные отложения являются минеральной основой, из которой создаются пойменные почвы. Поэтому состав, свойства аллювия, его мощность, частота отложения имеют решающее значение для генезиса почв. На характер аллювиального процесса оказывает влияние прежде всего положение отдельных частей поймы по отношению к руслу реки.

Территория поймы в зависимости от удаленности от русла делится на три части (по В. Р. Вильямсу): прирусловую, центральную и притеррасную (рис. 19). Они различаются по составу аллювиальных отложений, рельефу, глубине грунтовых вод и, как следствие, по растительности и почвенному покрову.

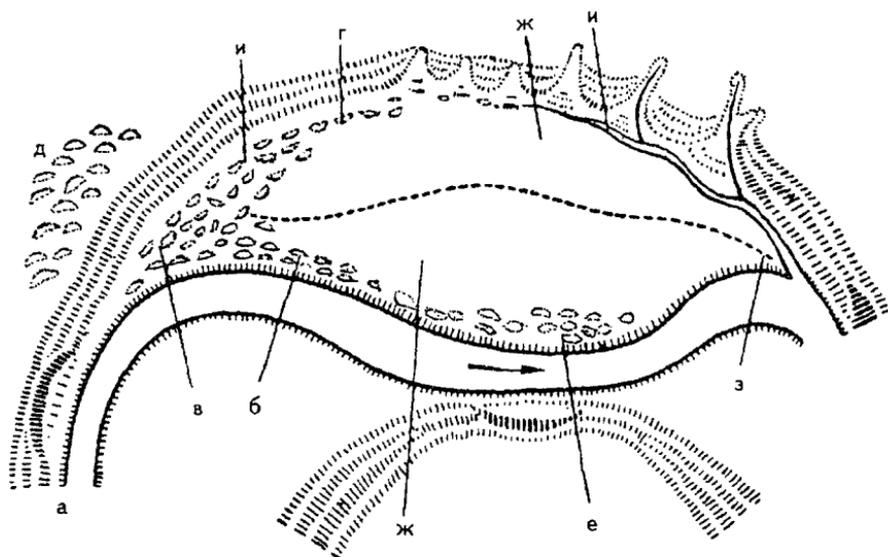


Рис. 19. Схема строения поймы (по В. Р. Вильямсу):

а — бечевник; б — прирусловые дюны; в — область наибольшего скопления песков; г — притеррасные дюны; д — притеррасные вздутые пески; е — прирусловая пойма; ж — центральная пойма; з — водосток (талъвет) центральной поймы; и — притеррасная речка

Гранулометрический состав аллювия зависит от скорости движения полых вод по пойме: чем больше скорость, тем устойчивее в потоке мелкие (илувато-пылеватые) частицы, тем крупнее размер оседающих частиц. Поскольку скорость полых вод падает по мере удаления от русла в глубь пойменной территории, то постепенно изменяется состав аллювия: в прирусловой части отлагается преимущественно песчано-супесчаный аллювий, а в центральной и притеррасной частях — суглинисто-глинистые наносы. Поэтому по мере удаления от русла изменяется и гранулометрический состав аллювиальных почв: в нем уменьшается доля песчаных частиц и возрастает содержание пылеватых и илистых. Последние всегда содержат больше органического вещества и элементов питания растений. Следовательно, в центральной и притеррасной поймах почвообразовательный процесс развивается на более богатых по химическому составу отложениях и разнообразных по минералогическому, чем в прирусловой части.

Состав аллювиальных отложений в значительной степени зависит от состава почв и пород водосборного бассейна реки: при господстве песчаных почв и пород в пойму привносится мало пылеватых и илистых частиц; при тяжелом гранулометрическом составе почв и пород водосборной территории их поступает в пойму значительно больше.

На состав аллювия оказывают влияние также степень распаханности территории, проявление эрозионных процессов на внепойменных почвах водосборного бассейна.

На территории самой поймы состав и мощность аллювия дифференцируются в зависимости от ее рельефа. Повышенные участки поймы («гривы») сложены более легким аллювием, а понижения («лога») — более тяжелым.

Климат, рельеф и растительность. Пойменной территории свойственны общие черты атмосферного климата той зоны, в пределах которой расположена пойма.

На фоне относительно равнинного рельефа пойм отдельные ее части имеют свои особенности мезо- и микрорельефа. Прирусловая пойма обычно характеризуется более повышенным волнисто-гривистым рельефом с резко выраженными песчаными валами вблизи русла. По мере перехода к центральной пойме рельеф становится более спокойным. Характерными элементами равнинного рельефа центральной поймы являются приподнятые участки — «гривы» и понижения — «лога», вытянутые в виде спокойных ложин или представленные замкнутыми западинами. Ландшафтам центральной поймы свойственны вытянутые вдоль русла озера («старицы»).

Притеррасная пойма представляет собой несколько пониженную, часто заболоченную территорию по отношению к центральной пойме.

Растительность пойм разнообразна. Господствуют разнотрав-

но-злаковые группировки. Наиболее богатый и ценный травостой в центральной пойме. В прирусловой части луга более бедные по составу и менее продуктивные.

В притеррасной части и заболоченных логах центральной поймы господствуют группировки болотной растительности (щучка, осоки, канареечник и др.). Отдельные участки поймы (в притеррасье, по гривам, вдоль стариц) заняты древесно-кустарниковой растительностью, состав которой определяется климатическими особенностями зоны. В зависимости от местных условий (общий характер рельефа внепойменной территории, размер рек, их долин и пойм) отдельные части пойм могут быть слабо выражены или отсутствовать. Так, в долинах горных рек с быстрым течением поймы обычно представлены прирусловой частью; в долинах небольших рек часто развита прирусловая или притеррасная пойма.

Рассмотренная схема деления пойменной территории на три части — прирусловую, центральную и притеррасную — наиболее типична для средних и крупных рек с хорошо развитыми поймами.

### 34.2. ПОЧВЕННЫЙ ПОКРОВ ПОЙМ

Господствующей растительностью в поймах являются луговые травы, что определяет развитие здесь дернового процесса как основного природного процесса почвообразования. Степень его выраженности зависит от состава отлагающегося аллювия: чем плодороднее наилок, тем пышнее луговая растительность, тем интенсивнее выражены главные черты дернового процесса — формирование гумусово-аккумулятивного структурного горизонта.

На проявление дернового процесса оказывают влияние также особенности водного режима в разных частях поймы, связанные с глубиной и составом грунтовых вод. Большое значение в генезисе пойменных почв имеют гидротермические условия зонального климата, а также проявление на фоне дернового процесса других процессов почвообразования (оглеения, засоления, солонцового и др.).

В связи с отмеченными особенностями почвообразования развитые в поймах почвы объединяют в следующие три группы аллювиальных типов почв: дерновые, луговые и болотные (по Г. В. Добровольскому).

*Аллювиальные дерновые почвы* формируются на возвышенных элементах рельефа пойм, при глубоком залегании грунтовых вод и преимущественно на песчано-супесчаном (реже легкосуглинистом) аллювии, часто слоистом. Они расположены главным образом в прирусловой части поймы; встречаются также по гривам центральной поймы.

Под малопродуктивной травянистой растительностью, развитой на бедном аллювии, формируются аллювиальные дерновые

почвы с небольшой мощностью гумусового профиля, низким содержанием гумуса (1—3 %) и азота (0,1—0,2 %). Они имеют пониженную емкость поглощения (< 10—15 мг-экв.) (табл. 55). В зависимости от зональных условий почвообразования они могут быть кислыми, нейтральными или щелочными. Это наименее плодородные почвы пойм.

### 55. Содержание гумуса и физико-химические свойства аллювиальных почв

Пойма	Глубина взятия образца, см	Гумус, %	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	S, мг-экв. на 100 г почвы	Гранулометри- ческий состав
<i>Аллювиальные дерновые почвы</i>					
Реки Москвы (Московская обл.)	2—15	2,60	6,2	29,4	Супесь
	45—60	0,38	6,8	24,0	»
	75—90	0,20	6,9	23,6	»
	125—150	0,32	6,6	9,8	Легкий суглинок
Среднего Дона (Воронежская обл.)	0—20	1,53	8,0	10,9	Супесь
	40—50	0,03	8,3	Не опр.	Песок
	80—90	0,04	8,0	То же	»
Волго-Ахтубинская (Астраханская обл.)	0—10	0,49	8,0	8,7	Супесь
	10—20	0,34	8,2	11,0	»
	50—60	0,32	8,3	16,0	»
<i>Аллювиальные луговые почвы</i>					
Реки Москвы (Московская обл.)	0—10	6,20	5,8	28,9	Тяжелый суглинок
	20—30	3,49	4,8	24,4	То же
	50—60	Не опр.	5,1	18,6	Глина легкая
	70—80	2,05	4,9	17,2	Тяжелый суглинок
Реки Воронеж, Польный (Тамбовская обл.)	110—120	Не опр.	4,9	11,9	Глина легкая
	0—10	6,77	6,8	54,0	То же
	40—50	3,89	7,1	48,7	»
Волго-Ахтубинская (Астраханская обл.)	90—100	3,65	6,8	52,3	Глина средняя
	5—15	3,14	8,0	43,5	Тяжелый суглинок
	30—40	1,46	8,1	37,1	То же
	60—70	0,61	8,2	28,8	Средний суглинок
	90—100	0,91	8,2	32,7	Глина средняя

*Аллювиальные луговые почвы* развиваются в центральной пойме на более благоприятных по составу и свойствам аллювиальных наносах и дополнительно к атмосферному увлажнению за счет подтока капиллярной каймы грунтовых вод.

Такие условия обеспечения элементами питания и влагой благоприятствуют хорошему развитию разнотравно-злаковой растительности и интенсивному проявлению дернового процесса. Формируются почвы с хорошо выраженным гумусовым профилем и отчетливой комковато-зернистой структурой. Под влиянием постоянного подпитывания грунтовыми водами нижняя часть про-

филя имеет признаки оглеения и аккумуляции различных соединений, поступающих с грунтовыми водами (оксидов железа, карбонатов и др.). Состав аккумулирующихся веществ зависит от зональных особенностей состава грунтовых вод.

Луговые почвы пойм имеют следующее строение:  $A_d$  — дернина,  $A$  — хорошо выраженный гумусовый горизонт серой или темно-серой окраски;  $B_1$  — переходный гумусовый горизонт, часто со следами оглеения в виде ржаво-сизых пятен ( $B_{1g}$ );  $B_{2g}$  ( $BC_g$ ) — горизонт отчетливого оглеения, постепенно переходящий в оглеенную суглинистую или глинистую породу ( $C_g$ ).

Аллювиальные луговые почвы высокоплодородны, характеризуются суглинистым или глинистым гранулометрическим составом, хорошей гумусностью (3—12 % и более), высокой емкостью поглощения (см. табл. 55). Их реакция колеблется от кислой до щелочной. Мощность гумусового слоя в среднем составляет 35—70 см с колебаниями от 20 до 100 см и более.

*Аллювиальные болотные почвы* формируются в условиях длительного избыточного увлажнения в притеррасной части поймы и по понижениям центральной (а иногда и прирусловой) части поймы, где застаиваются паводковые воды и держится высокий уровень грунтовых вод. Для почв этой группы характерны накопление органического вещества в виде хорошо разложившегося торфа или иловато-перегнойной массы, развитие интенсивного оглеения и гидrogenной аккумуляции веществ. Среди аллювиальных болотных почв выделяют лугово-болотные, иловато-перегнойно-глеевые и иловато-торфяные почвы.

*Лугово-болотные почвы* имеют ярко выраженное оглеение по всему профилю при следующем его строении:  $A_g$  — оглеенная верхняя часть гумусового слоя;  $B_{1g}$  — переходный гумусовый оглеенный горизонт, сменяющийся ниже лежащими негумусированными глеевыми горизонтами ( $B_{2g}$ ,  $B_{3g}$ ) и оглеенной породой. Это переходные почвы от аллювиальных луговых к аллювиальным болотным, иловато-торфяным или иловато-поверхностно-глеевым.

*Иловато-перегнойно-глеевые почвы* характеризуются сильной степенью оглеения и постоянным переувлажнением. Оглеенный сизовато-серый иловатый профиль отчетливо не расчленяется на горизонты. Эти почвы не образуют крупных контуров; обычно вытянуты узкими полосами вдоль притеррасной поймы или по днищам старых речных русел.

*Иловато-торфяные почвы* образуются в основном в притеррасной пойме преимущественно в таежно-лесной и лесостепной зонах. Имеют хорошо выраженный слой торфа (Т), сменяющийся глеевым минеральным горизонтом (Г). Это торфяные почвы низинного типа, торфяной слой которых обычно обогащен илом (заилен), принесенным паводковыми водами. Профиль торфяных почв пойм часто обогащен оксидами железа (оруденелые роды), вивианитом, известью, в южных зонах — легкорастворимыми со-

лями (солончаковые роды) за счет гидрогенной аккумуляции. Торф притеррасных болотных почв богат азотом, фосфором, кальцием, магнием.

Почвенный покров пойм характеризуется разновозрастностью и динамичностью. В пойме можно встретить почвы от самых начальных стадий развития почвообразования на свежих аллювиальных наносах (слоистые примитивные) до зрелых аллювиальных почв (дерновых, луговых, болотных) и почв на повышенных участках поймы, вышедших из режима поемности и аллювиальных процессов и развивающихся по типу зонального почвообразования.

На изменение условий почвообразования и формирование профиля пойменных почв оказывает влияние и возникающее иногда смещение русла реки. В связи с этим отдельные участки центральной поймы станут испытывать режим прирусловой поймы и наоборот. Поэтому в поймах наблюдаются случаи погребения профиля луговой почвы профилем дерновой слоистой, профиля болотной — профилем луговой почвы и т. д.

### 34.3. ЗОНАЛЬНОСТЬ

Хотя аллювиальные и поемные процессы оказывают огромное влияние на почвообразование в поймах рек, состав и свойства аллювиальных почв, почвенный покров пойм все же отражает зональные условия почвообразования, присущие внепойменным территориям, окружающим речную долину. И чем меньше река и ее пойма, тем резче выражена зональность пойменных почв.

Проявление зональности связано с особенностями атмосферного климата (температурным режимом, увлажнением), составом и продуктивностью растительности, особенностями состава грунтовых вод. Так, в поймах тундровой зоны низкие температуры и короткий вегетационный период определяют невысокий темп биологического круговорота веществ, широкое участие мхов в растительном покрове, образование маломощных оглеенных, часто оторфованных аллювиально-тундрово-дерновых почв.

Почвы пойм таежно-лесной зоны сохраняют признаки дерновых почв; часто им свойственно оглеение; среди аллювиальных почв этой зоны широко распространены болотные почвы. На повышенных элементах рельефа, редко подвергающихся затоплению, формируются почвы с признаками оподзоленности.

В поймах лесостепи и степной зоны создаются весьма благоприятные условия для образования хорошо гумусированных почв, которые в строении профиля несут черты черноземных почв (большая мощность гумусового слоя, высокое содержание гумуса, хорошая оструктуренность).

На участках пойм этой зоны с редким проявлением поемности развивающиеся почвы приобретают признаки и свойства, близкие к почвам окружающих внепойменных территорий (выщелоченным черноземам, серым лесным). Здесь возможно появление пойменных почв с признаками засоления и осолонцевания. В полупустынной и пустынной зонах развиты карбонатные и засоленные аллювиальные почвы.

В зависимости от геологического строения территории, гидрологического режима рек на отдельных ее отрезках и других факторов формируются следующие типы пойм: сегментные, обвалованные, островные, плавневые и дельтовые. По особенностям состава, реакции и других свойств группу аллювиальных дерновых и луговых почв делят на шесть типов; группу аллювиальных болотных почв подразделяют на три типа.

#### Классификация аллювиальных почв

<i>Типы почв</i>	<i>Преобладающая зона распространения</i>
Аллювиальные дерновые кислые	Таежно-лесная, лесостепная
Аллювиальные дерновые насыщенные	Степная, лесостепная
Аллювиально-дерново-опустынивающие карбонатные	Полупустынная, пустынная
Аллювиальные луговые кислые	Таежно-лесная, лесостепная
Аллювиальные луговые насыщенные	Степная, лесостепная
Аллювиальные луговые карбонатные	Полупустынная, пустынная
Аллювиальные лугово-болотные	Во всех зонах
Аллювиальные болотные иловато-перегнойно-глеевые	То же
Аллювиальные болотные иловато-торфяные	

Разделение типов аллювиальных дерновых и луговых почв на подтипы проводят на основе учета степени развития почвенного профиля и характера аллювиальных отложений (слоистые примитивные, слоистые, дерновые кислые, луговые насыщенные, луговые темноцветные, луговые кислые, луговые карбонатные). Основными родами являются: обычные, ожелезненные, карбонатные, солонцеватые, заиленные, слитые и галечниковые. Деление на виды проводят по мощности гумусового слоя, содержанию гумуса и степени выраженности отдельных процессов (оподзоливания, солонцеватости, засоления и т. д.).

Типы почв болотной группы подразделяют на подтипы по выраженности процессов торфонакопления (иловато-торфяно-глеевые и иловато-торфяные, аллювиально-лугово-болотные, аллювиально-лугово-болотные оторфованные) и заиления (болотно-илловато-глеевые и болотные перегнойно-глеевые). Основные

роды — обычные, карбонатные, солонцеватые, засоленные, оруденелые. Деление на виды проводят по мощности органогенного и гумусового горизонтов.

#### **34.4. АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ**

Аллювиальные почвы занимают особое место в земельном фонде всех стран. Отличаясь высоким потенциальным плодородием, близким расположением к источникам воды, они представляют весьма благоприятный объект для сельскохозяйственного использования. Особое значение почвы пойм имеют в зонах, где почвенный покров внепойменных территорий представлен малопродуктивными и трудноосваиваемыми зональными и сопутствующими им почвами (таежно-лесная зона, полупустыни и пустыни).

Однако на фоне общей высокой оценки сельскохозяйственного значения пойменных почв их агрономические качества неравноценны.

Агрономическая оценка почв пойм должна быть дифференцирована прежде всего в зависимости от их принадлежности к одной из трех групп типов аллювиальных почв: аллювиальным дерновым, луговым или болотным.

Лучшими во всех зонах являются аллювиальные луговые почвы. Их положительные качества: хорошо развитый гумусовый профиль, среднее или высокое содержание гумуса, значительное валовое содержание элементов питания растений, хорошая оструктуренность гумусового слоя, что определяет и благоприятные их физические свойства. Для аллювиальных луговых почв характерна высокая активность микроорганизмов и почвенной фауны. Постоянное подпитывание корнеобитаемой зоны их профиля капиллярной каймой грунтовых вод определяет устойчивое снабжение растений влагой.

Периодическое воздействие поемных и аллювиальных процессов поддерживает высокие качества луговых почв центральной поймы, а интенсивное развитие дернового процесса под воздействием пышной травянистой растительности закрепляет их высокое плодородие.

В пределах типов аллювиальных луговых почв их агрономические качества варьируют в зависимости от гранулометрического состава, мощности гумусового слоя, содержания гумуса, интенсивности процессов оглеения и гидрогенной аккумуляции веществ, реакции и содержания подвижных оксидов железа и алюминия.

Агрономическая оценка кислых почв снижается, так как при этом ухудшаются азотный и фосфорный режимы (понижаются интенсивность нитрификации и подвижность фосфатов в связи с их закреплением оксидами железа).

В полуаридных и аридных зонах качество луговых почв пойм заметно снижается при проявлении процессов заиления, слитообразования и осолонцевания. Агрономическая оценка почвенного покрова центральной поймы при повышенной его сложности и контрастности ухудшается из-за частой смены контуров аллювиальных луговых почв контурами болотных почв.

Качества луговых почв ухудшаются при их сильной выпашанности в условиях пропашной системы земледелия. Эти ухудшения связаны с обесструктурированием, потерей гумуса и возникновением неблагоприятных физических свойств.

Аллювиальные дерновые почвы значительно уступают луговым почвам по уровню плодородия. Среди них преобладают песчано-супесчаные разновидности, бедные элементами питания, с небольшой мощностью гумусового слоя при низком содержании в нем гумуса. В вегетационный период они увлажняются только атмосферными осадками, так как капиллярная кайма грунтовых вод лежит за пределами почвенного профиля. Наиболее низкое плодородие в этой группе имеют дерновые слоистые примитивные почвы. Лучшую характеристику имеют аллювиальные дерновые легкосуглинистые почвы: у них четко выражен гумусовый профиль, они быстро освобождаются от паводковых вод, быстрее и глубже прогреваются, расположены вблизи русла реки, что облегчает их орошение. Эти качества дерновых легкосуглинистых почв позволяют использовать их для выращивания теплолюбивых и ранних овощных культур.

Группа аллювиальных болотных почв характеризуется богатым органическим веществом, большими запасами элементов питания. Однако постоянное переувлажнение определяет их невысокую продуктивность в естественном состоянии — это заболоченные луга с низким качеством травостоя или заболоченные малоценные лесные угодья.

Аллювиальные почвы используются в сельском хозяйстве как естественные сенокосно-пастбищные угодья или вовлекаются в пашню под высокотребовательные и ценные культуры. Наиболее продуктивны луга центральной поймы. Урожай сена здесь достигают 5,0—7,0 т/га и более. Луга на дерновых слоистых почвах менее продуктивны.

Для повышения производительности пойменных лугов как важнейшей кормовой базы животноводства используют приемы текущего и коренного их улучшения. Текущий уход включает: удаление кочек, кустарника и крупностебельной сорной растительности (конский щавель, чемерица и др.), а также различного мусора, приносимого половодьем; подкормку азотно-фосфорными удобрениями; известкование кислых почв и применение орошения; посев семян трав.

Коренное улучшение предусматривает распашку заболоченных и «выродившихся» лугов с последующим посевом травосмесей

многолетних трав, применением удобрений и известкованием кислых почв. Наибольший экономический эффект дает коренное улучшение лугов. Высокое плодородие почв пойм, а также хорошие возможности для организации орошения создают благоприятные условия для возделывания здесь высокотребовательных и экономически выгодных культур — овощных, сахарной и кормовой свеклы, конопли, плодово-ягодных и др.

Лучшими для освоения под пашню являются аллювиальные луговые почвы. При распашке возрастают микробиологическая активность, подвижность элементов питания.

Вместе с тем при использовании почв пойм под пашню, особенно при пропашной системе земледелия, возникает ряд негативных явлений, приводящих к ухудшению почв. При выращивании овощных и технических культур существенно изменяются баланс биологического круговорота элементов питания, масштабы поступления в почву растительных остатков в связи с отчуждением большей части органической массы с урожаем (табл. 56).

**56. Распределение органической массы, вынос и накопление некоторых элементов питания на пойменных почвах под различной растительностью (Добровольский, 1968)**

Почва	Угодье	Органическая масса, т/га		Элементы питания, кг/га			
		надземная часть	корни	N	P	K	Ca
Дерново-луговая; пойма реки Москвы	Луг тимopheечно-овсяничный	5,0	16,0	$\frac{90}{229}$	$\frac{14,0}{53}$	$\frac{103}{129}$	$\frac{13}{81}$
	Тимофеевка сеяная	5,0	11,5	$\frac{65}{180}$	$\frac{10}{39}$	$\frac{80}{116}$	$\frac{11}{58}$
Перегноино-торфянисто-глеевая; пойма реки Москвы	Луг шучковский	6,0	26,0	$\frac{140}{326}$	$\frac{2,4}{4,0}$	$\frac{50,5}{68}$	$\frac{45}{347}$
	Луг мятликовый	3,8	16,8	Нет данных			
	Капуста	18,5	1,2	$\frac{546}{49}$	$\frac{75}{7}$	$\frac{433}{39}$	$\frac{312}{28}$

**Примечание.** В числителе — отчуждается с урожаем, в знаменателе — остается в почве (корни + отава).

Как видно из данных таблицы 56, под овощными культурами (капуста) безвозвратно отчуждается большое количество органического вещества и содержащихся в нем элементов питания. Создается острodefицитный баланс элементов, резко отличный от баланса под луговыми травами. Его восполнение осуществляют за счет внесения удобрений. Замена травянистой растительности пропашными культурами, постоянная интенсивная обработка почвы приводят к заметным потерям гумуса, разрушению структуры

и ухудшению физических свойств (повышается плотность пахотного слоя, снижается пористость, после дождей и поливов быстро образуется корка). Ухудшение физических свойств значительно усугубляется в результате уплотняющего воздействия передвигающейся по почве техники, особенно при повышенной влажности почвы.

Малогумусные песчаные и супесчаные дерновые слоистые почвы прирусловой поймы, как правило, не подлежат распашке из-за низкого их плодородия и опасности интенсивного размыва полыми водами. Если такие почвы все же распахивают из-за отсутствия других участков, более пригодных под овощные культуры, то должны быть проведены мероприятия против смыва почв полыми водами (обвалование, создание защитных древесно-кустарниковых насаждений). Основными мероприятиями по сохранению и повышению плодородия пойменных минеральных почв при их распашке являются: введение в севооборот однолетних и многолетних трав, внесение органических и минеральных удобрений, известкование кислых почв, минимализация обработки и соблюдение оптимальных сроков проведения полевых работ, а также организация орошения.

Освоение заболоченных и болотных почв пойм связано с коренной мелиорацией. После осушения они становятся ценными сельскохозяйственными угодьями для выращивания овощных, кормовых и других культур. При возделывании овощных культур на осушенных участках притеррасной поймы необходимо учитывать возможность проявления поздневесенних и раннеосенних заморозков и подбирать холодоустойчивые культуры (капуста, морковь, свекла) с более коротким вегетационным периодом.

Особенности круговорота веществ при выращивании овощных, технических и других культур и их повышенные требования к условиям питательного режима определяют интенсивное применение удобрений на пахотных пойменных почвах, чему способствует и высокая их экономическая эффективность. Рациональное применение удобрений предусматривает учет генетических особенностей почв различных частей поймы. Так, аллювиальные луговые почвы, как более гумусированные, лучше обеспечивают растения азотом за счет его почвенных соединений. На кислых почвах более остро ощущается недостаток доступного растениям фосфора в связи с активным его закреплением оксидами железа. На почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией фосфор в основном представлен более доступными фосфатами кальция. Луговые почвы пойм характеризуются благоприятным калийным режимом. Поэтому главное внимание при применении удобрений на аллювиальных луговых почвах следует обращать на необходимость регулирования питательного режима и круговорота органического вещества на основе баланса элементов питания и органического

вещества, складывающегося под той или иной культурой или в отдельных звеньях севооборота.

Дерновые почвы бедны гумусом и азотом; песчано-супесчаный гранулометрический состав определяет их бедность калием. Поэтому дерновые почвы требуют повышенного внимания к регулированию азотно-калийного питания растений и балансу органического вещества. Слабая фиксирующая способность легких почв и малая их буферность определяют необходимость дробного внесения азотно-калийных удобрений.

Для активизации микробиологических процессов и мобилизации элементов питания, законсервированных в органическом веществе торфа, целесообразно в первые годы освоения осушенных болотных почв поймы вносить в небольших дозах биологически активные органические удобрения. Хорошие результаты на таких почвах дает применение калийных и медных удобрений.

Выбор пойменных участков для земледелия связан с учетом продолжительности поемных процессов. Для их регулирования проводят обвалование участков, предназначенных под сельскохозяйственные культуры.

Создание водохранилищ крайне отрицательно влияет на пойменные земли. На участках поймы ниже водохранилищ происходит резкое ослабление поемности и аллювиальных процессов, опускается уровень грунтовых вод, становится напряженнее водный режим, заливные луга превращаются в суходольные, снижается их продуктивность. В южных зонах развиваются процессы осолонцевания и засоления почв.

На участках выше плотин затопливаются ценные пойменные земли, подтапливаются и заболачиваются прилегающие к водохранилищу территории. Поэтому при проектировании водохранилищ должны быть учтены возможные негативные последствия для весьма ценного пойменного фонда земель.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Укажите особенности условий почвообразования в поймах и раскройте главные географические закономерности почвенных процессов на пойменных территориях. 2. Дайте агрономическую характеристику основным типам аллювиальных почв. 3. Как используют пойменные почвы в сельском хозяйстве и в чем особенности повышения их плодородия и охраны?

## Глава 35

### ПОЧВЫ ГОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ

Почвы горных областей занимают обширные территории России. Они находятся в Восточной Сибири, на Кавказе, Алтае, Дальнем Востоке.

Формирование почв в горных районах связано с проявлением

вертикальной зональности. Закон вертикальной зональности был установлен В. В. Докучаевым. Под *вертикальной зональностью* следует понимать смену почв в зависимости от высоты местности, что связано с изменением климата и растительности.

Подобно тому как на равнине в широтном направлении происходит смена почвенных зон, в горных районах с изменением высоты местности почвенные зоны располагаются в виде поясов.

Вертикальные почвенные зоны не являются простым повторением широтных почвенных зон. Они сильно укорочены, сжаты, а отдельные из них нередко выпадают. Это явление получило название *интерференции* зон. Всем горным почвам присуща укороченность профиля и его генетических горизонтов. Отличительным признаком горных почв является их скелетность — каменистость или щебнистость.

Иногда с высотой местности последовательная смена почв нарушается. Явление обратного, или «неправильного», залегания почв получило название *инверсии* почвенных зон. Случается, одна почвенная зона внедряется в другую, что обусловлено или экспозицией склона, или проникинанием почвенных зон по долинам горных рек. Такое смещение одной зоны в другую называется *миграцией* почвенных зон.

### 35.1. УСЛОВИЯ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

Условия почвообразования в горных областях отличаются большим многообразием.

Высотная поясность характеризуется прежде всего закономерной сменой климата.

С увеличением высоты происходит уменьшение средней температуры воздуха в среднем на  $0,5^{\circ}\text{C}$  на каждые 100 м. С увеличением высоты возрастают количество выпадающих атмосферных осадков, суммарная солнечная радиация, повышается относительная влажность воздуха.

В горном климате отмечаются более резкие контрасты в суточном и сезонном циклах, чем у соответствующих почв равнин.

Рельеф горных районов сложный. Он связан с геологической историей горных систем и особенностями слагающих их пород. Общими чертами горного рельефа являются чрезвычайно сильная его расчлененность и разнообразие форм. Господствующими видами поверхности в горах являются склоны различной формы, крутизны и экспозиции.

Рельеф обуславливает сильное развитие процессов склоновой денудации, формирование интенсивного бокового внутрипочвенного и подпочвенного геохимических оттоков. Процессы денудации постоянно удаляют верхние слои продуктов выветривания и почвообразования, определяют малую мощность почвенного про-

филя. Таким образом, горные почвы, с одной стороны, постоянно обогащаются продуктами выветривания и почвообразования, с другой — постоянно обедняются ими в результате интенсивного геохимического оттока (Богатырев, Васильевская, Владыченский и др., 1988).

Почвообразующими породами служат разнообразные продукты выветривания в основном элювиального, реже аккумулятивного типа. Широко распространены продукты выветривания меловых, третичных (известняки, песчаники, сланцы) осадочных отложений, а также пород магматического происхождения.

В соответствии с высотной поясностью в горных системах происходит распределение растительности. Наиболее общей закономерностью является смена с высотой лесных поясов на пояса травянистых, чаще луговых, растительных сообществ, субальпийских, альпийских лугов и еще выше — изреженной растительностью субнивального пояса, выше которого расположен нивальный пояс — пояс господства скал, осыпей, ледников и снежников.

Протяженность по высоте лесных поясов уменьшается по мере увеличения сухости и континентальности климата.

Многообразии природных условий почвообразования приводит к формированию различных горных почв. Характер высотной поясности, число вертикальных почвенных структур определяются положением горной страны в системе широтной зональности.

В почвенном покрове горных стран встречаются как почвы, характерные только для гор, отсутствующие на равнинах, так и почвы, имеющие аналоги на равнинных территориях.

К первым относятся *горно-луговые, горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные*. Все остальные горные почвы относятся в основном к типам, соответствующим равнинным аналогам.

## 35.2. ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ ГОРНЫХ ПОЧВ

*Горно-тундровые почвы* являются самым верхним звеном в системе высотной поясности почвенного покрова. Господство низких температур, короткий безморозный и вегетационный периоды, долго сохраняющийся снежный покров обуславливают плохо развивающийся бедный растительный покров с преобладанием в нем мхов и лишайников с редко встречающимися мелкими кустарниками.

Климатические условия и характер растительности способствуют низкой биологической активности, накоплению слабо разложившегося органического вещества. Под влиянием таких условий профиль кислая, насыщенность основаниями слабая (около 13 % в слое 0—10 см). Гумус грубый, с преобладанием фульвокислот.

*Горно-луговые почвы* занимают вершины и верхние части склонов хребтов и гор всех экспозиций, формируются на выщелоченных продуктах выветривания плотных пород. Профиль почв отличается слабой дифференцированностью и имеет следующее строение:  $A_d-A-AC-C$ , где  $A_d$  — прочно скрепленная корнями травянистой растительности дернина мощностью до 10 см. Под дерниной располагается гумусовый горизонт А мощностью 10—20 см, темно-бурого цвета, часто с каменистыми включениями. Переходный горизонт АС мощностью 15—25 см, он светлее; это гумусовый горизонт с буроватым оттенком; количество каменистых включений больше, чем в горизонте А. Горизонт С — почвообразующая порода — элювий или делювий коренных пород. На 80 % он сложен из каменистых отдельностей различного размера. Мощность горизонта С колеблется от 20 до 30 см и глубже переходит в коренную породу.

Горно-луговые почвы формируются под влиянием дернового процесса почвообразования, интенсивность проявления которого определяется характером растительности и почвообразующей породы. На карбонатных породах дерновый процесс выражен сильнее, почвы формируются более мощные и гумусированные. Содержание гумуса в пределах 8—20 %. Гумус «грубый», в нем преобладают фульвокислоты. Почвы имеют кислую реакцию, которая обусловлена в основном алюминием. ЕКО невысокая, почва слабо насыщена основаниями.

*Горные лугово-степные почвы* в отличие от горно-луговых развиваются в более засушливом лугово-степном поясе гор. Они формируются на менее выщелоченных почвообразующих породах в условиях периодически промывного водного режима.

Из большого многообразия горно-лугово-степных почв наибольшего внимания заслуживают горно-лугово-степные черноземовидные почвы. Эти почвы развиваются под субальпийской остепненной растительностью преимущественно на продуктах выветривания карбонатных пород. Для них характерно формирование более мощной дернины и более развитого гумусового горизонта с порошистой структурой.

Содержание гумуса достигает 20 %, состав его гуматно-фульватный, емкость поглощения 40—50 мг-экв. на 100 г почвы. Горно-лугово-степные почвы, так же как и горно-луговые, подразделяются по мощности гумусовых горизонтов, степени оторфованности, выщелоченности и скелетности.

### 35.3. ПОЧВЫ ОТДЕЛЬНЫХ ГОРНЫХ ОБЛАСТЕЙ

**Кавказские горы.** Наиболее полно вертикальные пояса представлены на северном склоне Кавказа. Здесь по мере подъема к вершинам гор представлены вертикальные почвенные

пояса — аналоги почти всех зон, встречающихся в равнинной части России.

Со стороны Каспийского моря от подножий до вершины происходит следующая смена почвенных поясов: пустынно-степной пояс с сероземами, горно-степной пояс с горными каштановыми и черноземами, горно-лесной пояс с серыми, бурыми лесными и горно-лесными подзолистыми почвами, пояс субальпийских (на высоте 1800—2800 м) и пояс альпийских лугов (на высоте 2800—3500 м) с горно-луговыми почвами, пояс вечных снегов и ледников (выше 3500 м).

В причерноморском поясе вертикальная зональность начинается с красноземов и желтоземно-подзолистых почв, развивающихся под субтропической растительностью. С высотой местности красноземы сменяются бурыми лесными почвами.

Уральские горы. В связи с небольшой высотой Уральских гор вертикальная поясность выражена не всегда четко. Северная часть Урала расположена в тундровой зоне с преобладанием горно-тундровых почв. На склонах гор под лесной растительностью развиваются горные глеево-подзолистые почвы. Значительная часть безлесной области занята горно-луговыми почвами альпийских лугов.

Под хвойными лесами Среднего Урала формируются горные подзолистые и своеобразные неоподзоленные лесные кислые почвы. В южной части Урала вертикальная поясность приобретает более четкий характер. Самые высокие точки (1000—1200 м) здесь покрыты альпийскими и субальпийскими лугами с горно-торфянистыми и горно-луговыми почвами. В лесостепном поясе под широколиственными лесами распространены горные серые лесные почвы, а также горные оподзоленные и выщелоченные черноземы, отличающиеся высокой гумусированностью.

Горные области Сибири и Дальнего Востока. На этой обширной территории выделяют несколько горных областей. В северо-восточной части Сибири наиболее крупными горными областями являются хребты Верхоянский, Колымский, Черский, Анадырский. Это невысокие горы — 2000—2500 м. В основном они покрыты лесами с преобладанием лиственницы и сибирской ели. Под их покровом формируются горно-мерзлотно-таежные и горные подзолистые почвы. Выше формируются горно-тундровые торфянистые и горно-торфянисто-глеевые почвы.

Более полная вертикальная поясность выражена в горных областях Алтая и Саян.

Горный Алтай выделяется как составная часть обширной Алтайско-Саянской горной почвенной провинции, лежащей в центральной лесостепной и степной областях суббореального пояса. По типу структуры вертикальной поясности в провинции Горного Алтая выделяют три подпровинции: Северная, Центральная, Юго-Восточная (табл. 57).

57. Структура вертикальной поясности почвенного покрова Горного Алтая по подпровинциям (Ковалев, 1967)

Северная подпровинция		Центральная подпровинция		Юго-Восточная подпровинция	
Почвы	Абсолютная высота, м	Почвы	Абсолютная высота, м	Почвы	Абсолютная высота, м
Черноземы оподзоленные и выщелоченные	До 600	Темно-каштановые, южные, карбонатные черноземы	900—1100	Каштановые и светло-каштановые	1300—2400
Серые лесные и горно-лесные глубокооподзоленные	До 800	Горно-степные каштановидные, реже черноземовидные (южные склоны)	1100—1300	Горные лугово-степные черноземовидные и каштановидные (южные склоны)	1400—2600
Горно-лесные бурые	800—1600	Горно-лесные черноземовидные выщелоченные и карбонатные	1000—1800	Горно-лесные длительно-мерзлотные глубокогумусные оподзоленные (фрагментами по северным склонам)	1300—2000
Горно-лесные торфяные, торфянистые, часто оподзоленные (северные склоны)	1600—1800	Горно-лесные бурые	1600—1800	Горно-луговые и горно-тундровые	1800—3500
Горно-тундровые торфянистые и дерновые, горно-луговые	1800—2000	Горно-лесные торфянистые, торфянисто-перегнойные (северные склоны)	1800—2000	Горно-тундровые и горно-луговые	2000—2500

Отдельные горные хребты Алтая достигают 4620 м над уровнем моря (гора Белуха).

В горной системе Саян выделяется главный Саянский хребет, отдельные вершины которого достигают 3490 м над уровнем моря (Мунку-Сардык). Подгорные степи с черноземами простираются до высоты 4000 м; в лесостепном поясе распространены черноземы выщелоченные. На высоте 600 м начинается лесной пояс.

Характерной провинциальной особенностью горных почв областей Восточной Сибири и Забайкалья является широкое распространение мерзлотно-таежных почв, отсутствующих в других горных районах страны.

Горы Сахалина и Камчатки. Горы острова Сахалина представлены несколькими хребтами относительно небольшой высоты (1500—1600 м). Почвы здесь формируются в условиях муссонного климата, для которого характерны холодная влажная зима и прохладное дождливое лето. У подножий гор распространены луговые и болотные почвы речных террас и морских побережий, которые на высоте 400—800 м сменяются лесными дерновыми кислыми и горно-лесными бурными почвами, развивающимися под хвойными лесами. На высоте 800—1000 м под кедровым стлаником формируются горно-торфянистые глеевые почвы, переходящие в горно-тундровые почвы, развивающиеся под низкорослой кустарниковой растительностью.

На Камчатке почвообразование так же, как на Сахалине, протекает в условиях муссонного климата.

На почвообразование большое влияние оказывает вулканическая деятельность. Вулканический пепел, обогащенный основаниями, нейтрализует кислые продукты, образующиеся при разложении растительного опада. Это приводит к развитию почв со слабыми признаками оподзоливания.

В современной классификации почвы, обогащенные вулканическим пеплом, выделяют в самостоятельный тип пеплово-вулканических почв. В горно-таежном поясе формируются горные подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые на высоте 1000—2000 м сменяются горно-тундровыми торфянистыми почвами.

Горные области Прибайкалья и Забайкалья. Эти области являются продолжением Восточных Саян. В целом горы невысокие (не выше 1500 м над уровнем моря). Наиболее высокие хребты Яблоневого, Нерчинского, Витимского и Патомского нагорья.

Самые низкие участки межгорных депрессий (600—800 м) заняты сухими степями с каштановыми почвами, выше (800—1200 м) — черноземами.

На высоте 1000—1200 м по северным склонам сопок формируются серые лесные почвы; несколько выше — горные мерзлотно-дерново-таежные, а на породах легкого гранулометрического состава — горные подзолистые почвы. Самый верхний «гольцовый»

пояс занят горно-тундровыми и горно-луговыми субальпийскими почвами (Кауричев, Панов, Розов и др.).

#### 35.4. ОСОБЕННОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Почвы горных областей используют главным образом как лугопастбищные и сенокосные угодья. Основная часть пастбищных угодий находится в горно-тундровой, горно-луговой и горно-степной зонах.

В земледелии наиболее интенсивно используют горные бурые лесные, горные черноземы и горные каштановые почвы. На них возделывают зерновые, овощи, картофель, чайный куст, виноград (Кавказ и др.), плодовые и ягодные культуры.

В межгорных и низкогорных котловинах (Горный Алтай) на черноземных и каштановых почвах возделывают зерновые, зернофуражные и кормовые культуры для нужд животноводства. В низкогорьях, кроме того, разводят технические культуры (хмель, картофель, свекла), получило развитие садоводство.

Использование почв горных областей ограничивается сильным развитием водной эрозии и особенно селевыми потоками. При освоении и использовании почв очень важны почвозащитные мероприятия: охрана лесов, регулирование стоков устройством противоселевых сооружений, применение специальной системы обработки почв, террасирование и облесение склонов, правильное использование пастбищных угодий.

Внесение органических и минеральных удобрений, известкование кислых почв, мероприятия по повышению плодородия горных почв также необходимы для рационального их использования.

##### *Контрольные вопросы и задания*

1. В чем сущность вертикальной зональности почв? 2. Назовите особенности почвообразования в горных районах. 3. Приведите примеры вертикальной поясности разных горных систем. 4. В чем особенности хозяйственного использования почв горных областей?

## Глава 36

### ЭРОЗИЯ ПОЧВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ

#### 36.1. ВИДЫ ЭРОЗИИ

Под *эрозией* (от латинского слова «erosio» — «разъедание») понимают многообразные процессы разрушения и сноса почв и рыхлых пород потоками воды и ветром. Разрушение почв и пород дождевыми, талыми и поливными водами называют водной эрозией, а ветром — ветровой эрозией или дефляцией.

Различают нормальную (естественную) и ускоренную водные эрозии. *Нормальная эрозия* — это медленный смыв механических частичек с поверхности почвы, покрытой естественной растительностью в минимальных размерах, который восстанавливается в результате природного почвообразовательного процесса. *Ускоренная эрозия* — значительный смыв верхних, наиболее плодородных почвенных слоев и глубокий размыв почв, материнских и коренных пород с образованием промоин и оврагов.

По интенсивности развития ускоренной эрозии ее подразделяют на плоскостную, или поверхностную, линейную, или овражную. При *плоскостной* водной эрозии под влиянием стекающих по склону талых и дождевых вод на поверхности пашни образуются мелкие струйчатые размывы, которые легко разравниваются обработкой. При этом мощность пахотного слоя уменьшается, и для ее восстановления последующими обработками припахивают нижележащие, менее плодородные слои почв. *Линейная* водная эрозия развивается под влиянием мощных концентрированных стоков воды. Сначала образуются глубокие размывы до 20—35 см, потом промоины глубиной до 1 м и более. При дальнейшем размыве образуется овраг. Склоны (стенки) оврага со временем осыпаются, становятся более пологими, зарастают травой, древесной и кустарниковой растительностью; овраги перестают расти и превращаются в балки. Глубина оврагов и балок регулируется базисом эрозии. *Базисом эрозии*, по С. С. Соболеву, называется горизонтальная поверхность, на уровне которой стекающие водные потоки, ручейки, реки теряют свою размывающую силу и ниже которой потоки не могут уже размывать породы. Для рек, впадающих в море, главным базисом эрозии служит отметка поверхности воды в море, а для оврагов и балок, впадающих в реки, местным базисом эрозии является отметка поверхности воды в реке. Дно балки может снова подвергнуться размыву при понижении базиса эрозии.

Для оценки интенсивности ускоренной водной эрозии разработаны градации (по Заславскому, 1983).

#### Для плоскостной эрозии

<i>Смыв почвы</i>	<i>Среднегодовой смыв почвы, т/га</i>
Незначительный	До 0,5
Слабый	0,5—1
Средний	1—5
Сильный	5—10
Очень сильный	> 10

#### Для линейной эрозии

<i>Интенсивность</i>	<i>Среднегодовой прирост оврагов, м</i>
Слабая	< 0,5
Средняя	0,5—1
Сильная	1—2
Очень сильная	2—5
Чрезвычайно сильная	> 5

Ветровая эрозия (дефляция) имеет различные названия: пыльные, земляные, черные, песчаные бури; выдувание и т. д. Как и в случае водной эрозии, различают нормальную и ускоренную ветровую эрозию. В отличие от водной эрозии, совершающейся в строго определенном направлении с учетом рельефа, ветровая эрозия охватывает сразу большие пространства, проявляется во всех сезонах года, в различных направлениях. Перенос продуктов разрушения происходит не только сверху вниз, но и снизу вверх. А поднявшиеся ветром вверх тончайшие почвенные частицы в виде «воздушной суспензии» долго удерживаются в воздухе и могут переноситься на огромные расстояния от очагов разрушения почвы (на 300—1500 км и более).

Интенсивность ветровой эрозии определяют по выносу и аккумуляции почвы (по Беннету, 1939).

#### Вынос почвы (степень эродированности почв)

Эрозия	Вынос пахотного слоя почвы, %
Видимой нет	0
Слабая	0—25
Средняя до среднесильной	25—75
Сильная	75—100
Очень сильная	Выдут весь пахотный и 25—75 % подпахотного слоя
Чрезвычайно сильная	Выдута более 75 % подпахотного слоя

#### Аккумуляция почвы (степень накопления эоловых наносов)

	Мощность наноса, см
Мелкая	0—15
Средняя равномерная	15—30
Средняя бугристая	15—30
Глубокая	30—90
Дюны малые	90—180
Дюны большие	180 и более

### 36.2. ВРЕД, ПРИЧИНЯЕМЫЙ ЭРОЗИЕЙ, И ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Вред сельскому хозяйству от эрозии огромен (рис. 20). По подсчетам С. С. Соболева (1961), ежегодные потери почвенной массы в бывш. СССР в результате смыва с полей талыми и дождевыми водами составляли 535 млн т. В смытой массе почв содержалось питательных для растений веществ: азота (N) — 1229 тыс. т, фосфора ( $P_2O_5$ ) — 593 тыс., калия ( $K_2O$ ) — 12 млн т, что в пересчете на минеральные удобрения составляет такое их количество, какое не производила вся туковая промышленность страны в 1960 г. Развитие плоскостной водной эрозии приводит к быстрой потере почвенного плодородия. За 15—20 лет степень смытости почв (см. табл. 58) может возрасти на одну градацию. Урожайность сельскохозяйственных культур на слабосмытых почвах снижается на 10—30 %, на среднесмытых — на 30—50, на слабосмытых — на 50—70 %.

Ветровая эрозия нередко приводит к полной гибели культурных

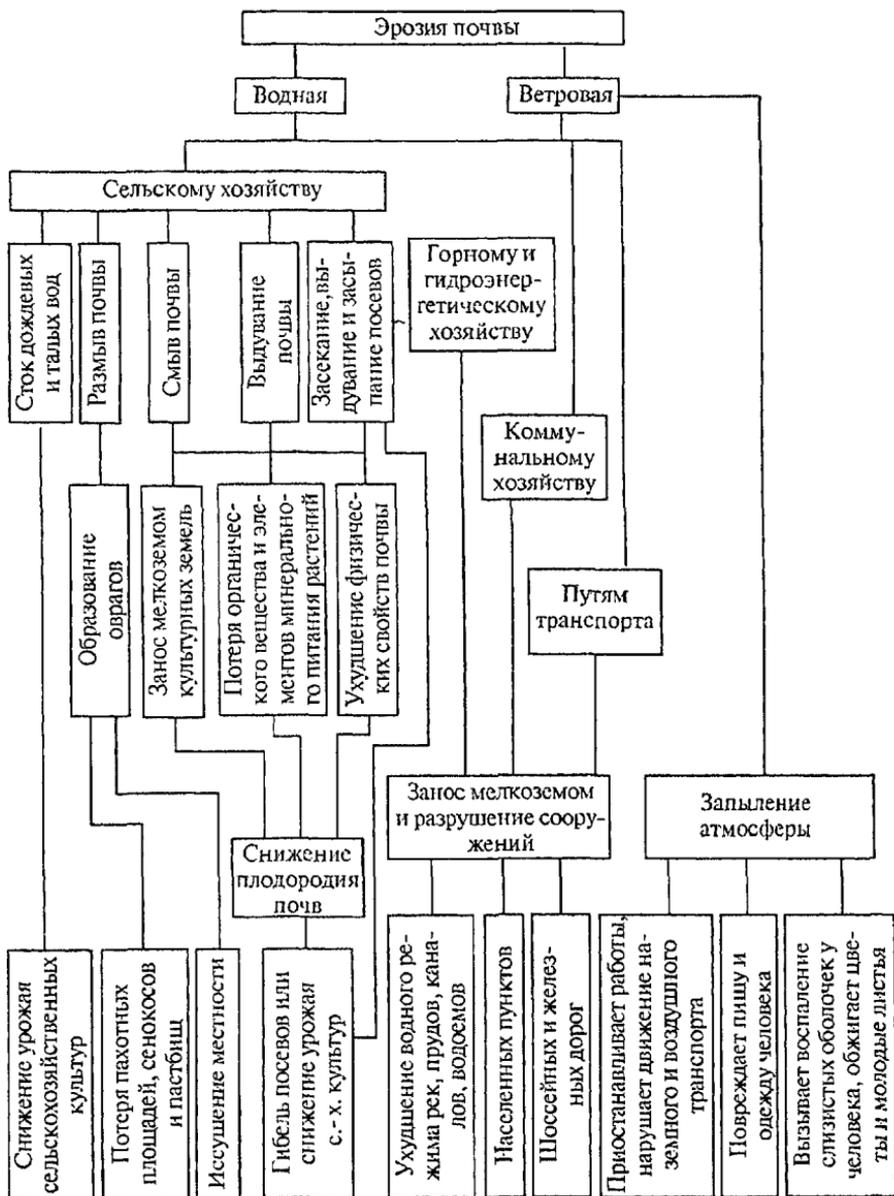


Рис. 20. Вред, причиняемый водной и ветровой эрозиями (Захаров, 1971)

растений на больших площадях в результате выдувания пахотного слоя, засекания и засыпания посевов.

Водная и ветровая эрозии проявляются во всех почвенных зонах. Однако наибольшее распространение водная эрозия получила в подзоне дерново-подзолистых почв, в зоне серых лесных почв, в Черноземной зоне и в зоне каштановых почв, а также в горных областях. В некоторых регионах Нечерноземной зоны водной эрозией охвачено более 75 % площади пахотных земель. Ветровая эрозия чаще развивается в южных, степных зонах, в засушливых областях, особенно в полупустынях и пустынях.

### 36.3. УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ЭРОЗИИ

Выделяют две группы факторов, влияющих на возникновение и интенсивность развития эрозионных процессов: естественно-исторические (климат, рельеф, геологические условия, растительный покров, свойства почв) и социально-экономические (хозяйственная деятельность человека).

**К л и м а т.** Наибольшее влияние на развитие водной эрозии оказывают количество и режим выпадающих осадков. Эрозия активнее проявляется при ливневых и затяжных дождях, интенсивном таянии снега, особенно в сочетании с медленным оттаиванием почвы.

На усиление ветровой эрозии наибольшее влияние оказывают низкое годовое количество осадков, неравномерное их распределение в течение года, высокие температуры воздуха, вызывающие иссушение поверхности почвы, повышенная приземная скорость и низкая относительная влажность движущихся воздушных масс ветра.

**Р е л ь е ф.** Интенсивность водной эрозии зависит от крутизны, длины, формы и экспозиции склонов. Обычно на склонах южной и западной экспозиции несмытые почвы встречаются там, где крутизна не превышает 1°, слабосмытые — на склонах крутизной 1—3°, среднесмытые — 3—5°, сильносмытые — более 5°. Исследованиями Почвенного института им. В. В. Докучаева установлено, что при уменьшении крутизны склона вдвое смыв почвы уменьшается почти в 3 раза.

На южных и западных склонах водная эрозия протекает активнее, чем на склонах других экспозиций при одинаковой их крутизне (Вараксина, 1963). Это объясняется различной скоростью снеготаяния и тем, что южные и западные склоны получают больше солнечного тепла, следовательно, сильнее пересыхают, а во время дождей почвы на сухих склонах медленнее впитывают воду; основное ее количество стекает в виде поверхностного стока, вызывая эрозию.

Наибольшее развитие водной эрозии наблюдается на выпуклых

участках склонов, наименьшее — на вогнутых; прямые склоны повторяют в ослабленной форме картину развития эрозии на выпуклых склонах (Соболев, 1960). Длина склона также влияет на величину водной эрозии. В среднем удвоение длины склона увеличивает общий смыв почвы в 3,03 раза за счет увеличения скорости стока и массы стекающей воды.

Интенсивность ветровой эрозии проявляется значительно на равнинных и слегка волнистых территориях, на почвах с более гладкой поверхностью (прикатанных на пашне гладкими катками, без растительного покрова).

Геологические условия, влияющие на развитие эрозии, в основном определяются степенью сопротивляемости почв и пород размывающему действию воды и развеиванию ветром. Лёссовидные, делювиально-аллювиальные суглинки и лёсы довольно легко размываются с образованием в промоинах и оврагах крутых стенок, но в основном при наличии достаточно глубоких местных базисов эрозии; при неглубоких базисах эрозии овраги, как правило, не образуются. В случае маломощности лёссовидных суглинков и лёссов (около 3—4 м) и подстилая их известняками овражная эрозия отсутствует в связи с образованием в породах «провалов» — «промоин» в виде воронок (карстовые воронки), в которые стекают талые и дождевые воды.

Песчаные породы с высокой водопроницаемостью практически не подвергаются водной эрозии, но весьма склонны к дефляции. Моренные суглинки более устойчивы к смыву и размыву, чем покровные. Эрозионно податливыми являются двучленные породы, сложенные сверху маломощными легкими породами, подстилаемыми плотными глинами, песчаниками или сланцами.

**Растительный покров.** Он выполняет исключительно важную почвозащитную роль, скрепляя поверхностный слой почвы корневыми системами; надземная масса растений замедляет скорость поверхностного стока воды, способствует лучше ее впитыванию. Там, где имеется растительный покров, больше накапливается снега; в результате почва меньше промерзает, весной быстрее оттаивает, становится водопроницаемой и меньше подвергается водной эрозии.

На задернованных или покрытых древесно-кустарниковой растительностью участках ветровая эрозия практически не проявляется.

**К свойствам почв, снижающим развитие водной эрозии, относятся:** оструктуренность и водопрочность структуры, повышенная мощность гумусового слоя, высокая катионная емкость поглощения и степень насыщенности почв катионами оснований, в первую очередь кальцием; достаточная водопроницаемость, невысокие плотность и пористость, постоянное наличие в верхнем слое

влаги, превышающей максимально-молекулярную влагоемкость, и т. д. Наиболее устойчивы к водной эрозии черноземы, а наименее — дерново-подзолистые почвы и сероземы.

Дефляции легче подвергаются песчаные и супесчаные, бесструктурные суглинистые и глинистые почвы при иссушении их верхнего слоя, разрыхленного вспашкой или находившегося под усиленным выпасом скота.

Хозяйственная деятельность человека. В настоящее время масштабы хозяйственной деятельности человека необычайно велики, поэтому развитие эрозионных процессов часто определяется не столько природными факторами, сколько факторами социально-экономическими.

Эрозия почв развивается активно, когда не проводят противоэрозионные мероприятия, даже не требующие больших материальных затрат, или в случаях неправильного использования человеком земельных угодий. К ним относятся: вспашка и посев сельскохозяйственных культур вдоль склонов; возделывание пропашных культур на эрозионно опасных территориях; распашка приовражных и прибалочных площадей, днищ и склонов балок; рубка леса, играющего почвозащитную роль; неумеренная пастьба скота, выбивающего тропы, по которым растут промоины, дающие начало оврагам; разбивка полей севооборотов без учета рельефа местности вдоль склонов, приводящая к образованию промоин по межевым бороздам. Неправильная разбивка дорог, плохой уход за ними приводят к тому, что неукрепленные кюветы превращаются в овраги.

Повышение культуры земледелия и организационно-хозяйственного уровня сельскохозяйственного производства обеспечивает практически полное прекращение эрозионных процессов.

#### **36.4. КЛАССИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ**

Диагностику эродированных почв в полевых условиях проводят по изменению морфологических признаков пахотного слоя и почвенного профиля, которые объективно отражают свойства эродированных почв и, следовательно, уровень их плодородия. Согласно классификации, разработанной Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, почвы, подверженные плоскостной водной эрозии, подразделяют на слабо-, средне- и сильноэродированные. С учетом этой классификации в таблице 58 показаны номенклатура и диагностика смытых пахотных дерново-подзолистых, серых лесных и дерново-карбонатных суглинистых и глинистых почв.

## 58. Классификация и диагностика смытых пахотных дерново-подзолистых, серых лесных и дерново-карбонатных почв

Степень смытости почв*	Дерново-средне- и сильноподзолистые почвы	Дерново-слабоподзолистые, серые лесные и дерново-карбонатные почвы
Слабая	Смыт частично или полностью гумусовый горизонт и припахивается подзолистый. Цвет пашни серовато-белесый; в пахотном слое хорошо заметны пористые глыбки подзолистого горизонта с характерной слоистостью	Смыто не более половины гумусового слоя. Окраска пашни более светлая по сравнению с несмытыми почвами
Средняя	Смыт гумусовый слой частично или полностью подзолистый и местами припахивается иллювиальный. Поверхность пашни по цвету пятнистая, на белесом фоне распаханного подзолистого горизонта буровато-коричневые пятна иллювиального	Смыт почти полностью гумусовый слой и местами припахивается иллювиальный или $A_2B$ горизонты, буровато-коричневые пятна которых хорошо заметны на поверхности пашни. В подпахотном слое гумуса содержатся десятые доли процента
Сильная	Смыты полностью гумусовый и подзолистый горизонты, частично иллювиальный, он же распахивается. Поверхность пашни буровато-коричневая	Смыт полностью гумусовый слой и частично иллювиальный, он же распахивается. Поверхность пашни буровато-коричневая

\* При развитии плоскостной водной эрозии к гумусированному горизонту постепенно припахиваются нижние слои. Поэтому при любой степени смытости пахотный слой представляет собой смесь горизонтов с преобладанием массы основного распаханного генетического горизонта.

### 36.4.1. ЧЕРНОЗЕМНЫЕ ПОЧВЫ

**А.** Черноземы мощные и среднемощные всех подтипов с установившейся глубиной вспашки не менее 22 см при первоначальной мощности гумусовых горизонтов ( $A + B_1$ ) > 50 см.

*Слабосмытые* — горизонт А смыт на 30 %; пахотный слой не отличается по цвету от несмытых почв; на поверхности почвы мелкие промоины.

*Среднесмытые* — горизонт А смыт более чем наполовину; пахотный слой имеет буроватый оттенок.

*Сильносмытые* — смыт полностью горизонт А и частично  $B_1$ ; пахотный слой имеет буроватый или бурый цвет, характеризуется глыбистостью и склонностью образовывать корку.

**Б.** Типичные, обыкновенные и южные черноземы с установившейся глубиной вспашки не менее 20 см при мощности гумусовых горизонтов до 50 см.

*Слабосмытые* — смыто до 30 % первоначальной мощности гумусовых горизонтов; в пахотный слой вовлекается небольшая верхняя часть горизонта  $B_1$ .

*Среднесмытые* — гумусовые горизонты смыты на 30—50 %; при вспашке значительная часть или весь горизонт  $B_1$  вовлекается в пахотный слой, последний подстилается переходным горизонтом  $B_2$ .

*Сильносмытые* — смыта большая часть гумусовых горизонтов, распаиваются горизонт  $B_1$  и часть горизонта  $B_2$ ; окраска пашни близка к цвету материнской породы.

#### 36.4.2. КАШТАНОВЫЕ ПОЧВЫ

*Слабосмытые* — смыто до 30 % первоначальной мощности гумусовых горизонтов  $A + B_1$ ; в пашню вовлекается верхняя часть горизонта  $B_1$ .

*Среднесмытые* — смыто 30—50 % мощности горизонтов  $A + B_1$ ; при вспашке значительная часть или весь горизонт  $B_1$  вовлекается в пахотный слой.

*Сильносмытые* — смыта большая часть гумусового слоя; распаивается горизонт  $B_2$ ; цвет пашни приближается к цвету материнской породы.

#### 36.4.3. СЕРОЗЕМЫ

По степени эродированности пахотных почв с установившейся глубиной их вспашки не менее 25 см и мощностью гумусовых горизонтов до 40 см.

*Слабосмытые* — смыто не более половины горизонта  $A$ .

*Среднесмытые* — смыт более чем наполовину или полностью гумусовый слой; распаивается горизонт  $B_2$ .

*Сильносмытые* — смыт частично или полностью горизонт  $B_k$ ; распаивается нижняя часть  $B_k$  или верхняя часть горизонта  $C$ .

При составлении почвенных карт на основании диагностики эродированных почв выделяют контуры разной степени смытости или проводят специальное картографирование эродированности земель. Эти материалы — основа для разработки комплекса мероприятий по борьбе с водной эрозией.

### 36.5. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Защита почв от эрозии включает систему следующих мероприятий: организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические. В их составе имеются профилактические мероприятия, а также непосредственно направленные на устранение эрозии там, где она получила развитие.

#### 36.5.1. ОРГАНИЗАЦИОННО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Предусматривают составление плана (проекта) противоэрозионных мероприятий и разработку мер, обеспечивающих его выполнение. План составляют с учетом категорий земель в зависимости от

рельефа, эродированности почв и необходимости в защите от эрозии.

А. Земли, интенсивно используемые в земледелии:

1-я категория — не подверженные эрозии; благоприятны для выращивания пропашных и овощных культур;

2-я категория — подвержены слабой эрозии;

3-я категория — подвержены средней эрозии.

Почвы этих категорий используют в полевых севооборотах с применением почвозащитной обработки почв.

4-я категория — подвержены сильной эрозии; используют в системе почвозащитных севооборотов (без возделывания пропашных культур).

Б. Земли, пригодные для ограниченной обработки:

5-я категория — подвержены очень сильной эрозии (сюда относится также пашня, заброшенная в результате эрозии); земли отводят под сенокосы, пастбища или специальные почвозащитные севообороты с преобладанием полей многолетних трав.

В. Земли, непригодные для обработки:

6-я и 7-я категории — склоны и дно задернованных балок, слабо расчлененных промоинами, непригодные для включения в почвозащитный севооборот, ограниченно пригодные под пастбища;

8-я категория — непригодные для земледелия, сенокосения и выпаса, но пригодные для лесоразведения. Это овраги всех типов, оползневые, сильноэродированные, щебеночные участки балок;

9-я категория — непригодные для земледелия, сенокосения, выпаса и лесоразведения («бросовые» земли с выходами коренных пород, галечники, скалы, каменные осыпи и т. д.). Используют для куртинного облесения на участках, где могут расти деревья и кустарники.

В условиях Нечерноземной зоны можно дополнительно выделить 10-ю категорию земель — лесные насаждения и естественные леса в оврагах, балках, речных долинах и на крутых склонах. На этих землях применяют лесохозяйственные меры для повышения продуктивности и противоэрозионной роли леса.

В группу организационно-хозяйственных мероприятий входят: внутрихозяйственное землеустройство с учетом предполагаемых мер по борьбе с эрозией почв; разработка структуры посевных площадей и схем почвозащитных севооборотов; правильное размещение границ полей для удобства проведения противоэрозионных агротехнических мероприятий; правильная организация развития населенных пунктов, дорожной сети, скотопогонов и т. д.

### 36.5.2. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Включают использование многолетних трав, занятых паров, комплекс приемов по защитной обработке почв (минимализация обработки, глубокое рыхление без оборота пласта, обработка поперек склонов, контурная обработка); полосное размещение сельскохозяйственных культур на эрозионно опасных землях; регули-

рование стока дождевых и талых вод (щелевание и кротование, прерывистое бороздование, лункование, полосное зачернение снега); накопление и сохранение влаги в почвах (ранневесеннее боронование, мульчирующая стерневая обработка, оструктуривание почв); способы посева и посадки сельскохозяйственных культур (расположение рядков поперек склона, перекрестный сев зерновых культур); применение органических и минеральных удобрений (при этом создается мощный растительный покров, защищающий почву от эрозии).

Важное значение имеют сжатые сроки посева яровых культур, быстрое появление всходов и развитие растений, которые обеспечивают защиту почв от эрозии.

В борьбе с дефляцией наиболее эффективны агроприемы, направленные на накопление и сохранение влаги в почве и обеспечение постоянной защиты ее поверхности растительным покровом от выдувания.

### **36.5.3. ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Они включают посадку леса, создание защитных лесных полос различного назначения:

ветрозащитных, создаваемых по границам полей севооборотов; полезащитных, закладываемых поперек склонов для задержания поверхностного стока делювиальных вод;

приовражных и прибалочных;

лесных насаждений по откосам и днищам балок и оврагов;

водозащитных лесных насаждений вокруг водоемов, озер, каналов;

лесных насаждений общего природоохранного назначения на землях, непригодных для земледелия.

### **36.5.4. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ**

Применяют для быстрого прекращения эрозии, когда другими приемами этого достичь не удастся: устройство быстотоков в вершинах оврагов, закрепление дна оврагов, террасирование склонов, поделка валов, канав и т. д.

В перечисленных четырех группах мероприятий по борьбе с эрозией приведены только основные приемы. С учетом зональных особенностей земледелия и природных условий проявления эрозии они должны быть уточнены и дополнены.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Какие виды эрозии вы знаете? Охарактеризуйте их. 2. Расскажите о вреде, причиняемом эрозией, и ее распространении. 3. Раскройте роль отдельных факторов в проявлении эрозии. 4. Укажите принципы диагностики и классификации эродированных почв. 5. Дайте характеристику основным мероприятиям по защите почв от эрозии.

## Раздел IV

# УЧЕТ, ОЦЕНКА, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ



В этой части учебника показано значение бонитировки почв, почвенных карт и картограмм для агрономической работы. Вы ознакомитесь с состоянием земельных ресурсов России, получите современное представление о многосторонней экологической роли почв.

### Глава 37

## ЗЕМЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ РОССИИ, ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

### 37.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ

Общая площадь России составляет 1 709 503,7 тыс. га. Все земли классифицируют на несколько категорий по их назначению.

<i>Категория</i>	<i>Назначение</i>
1	Сельскохозяйственное
2	Лесохозяйственное
3	Населенных пунктов
4	Промышленности, транспорта и др.
5	Природоохранное, оздоровительно-рекреационное и историко-культурное
6	Водохозяйственное
7	Запаса

По состоянию на 1990 г. структура земельного фонда по категориям земель приведена в таблице 59.

Более половины площади России относится к категории земель лесохозяйственного назначения, 37,4 % площади — сельскохозяйственного назначения. Земли запаса составляют 7,6 % площади страны.

На сельскохозяйственные угодья приходится 13 % площади, из них на долю пахотных — 129 579,8 тыс. га, или 7,58 %, на долю сенокосов — 23 122,9 тыс. га, или 1,35 %, на долю пастбищ — 64 491,7 тыс. га, или 3,77 %.

## 59. Структура земельного фонда России в 1990 г., %\*\*

Угодья	Всего	Категории земель по назначению						
		сельско-хозяйственное	запаса	лесохозяйственное	населенных пунктов	промышленности, транспорта и иного назначения	природоохранное, оздоровительно-рекреационное и историко-культурное	водохозяйственное
Общая площадь	100	37,4	7,6	52,4	0,5	0,9	1,0	0,2
Сельскохозяйственные угодья	13,0	12,5	0,1	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0
Леса и кустарники*	45,5	5,8	0,3	38,6	0,1	0,2	0,5	0,0
Болота	6,4	1,0	0,8	4,5	0,0	0,0	0,1	0,0
Земли под водой	4,1	1,0	1,8	0,9	0,0	0,1	0,1	0,2
Оленьи пастбища	18,9	14,0	0,8	4,1	0,0	0,0	0,0	—
Земли под дорогами и постройками	0,8	0,3	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0
Прочие земли	11,3	2,8	3,8	4,0	0,1	0,3	0,3	0,0

\*Без оленьих пастбищ, покрытых лесами и кустарниками (8 % общей площади).

\*\*По книге «Научные основы мониторинга земель Российской Федерации». — М.: АПЭК, 1992.

Леса и кустарники без оленьих пастбищ занимают площадь 778 536,5 тыс. га, что составляет 45,5 % площади России. Оленьи пастбища занимают 18,9 % общей площади страны, болота — 6,4, земли под водой — 4,1 %.

### 37.2. СОСТОЯНИЕ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Земельные ресурсы России разного назначения по плодородию, увлажнению, тепловым характеристикам ограничены и требуют дополнительных затрат при использовании.

Примерно 50 % площади пахотных угодий характеризуются недостаточностью тепловых ресурсов для возделывания таких культур, как сахарная свекла, кукуруза на зерно, подсолнечник, и других теплолюбивых культур. Около 10 % пашни находится на территориях, крайне слабо обеспеченных влагой, с вероятностью сухих и засушливых лет более 80 %.

Сочетание достаточной теплообеспеченности с удовлетворительным увлажнением отмечается менее чем для 10 % пашни.

Примерно 75 % пашни находится на почвах черноземных, серых лесных, темно-каштановых, лугово-черноземных, пойменных — потенциально плодородных. Однако фактически плодород-

дие этих почв часто невысокое из-за неблагоприятного сочетания условий увлажнения, теплообеспеченности, проявления негативных явлений, связанных с деятельностью человека.

Так, на большей части пахотных угодий России за последние 20 лет отмечалось снижение содержания гумуса в пахотном слое почв (за счет эрозии, дефляции, дегумификации).

Водной эрозии подвержено (по неполным данным) до 30 млн га пашни (23 %). Ежегодно эти площади возрастают на 400—500 тыс. га.

Десятки тысяч гектаров пашни ежегодно разрушаются оврагами. Общая площадь под оврагами достигла 2,5 млн га. В ряде районов южной части Нечерноземья России, областей Центрально-Черноземной зоны, Поволжья, Алтайского края площади эродированных земель на пашне достигают 50 % и более.

Около 10 % пашни России в значительной степени дефлировано.

Применение тяжелой сельскохозяйственной техники, низкая культура земледелия на большей части пахотных угодий вызывают переуплотнение почв, ухудшение структуры, водно-воздушного режима. На почвах сильноуплотненных снижение урожая достигает 50 %.

Из всей площади пахотных угодий 4,5 % приходится на орошаемые, на значительной части которых наблюдаются вторичное засоление, осолонцевание, уплотнение и др. По этим причинам ежегодно часть орошаемых пахотных земель списывают и переводят в другие земельные угодья.

Площади осушенных земель пахотных угодий составляют всего 2 % общей площади пашни.

Площади солонцовых комплексов занимают среди пахотных угодий 8—9 %; увеличиваются площади засоленных земель.

Значительное техногенное загрязнение наблюдается на площади 4 млн га пахотных земель. В Брянской, Челябинской и других областях отмечено на значительных площадях радиоактивное загрязнение.

Загрязнение и уплотнение почв отрицательно влияют на почвенную биоту. Численность многих полезных почвенных микроорганизмов, дождевых червей сократилось в несколько десятков раз. Их место заняли более стойкие микроскопические грибы, оказывающие токсичное действие на сельскохозяйственные растения.

Площади естественных кормовых угодий в России составляют около 88 млн га, из них 26 % сенокосов и 74 % пастбищ. Орошается около 0,5 % кормовых угодий; на осушенных землях расположено около 2,5 % этих угодий.

Примерно половина сенокосов находится в лесостепных и таежных регионах Сибири и Дальнего Востока. Почти 50 % пастбищ расположено в засушливых регионах юго-востока европейской части России и Юго-Западной и Восточной Сибири.

Плодородие почв кормовых угодий преимущественно низкое. 15 % их расположено на черноземах, неудобных по рельефу. Около 10 % сенокосов и около 20 % пастбищ находится на солонцовых комплексах, а более 11 % кормовых угодий расположено на засоленных землях. Каждый пятый гектар кормовых угодий подвержен эрозии и дефляции. К этому следует добавить, что около 36 % сенокосов и 30 % пастбищ расположено на кислых почвах, более 8 % почв кормовых угодий заболочено. Продуктивность естественных кормовых угодий крайне низкая, в среднем в 3—4 раза ниже продуктивности кормовых культур на пашне.

Лесопокрытые территории занимают 54 % площади России. В северных природных зонах лимитирующими факторами плодородия лесных почв являются недостаток тепла, заболоченность, вечная мерзлота, малая мощность почвенного профиля, кислотность, бедность питательными веществами.

В более южных зонах почвы под лесами плодороднее, но леса здесь занимают небольшие площади.

Вырубка леса с применением тяжелой техники приводит к серьезным нарушениям почвенного покрова. В горных условиях она способствует интенсивному развитию эрозии почв.

Значительный ущерб почвам наносят лесные пожары.

Оленьи пастбища составляют около 20 % территории тундровой зоны. Почвы здесь в основном мерзлотные, малоплодородные, чрезвычайно ранимые. Почвенный покров на значительных территориях разрушается за счет перегрузки пастбищ, проездов вездеходов и других многочисленных техногенных воздействий (геологоразведочных и строительных работ, добычи полезных ископаемых).

Приведенная характеристика земельных ресурсов России показывает, что главной задачей при их использовании является охрана почв от физического разрушения под влиянием эрозии и дефляции, от техногенного загрязнения и других антропогенных воздействий.

### **37.3. ПРИНЦИПЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ**

Использование земли представляет человеческую деятельность, предполагающую вовлечение в сферу производственного труда почвенного покрова в качестве природного ресурса и средства производства. Почвенный покров при этом может быть использован и как предмет, и как средство труда.

В человеческой деятельности имеет место многоцелевое использование почвенного покрова.

Почва, почвенный покров — это прежде всего место для поселения человека. В то же время почва — одно из основных средств производства и объект труда в сельском хозяйстве.

Отрасли сельскохозяйственного (земледелие, животноводство и др.), лесохозяйственного производства основываются на использовании почвенного плодородия. Другие области хозяйственной деятельности человека (строительство, добыча полезных ископаемых и др.) связаны с ежегодным отчуждением значительных площадей плодородных земель.

Рациональное землепользование должно учитывать природные факторы. Среди таких факторов, формирующих необходимые предпосылки развития разнообразного землепользования, являются климат, рельеф, почвы и растительность. Эти факторы, представляющие важные характеристики ландшафтов, влияют на характер землепользования. Чем сложнее внутреннее структурное устройство ландшафтной системы, тем больше возможных вариантов организации землепользования.

В зависимости от характера и структуры почвенного покрова различают (Ковда, Розанов, 1988) следующие типы землепользования:

А. Земледельческое землепользование (неорошаемые и орошаемые пахотные земли);

Б. Пастбищное землепользование [улучшенные пастбища и сенокосы, естественные (отгонные) пастбища с очагами земледелия];

В. Смешанное землепользование (широко распространенное сочетание пашни, лугов и пастбищ);

Г. Земли, не используемые в сельском хозяйстве.

Набор типов землепользования складывается исторически, как продукт многолетнего опыта, с учетом местных почвенных и других природных факторов.

Из природных факторов климат определяет эколого-географические границы распространения культурных растений и животных. Недостаток тепла ограничивает развитие растениеводства открытого грунта. Недостаток влаги (при снижении гидротермического коэффициента по Селянинову до 0,5) делает богарное земледелие нерентабельным. Растениеводство возможно в этих условиях лишь при орошении, которое ограничено водозапасами. Основным типом землепользования в таких условиях становится пастбищное хозяйство.

Земледелие во многом зависит от рельефа. Распашка склонов невозможна при крутизне  $8^\circ$  и более. Пастбищное хозяйство меньше зависит от рельефа. Однако чрезмерная нагрузка скота на горные пастбища приводит к их гибели, а почвенный покров разрушается под влиянием эрозии.

Агроландшафты чисто земледельческого или чисто пастбищного типа использования встречаются редко. Чаще распространены ландшафты, где по экологическим условиям возможно развитие земледелия и пастбищного хозяйства.

Географо-экологические условия являются определяющими в

выборе рационального типа землепользования. Так, в пределах холодного климатического пояса (от арктических пустынь до среднетаежных лесов), где ограничивающим сельскохозяйственное использование природных ресурсов является недостаток тепла, нормальная вегетация культурных растений практически невозможна.

Здесь складывается земледелие пригородного или подсобного типа с возделыванием огородных и кормовых культур на базе теплиц и дорогостоящих агротехнических мероприятий. Среди культур преобладают скороспелые, нетребовательные к теплу, переносящие кратковременные заморозки.

Низкая продуктивность кормовых растений ограничивает развитие в этом поясе пастбищного хозяйства. Особая роль в землепользовании здесь принадлежит оленеводству — основному местному источнику продовольствия и животного сырья.

В условиях умеренного пояса широко представлены континентальные ландшафты с высокими значениями годовых, месячных и суточных амплитуд температур. Для этих регионов характерны суровые зимы с крайне низкими температурами, ограничивающими произрастание многих многолетних культур и диких растений. В пределах этого пояса господствуют растительные сообщества, приспособившиеся к суровым и холодным зимам. Для этого пояса характерно сочетание земледелия и животноводства. Основными лимитирующими факторами здесь часто являются рельеф местности и дефицит атмосферного увлажнения в вегетационный период.

Современные тенденции в использовании земельных ресурсов — вовлечение в распашку пастбищ, сведение лесов — вызывают ряд негативных последствий: происходит снижение кормообеспеченности животноводства, уменьшение продуцирования кислорода, увеличение концентраций  $\text{CO}_2$ , изменение климата, усиление различных видов водной эрозии и дефляции почв, снос в реки и водоемы значительных количеств механических элементов твердой фазы почв верхних, наиболее плодородных почвенных горизонтов. Рациональное же использование земельных ресурсов должно предусматривать точный учет региональных и локальных особенностей почвенного покрова для оздоровления окружающей среды, сохранности земель и повышения их плодородия наряду с решением задач по продовольственной проблеме.

#### *Контрольные вопросы и задания*

1. Назовите категории земель по их назначению. 2. Дайте характеристику современного состояния основным угольям России. 3. Назовите основные типы землепользования. 4. Что следует понимать под рациональным использованием земель?

## ПОЧВЕННЫЕ КАРТЫ И КАРТОГРАММЫ. АГРОПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГРУППИРОВКА ПОЧВ

### 38.1. ВИДЫ ПОЧВЕННЫХ КАРТ И КАРТОГРАММ

Рациональное ведение хозяйства, использование природного и эффективного плодородия почв невозможны без применения почвенных карт и агрономических картограмм.

*Карта* — это изображение какой-либо территории в некотором уменьшении. Почвенная карта представляет собой изображение почвенного покрова территории. Она дает наглядное представление о качестве и расположении почв. Уменьшение, в котором показаны на карте площади распространения различных почв, называется *масштабом*.

Составляют и используют почвенные карты различного масштаба.

*Мелкомасштабные карты* (масштаб мельче 1 : 300 000) отображают почвенный покров республик, краев, областей, а также всей страны. Их назначение — государственный учет земельных фондов, природное районирование, планирование размещения сети сортоиспытательных и зональных опытных станций, районирование культур и сортов и другие мероприятия в сельском хозяйстве республики, области (края).

*Среднемасштабные карты* (масштаб 1 : 300 000 — 1 : 100 000) представляют собой почвенные карты административных районов. Они предназначаются для использования местными планирующими организациями (разработка государственных плановых заданий, проведение мелиоративных работ, распределение минеральных удобрений).

*Крупномасштабные карты* (масштаб 1 : 50 000 — 1 : 10 000) — это преимущественно почвенные карты территорий колхозов, совхозов и фермерских хозяйств. Их используют в целях внутрихозяйственного землеустройства, для разработки дифференцированной системы агротехнических мероприятий, правильного применения удобрений, проведения противоэрозионных работ.

*Детальные карты* (масштаб 1 : 5000 — 1 : 2000) составляют на территории фермерских хозяйств, опытных станций, на плантациях многолетних и технических культур. Их используют при закладке многолетних опытов, в целях орошения и осушения земель, выбора участков под плодовые культуры.

Почвенные карты обычно сопровождаются различными агрономическими картограммами.

*Картограмма* — схематическая сельскохозяйственная карта. Агрономические картограммы в зависимости от содержания могут рассматриваться как расшифровывающие или как рекомендуемые.

*Расшифровывающие картограммы* отображают отдельные важнейшие свойства почвенного покрова. К их числу следует отнести картограммы мощности гумусового горизонта, гумусированности почв, гранулометрического состава, солонцеватости, эродированности земель и др.

*Рекомендующие картограммы* содержат прямые рекомендации по использованию почв. К числу рекомендуемых относятся картограммы агропроизводственной группировки, типов земель, картограмма кислотности почв и нуждаемости их в известковании, картограмма поливных режимов и др. Картограммы существенно дополняют и детализируют почвенные карты, делая материалы почвенных исследований более наглядными для практического использования.

Почвенные карты и агрономические картограммы дополняют пояснительными почвенными очерками, содержащими подробную агрономическую характеристику почв и рекомендации по их наиболее рациональному использованию.

## **38.2. АГРОПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГРУППИРОВКА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ**

Для практического использования материалов почвенных исследований целесообразно объединение выделенных на карте почв в группы по сходности свойств, определяющих агропроизводственные их качества и общность приемов использования. В этих целях проводят агропроизводственную группировку почв или объединяют почвы в группы (типизация земель).

*Агропроизводственная группировка почв* представляет объединение их видов и разновидностей в более крупные агропроизводственные группы по общности свойств, близости экологических условий, сходству качественных особенностей и уровней плодородия, однотипности необходимых агротехнических и мелиоративных мероприятий.

При их составлении используют следующие критерии: сходство агрономических свойств почв, условий рельефа с точки зрения использования сельскохозяйственных угодий и сходство структуры почвенного покрова. При этом учитывают следующие показатели:

1. Приблизительно одинаковые водно-воздушные и тепловые свойства, выявленные на основе оценки гранулометрического состава, сложения почвенного профиля, мощности гумусового слоя, а также учета геоморфологических и гидрологических условий залегания почв.

2. Близость свойств, характеризующих питательный режим почв и условия применения удобрений (валовые запасы и содержание доступных форм элементов питания, гумусированность, физико-химические свойства, реакция, ОВ-условия и др.).

3. Близость свойств, определяющих отношение почв к обработ-

ке, устанавливаемое на основе оценки гранулометрического состава, строения профиля, физических и физико-механических свойств и др.

4. Потребность в мелиоративных мероприятиях, выявляемую на основе оценки почв по степени заболоченности, солонцеватости, солончаковатости, эродированности, каменистости с учетом условий рельефа, глубины залегания грунтовых вод и их качества.

5. Содержание в почве вредных для растений веществ (токсичные водорастворимые соли, тяжелые металлы, продукты восстановительных процессов —  $H_2S$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  и др.).

6. Характер и интенсивность процессов засоления.

Для почв, объединенных в одну агропроизводственную группу, намечают одинаковое направление их сельскохозяйственного использования и общий комплекс агротехнических, мелиоративных или противоэрозионных мероприятий.

Наряду с агропроизводственной группировкой почв проводят *группировку земель* — объединение земель по оценке их пригодности для сельскохозяйственного использования. Такую группировку осуществляют на основе изучения и оценки всех компонентов земли — рельефа, почв, условий увлажнения, особенностей структуры почвенного покрова, учета экономических факторов (близость к городским и промышленным центрам, состояние подъездных путей и др.). Различают категории и классы земель.

Главным критерием разделения на категории является качественное состояние земель с точки зрения оценки их возможного использования в сельском хозяйстве (пахотные, сенокосные и т. д.).

По пригодности к использованию в сельском хозяйстве выделяют 7 *категорий* земель: 1 — пригодные под пашню; 2 — пригодные преимущественно под сенокосы (луговые угодья); 3 — пастбишные; 4 — пригодные под сельскохозяйственные угодья после коренной мелиорации (болота торфяные низкие, сильнозасоленные земли, овражно-балочные комплексы и т. п.); 5 — малопригодные под сельскохозяйственные угодья; 6 — непригодные под сельскохозяйственные угодья (скалы, ледники и т. п.); 7 — нарушенные земли (карьеры, горные выработки и др.).

Категории земель подразделяют на *классы* — участки с близкими природными и хозяйственными качествами, общностью использования и приемов окультуривания и охраны. Всего выделяют 37 классов. Наибольшее их число (14) входит в категорию пахотных земель. В этой категории классы выделяют по генетическим особенностям почв (гранулометрический состав, карбонатность, переувлажненность, эродированность, окультуренность и др.) с учетом условий залегания почв по рельефу и дренированности территории.

При группировке почв в группы земель обязательна оценка агрономической однородности и совместимости структуры почвен-

ного покрова. Группировка почв и земель завершается составлением картограмм агропроизводственной группировки почв и картограмм групп земель.

Почвенная карта и картограмма групп земель позволяют выявить участки, требующие при их использовании особого внимания к соблюдению природоохранных мероприятий, обеспечивающих сохранение почв и экологическое благополучие ландшафта в целом.

### **38.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ КАРТ И КАРТОГРАММ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Материалы почвенных исследований необходимы для учета почвенных ресурсов землепользователей, внутрихозяйственного землеустройства территории с обеспечением ее экологической устойчивости, разработки дифференцированной агротехники применительно к видам и разновидностям почв, подбора культур и сортов, выявления почв, нуждающихся в мелиоративном и культуртехническом воздействии. В форме почвенной карты, картограмм и очерка хозяйства получают объективную характеристику всех сельскохозяйственных угодий. Качественную оценку почв дополняют количественным подсчетом площадей имеющихся почв по угодьям.

### **38.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ**

При осуществлении землеустройства проводят деление территории на севооборотные массивы, бригадные участки, отвод земель под застройки, плантации многолетних насаждений (сады, виноградники и др.); выделение пастбищ и сенокосов, почвозащитных севооборотов; размещение поле- и почвозащитных лесных полос; выделение участков, подлежащих коренной мелиорации, и решение других вопросов организации территории. Все это требует определенного анализа и обобщения материалов почвенных обследований, поскольку при землеустройстве необходимо объединить в более крупные группы все многообразие почв, выделенных на почвенной карте с учетом их близости по генетическим и агрономическим свойствам, возможной однотипности производственного использования и общности приемов улучшения. Для этих целей помимо почвенной карты используют картограммы агропроизводственных групп почв и земель.

Обобщенные в них материалы позволяют правильно выделить не только территории под различные типы севооборотов (полевой, кормовой, почвозащитный, прифермский), но и правильно наре-

зять поля в пределах каждого севооборота, максимально однородные по почвенному покрову.

В каждой почвенно-климатической зоне имеются особенности конкретного использования почвенных материалов при решении вопросов землеустройства. Это обусловлено как общезональными, так и зональными свойствами почвенного покрова, а также специализацией хозяйства.

Так, в таежно-лесной зоне особое значение при решении вопросов землеустройства приобретают большая неоднородность почвенного покрова и такие свойства отдельных типов в его структуре, как гранулометрический состав, условия увлажнения, степень заболоченности, уровень естественного плодородия, а в отдельных регионах, кроме того, степень каменистости, мелкоконтурность почвенных выделов и производственных участков.

В лесостепной зоне большое значение имеет учет эродированности почв и конкретного размещения эродированных почв по территории хозяйства.

На почвенных картах всегда выделяют почвы разной степени смытости или составляют специальную картограмму эродированности почв.

В зоне сухой степи, а также в отдельных провинциях Черноземной зоны с комплексным почвенным покровом и широким распространением солонцеватых почв первостепенное значение для правильной организации территории имеет учет степени солонцеватости почв, а также компонентного состава комплексов, доли участка каждого компонента в комплексах и их генетических особенностей, определяющих уровень плодородия каждого из них и особенно солонцов, возможности и приемы мелиорации последних.

### **38.5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ КАРТ И КАРТОГРАММ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИИ ПОЧВ**

При использовании материалов почвенных исследований для наиболее рационального применения удобрений необходимо, с одной стороны, учитывать показатели, характеризующие пищевой режим почв (валовые запасы элементов питания, содержание подвижных их форм, показатели состава, влияющие на превращение удобрений), а с другой — оценивать весь комплекс почвенных условий как среды роста и развития растений: их водно-воздушный, температурный, микробиологический и солевой режимы, а также физико-химические свойства.

Максимальной эффективностью удобрений можно добиться лишь при применении их в комплексе с другими приемами окультуривания почв (углубление пахотного горизонта, мелиорация солонцеватых почв, ликвидация избыточного увлажнения и др.).

Почвенная карта и картограммы позволяют определить эти приемы для каждой группы почв.

Вместе с тем почвенная карта и картограммы наглядно показывают участки с различной обеспеченностью почв важнейшими элементами питания, что позволяет уточнить целесообразность применения удобрений, определить их виды и дозы на данном участке.

Так, при размещении азотных удобрений большое значение имеет учет степени гумусированности, структурности, гранулометрического состава почв.

В почвах легкого гранулометрического состава, бедных органическим веществом, слабее развиты процессы нитрификации, увеличиваются потери азота за счет вымывания нитратов.

При размещении фосфорных удобрений наряду с почвенной картой используют картограмму содержания подвижных форм фосфора, позволяющую регулировать внесение фосфорных удобрений в зависимости от наличия доступных форм  $P_2O_5$  в почвах каждого участка с учетом возможного их превращения в связи с неблагоприятными свойствами почв (повышенная кислотность, проявление сезонного оглеения, карбонатность). На таких участках предпочтительно местное внесение фосфорных удобрений.

При размещении калийных удобрений помимо учета данных картограммы содержания почвенного калия необходимо принимать во внимание гранулометрический состав почв: легкие почвы бедны калием, и на них возможно заметное его вымывание нисходящими токами воды. На эродированных землях при применении удобрений, пестицидов и других средств химизации возникает повышенная опасность загрязнения нижерасположенных почв и водоемов. Поэтому на склоновых землях эти приемы должны обязательно сочетаться с противозерозионной защитой территории.

При размещении минеральных удобрений необходим учет данных картограммы кислотности. На почвах с сильноокислой реакцией желателен вносить физиологически щелочные удобрения, избегая применения физиологически кислых. Картограмма кислотности почв позволяет конкретно решать вопросы об очередности известкования, дозах известковых мелиорантов.

### **38.6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ КАРТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПРИЕМОМ ОБРАБОТКИ ПОЧВ**

Почвенная карта позволяет наметить рациональные приемы обработки почв с учетом прежде всего таких особенностей, как гранулометрический состав и степень окультуренности почв, мощность и свойства гумусированного горизонта, свойства подпахотного слоя (гранулометрический состав, оглеенность, уплотненность, содержание питательных веществ, реакция и др.), подвер-

женность эрозии, а также с учетом особенностей рельефа участков.

В практике полевого картографирования почв Нечерноземной зоны нередко составляют специальные картограммы по мощности гумусового горизонта, глубине залегания оглеенных горизонтов.

При этом отдельными контурами выделяют площади почв различной мощности гумусового горизонта с градацией через 5—10 см. Используя такую картограмму, можно легко определить участки с почвами, допускающими нормальную глубину вспашки (20—22 см), участки, где возможно проводить глубокую вспашку (25—27 см), а также участки, требующие специальных приемов окультуривания при создании нормального пахотного слоя. Иногда специальной картограммы не составляют, а на обычной почвенной карте выделяют контуры почв с различной мощностью гумусового горизонта.

### 38.7. МАТЕРИАЛЫ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ВЫБОР УЧАСТКОВ ПОД САДЫ

При выборе почв под сад необходимо учитывать ряд основных требований плодовых культур к почвенным условиям (Сухенко, Неговелов и др.).

1. Почва под сад должна быть достаточно мощной, не имеющей плотных горизонтов, плодородной, хорошо гумусированной, чтобы обеспечить нормальное развитие как корневой системы, так и всего дерева в целом. Сады на плотных почвах недолговечны.

Предпочтительны хорошо и глубокогумусированные почвы легкого гранулометрического состава (супесчаные и легкосуглинистые).

2. Почва под плодовые культуры должна обладать высокой водопроницаемостью, обеспечивающей достаточный запас влаги в глубоких корнеобитаемых горизонтах, и в то же время иметь хорошую аэрацию.

Почвы с застойным переувлажнением не должны отводиться под сад.

В таежно-лесной зоне наличие пятен оглеения и тем более сплошного оглеения с глубины 2 м исключает использование участков под семечковые породы без предварительной мелиорации или создания искусственного грунта мощностью не менее 1 м. Для сливы, вишни, крыжовника, земляники допустимо оглеение пятнами на глубине не ближе 1,5 м, а для черной смородины и малины — не ближе 1 м.

В зонах черноземных и каштановых почв глубина допустимого оглеения для семечковых пород несколько меньше вследствие изменения всего комплекса природных условий.

3. Почвы не должны содержать вредных легкорастворимых со-

лей более 1,5 мг-экв/100 г почвы в верхних горизонтах и более 2 мг-экв. до глубины 3 м, а щелочных — более 0,3 мг-экв.

Для семечковых культур пригодны участки с глубиной залегания незасоленных грунтовых вод более 2 м, для косточковых и виноградников — 1,5—2 м. Они должны быть проточными, а не застойными, пресными или слабоминерализованными.

### **38.8. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОСУШЕНИЯ ПОЧВ**

Разработка и осуществление мероприятий по регулированию водного режима переувлажненных почв основываются на обобщении материалов почвенных исследований (почвенные карты и картограммы), их обобщении в виде составления мелиоративной группировки почв и специальных почвенно-мелиоративных картограмм. К последним относятся картограммы глубины залегания грунтовых вод и ботанико-культуртехническая картограмма. Картограмма мелиоративной группировки содержит сведения о длительности периода избыточного увлажнения почв и типах водного питания.

По характеру увлажнения почвы подразделяют на пять групп.

1. *Почвы нормального увлажнения.* К этой группе относятся почвы с обеспеченным поверхностным и внутрпочвенным стоками. Грунтовые воды глубже 2 м; признаки оглеения отсутствуют во всех горизонтах. Осушения не требуют.

2. *Почвы кратковременного избыточного увлажнения с ослабленным поверхностным и внутренним стоками.* Глубина грунтовых вод 1,0—1,5 м; оглеение в нижних горизонтах и породе. В большинстве случаев для рационального использования таких земель достаточно ограничиться агротехническими мероприятиями (способы и сроки обработки, подбор сортов и т. д.).

3. *Почвы временного избыточного увлажнения.* Они характеризуются появлением в поверхностном слое пятнистого оглеения. Грунтовые воды на глубине около 1 м. На пахотных почвах необходимо осушение малыми нормами.

4. *Почвы длительного избыточного увлажнения.* Уровень грунтовых вод 0,5—1,0 м; оглеение проявляется по всей толще почвы, причем в верхних горизонтах оно сплошное. Для использования под пашню необходимо осушение средними нормами.

5. *Почвы постоянного избыточного увлажнения.* Это почвы болотного типа почвообразования, формирование которых обычно связано с бессточностью территории. Глубина грунтовых вод до 0,5 м. Нуждаются в осушении большими нормами.

## 38.9. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ОРОШЕНИЯ ЗЕМЕЛЬ

Проектирование, строительство и эксплуатацию оросительных систем осуществляют на основе подробной оценки качества почвенного покрова и природных условий орошаемой территории с составлением почвенно-мелиоративной карты и специальных картограмм. Эти материалы являются основой для правильной организации орошения и предотвращения заболачивания и вторичного засоления. При этом первостепенное значение имеют следующие показатели на карте и специальных картограммах: гранулометрический состав и сложение почвогрунтов, определяющие в совокупности с условиями рельефа степень естественной дренированности территории; наличие солевых горизонтов, глубина их залегания и характер засоления; глубина залегания и качество грунтовых вод. Эти показатели позволяют определить необходимость промывочных поливов, их норму, устройства дополнительного или строительства нового дренажа, определить поливной режим на каждом участке.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Что такое почвенные карты и агрономические картограммы? Каковы их масштабы, для каких целей они составляются? 2. Каковы сущность и значение агропроизводственной группировки почв и земель? 3. Обоснуйте необходимость использования почвенных карт и агрономических картограмм при проведении землеустройства. 4. Расскажите о почвенных картах и агрономических картограммах как об основе, без которой невозможно организовать правильное применение удобрений и известкование кислых почв. 5. Обоснуйте важность материалов почвенных обследований для разработки рациональных приемов обработки почв и проведения водных мелиораций. 6. Какие почвенные условия необходимо учитывать при выборе участка под сады?

## Глава 39

### КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА (БОНИТИРОВКА) ПОЧВ

#### 39.1. БОНИТИРОВКА ПОЧВ И ЕЕ ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

*Бонитировка почв* происходит от латинского слова «bonitos» — «доброкачественность» и представляет собой сравнительную оценку качества почв, их производительной способности по отношению к природным или культурным фитоценозам.

Бонитировка почв выражается в баллах — относительных величинах, которые показывают, насколько одна почва лучше или хуже другой по продуктивности какой-либо культуры.

Бонитировку, или качественную оценку почв, проводят для всех сельскохозяйственных угодий; она имеет большое научно-производственное значение: дает объективную основу для уста-

новления ценности и доходности земель разных угодий, позволяет определить цену на землю, ставки налогообложения, аренды. Данные бонитировки почв используют при планировании, специализации и организации сельскохозяйственного производства, в частности при разработке рациональных систем земледелия, севооборотов; они позволяют оценить производственную деятельность землепользователей и осуществлять контроль за состоянием сельскохозяйственных угодий.

### 39.2. МЕТОДИКА И ПОКАЗАТЕЛИ БОНИТИРОВКИ ПОЧВ

Оценкой почв в России начали заниматься давно. Первыми оценочными трудами были почвенно-географические работы «Писцовые книги» XV, XVI и начала XVII в. Пахотные земли разделяли по качеству на 4 категории: «добрые», «средние», «худые» и «добрехудые».

В связи с кадастровыми работами 1833—1867 гг. специальные комиссии Министерства государственных имуществ собирали сведения о качестве почв и средней урожайности по каждой почве. В результате была составлена бонитировочная шкала, в которой оценку почв проводили по урожайности.

После реформы 1861 г. оценку земель выполняли земства. В этих работах принимал участие В. В. Докучаев, проводивший изучение и оценку почв Нижегородской губернии в 1882—1886 гг. Им при участии Н. М. Сибирцева был разработан метод оценки почв, получивший название «нижегородский», или «естественно-исторический (русский)».

В основу оценки почв В. В. Докучаев положил их свойства, определяющие плодородие: геологические (мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, характер материнской породы, условия залегания и др.); химические (содержание разных веществ, в том числе основных питательных элементов); поглотительная способность почв; физические (влагоемкость, теплоемкость и др.).

В каждой из указанных групп свойств показателем лучшей почвы — «чернозема-плато» — принимали за 100 баллов и соответственно в долях или процентах определяли сравнительный балл для остальных почв. Средний балл из всех показателей составлял окончательную бонитировочную оценку почвы.

Одновременно проводили оценку почвы по величине урожайности озимой ржи. В результате почва получала оценку по свойствам и по урожайности. Сопоставление оценочных данных по свойствам почв с баллами по урожайности озимой ржи показало хорошее их совпадение. Это позволило В. В. Докучаеву сделать вывод о том, что оценку почв следует проводить по их свойствам, которые являются объективными показателями земледельческого качества почв.

Н. М. Сибирцев завершил работу по бонитировке почв Нижегородской губернии. Разработка теоретических основ бонитировки почв и ее практическая реализация позволили В. В. Докучаеву и Н. М. Сибирцеву показать, что представление о почве как естественно-историческом теле природы может быть использовано и для познания почвы как объекте труда и основного средства сельскохозяйственного производства.

Современные методы бонитировки почв исходят из принципов, сформулированных В. В. Докучаевым, но строятся на свойствах почв и агроклиматических условиях, находящихся в тесной корреляционной связи с урожайностью сельскохозяйственных культур, полученной при близком уровне интенсивности земледелия.

В разных почвенно-климатических зонах эти свойства могут быть различными.

Чаще всего с многолетней средней урожайностью коррелируют гумусность, кислотность, гранулометрический состав, емкость поглощения, плотность, мощность гумусового слоя.

Из агроклиматических показателей с урожайностью наиболее тесно связаны сумма температур  $> 10^{\circ}\text{C}$ , коэффициент увлажнения (по Высоцкому—Иванову), в ряде случаев гидротермический коэффициент (по Селянинову), степень континентальности климата.

Исследования по бонитировке почв показали, что тесная корреляционная зависимость между свойствами почв и многолетней урожайностью наблюдается только в определенных эколого-генетических рядах почв (зонального ряда, рядов заболачивания, засоления, солонцеватости и т. д.) и что она не может быть установлена сразу для всех почв региона.

Для проведения бонитировки почв определяют свойства почв и урожайность различных сельскохозяйственных культур, которые подвергают математической обработке и используют для построения бонитировочной шкалы почв. В основе современной качественной оценки почв лежит докучаевский метод по свойствам почв, но при этом имеется несколько подходов к расчету оценочных баллов почв.

Первый подход заключается в том, что балл каждого оценочно-признака вычисляют по формуле

$$B_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{ф}} \cdot 100}{P_{\text{э}}},$$

где  $P_{\text{ф}}$  — фактическое значение оценочного признака почвы;  $P_{\text{э}}$  — значение того же признака почвы, принятой за эталон (почвы с оптимальным значением бонитируемого признака).

Балл бонитета почвы определяют путем деления суммы  $B_{\text{пр}}$  на

число оценочных признаков:

$$B = \frac{B_{\text{пр1}} + B_{\text{пр2}} + \dots + B_{\text{прn}}}{N},$$

где  $B_{\text{пр1}}$  — балл оценки первого признака;  $B_{\text{пр2}}$  — балл оценки второго признака;  $B_{\text{прn}}$  — балл оценки  $n$ -го признака;  $N$  — число бонитировочных признаков.

Наивысший балл почвы принимают за 100 баллов; все оценочные баллы других почв выражают в долях от ста.

Таким образом, образуется бонитировочная шкала почв, в которой 100 баллов имеет лучшая почва. Оценочную шкалу по свойствам почв проверяют по шкале, построенной по урожайности. Таким методом построена бонитировка почв Ростовской (Гаврилюк), Томской (Тюменцев), Нижегородской (Фатьянов) областей.

При одинаковых принципах построения оценочной шкалы количество оценочных признаков и сами признаки различны. Для примера в таблице 60 приведена сравнительная оценка почв по сумме признаков.

**60. Сравнительная оценка почв по сумме признаков**  
(Томская обл., по Тюменцеву)

Почвы	По свойствам почв	По урожаю зерна			Средний балл
		яровой пшеницы в опытах	по зонам		
			всех зерновых	озимой ржи	
Черноземы выщелоченные	100	100	100	100	100
Темно-серые	109	95	98	92	99
Серые	81	83	74	75	78
Светло-серые	79	61	67	60	67
Дерново-подзолистые	49	48	62	49	52
Подзолистые	33	—	43	—	38

Дополнительно к основной шкале, построенной применительно к наиболее типичным почвам области, введены поправочные коэффициенты на гранулометрический состав, мощность, заболоченность и окультуренность почв.

**Шкала поправок на внутренние свойства почвы (по Тюменцеву)**

<i>Свойства почвы</i>	<i>Коэффициент поправки К</i>
Гранулометрический состав:	
супесчаный	0,7
тяжелосуглинистый	0,9
Мощность пахотного гумусового слоя, см:	
маломощные — менее 16	0,7
среднемощные — 16—18	0,8
нормальные — более 18	1,0
Заболоченность:	
сильная (почва мокрая, торфяная)	0,1
повышенная, в виде оглеения и выхода грунтовых вод на глубине 50—75 см	0,6

средняя, в виде оглеения нижних горизонтов почвы С и В и выхода грунтовых вод на глубине 75—100 см	0,7
слабая, в виде оглеения нижнего горизонта С и выхода грунтовых вод ниже 100 см	0,8
Окультуренность:	
почвы мягкой лощины давно освоенных земель	1,0
целинной почвы под лесами	1,0
почвы незалесенной целины и многолетних залежей	1,1
почвы полевых севооборотов, умеренно удобряемые	1,3
почвы огородов, садов и полей севооборотов при систематическом внесении удобрений по норме потребности	1,9

Для других регионов соответственно особенностям почв разработаны поправочные коэффициенты к оценочным баллам на каменистость, эродированность, солонцеватость (табл. 61).

**61. Поправочные коэффициенты на смытость и солонцеватость почв**

Степени смытости и солонцеватости почв	Серая лесная	Черноземы		Каштановая
		вышелочный и типичный	обыкновенный и южный	
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
Несолонцеватые	—	1,00	1,00	1,00
Слабосолонцеватые	—	0,87	0,85	0,82
Среднесолонцеватые	—	0,72	0,70	0,68
Сильносолонцеватые	—	0,57	0,55	0,52

Иной подход расчета оценочного балла почв заключается в оценке почв по разработанным статистическим или другим моделям нормальной (статистической) урожайности какой-либо культуры. Такой метод был применен при создании единых принципов бонитировки почв в нашей стране Почвенным институтом им. В. В. Докучаева (Шилов, Дурманов и др., 1991), а также в ряде разработанных региональных бонитировочных методов.

Для построения моделей часто используют корреляционный и регрессионный методы. Для черноземных почв Алтайского края Л. М. Бурлакова разработала метод бонитировки, в котором применен информационно-логический анализ (Гаврилюк, 1984).

Сушность метода заключается в том, что на основе изучения в системе почва—растение—климат была разработана модель урожайности, зависящая от почвенных и метеорологических факторов (функции нелинейного произведения). Ранг урожайности

$$Y = ГТК_1 \cdot ГТК_2 (M \cdot p_{H_{\text{вод}}} (\Gamma \cdot K_2 O (N_B \cdot NO_3 (P_B \cdot P_2 O_5))))),$$

где ГТК<sub>1</sub>, ГТК<sub>2</sub>, М, р<sub>H<sub>вод</sub></sub>, Г, К<sub>2</sub>О, N<sub>В</sub>, NO<sub>3</sub>, P<sub>В</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — ранги урожайности соответственно по гидротермическому коэффициенту мая—июня, всего вегетационного пе-

риода, по мощности гумусового горизонта, рН водной суспензии, валовому гумусу, подвижному калию, валовому азоту и азоту нитратов, валовому фосфору и подвижному фосфору (табл. 62).

## 62. Урожайность зерна яровой пшеницы по каждому состоянию факторов

Фактор	Состояние фактора	Урожайность	
		т/га	ранг
M <sub>A</sub> + A <sub>B</sub> , см	< 40	< 0,5	1
	41—50	1,2—1,4	4
	51—60	1,8—2,0	6
	61—70	1,5—1,7	5
	71—80	1,5—1,7	5
	> 80	1,5—1,7	5
рН <sub>вод</sub> в слое 0—20 см	< 6,3	0,6—0,8	2
	6,4—6,5	2,1—2,3	7
	6,6—7,0	1,8—2,0	6
	7,1—7,5	0,9—1,1	3
	7,6—8,0	0,6—0,8	2
	> 8,1	< 0,5	1
Гумус в слое 0—20 см, %	< 4,0	< 0,5	1
	4,1—5,1	0,6—0,8	2
	5,1—6,0	1,5—1,7	4—5
	6,1—7,0	1,5—2,0	5—6
	7,1—8,0	1,8—2,0	6
	8,1—9,0	> 2,1	7
	> 9,0	1,6—1,7	5
Азот валовой в слое 0—20 см, %	< 0,2	0,6—0,8	2
	0,2—0,3	1,2—1,4	4
	0,3—0,4	1,8—2,0	6
	0,4—0,5	1,5—2,0	5—6
	0,5—0,6	1,5—1,7	5
	> 0,6	1,5—1,7	5
Фосфор валовой в слое 0—20 см, %	< 0,13	0,9—1,1	3
	0,14—0,17	1,2—1,4	4
	0,18—0,20	1,5—1,7	5
	> 0,22	1,2—1,4	4
ГТК <sub>1</sub> , V—VI	< 0,4	< 0,5	1
	0,5—0,7	0,6—0,8	2
	0,8—1,0	0,8—1,1	3
	1,1—1,3	1,5—1,7	5
	1,4—1,6	1,8—2,3	6—7
	> 1,7	1,2—1,7	4—5
ГТК <sub>2</sub> , V—VIII	< 0,5	0,5—0,8	2
	0,6—0,8	0,6—1,1	2—3
	0,9—1,1	1,2—1,7	4—5
	1,2—1,4	1,8—2,0	6
	> 1,5	0,9—1,1	3
Азот нитратов перед посевом в слое 0—40 см, мг/кг	< 3	0,6—0,8	2
	3—5	0,9—1,1	3
	5—10	0,9—1,4	3—4
	10—15	1,2—1,7	4—5
	15—20	1,8—2,0	6
	20—25	> 2,1	7
	> 25	> 2,1	7

Фактор	Состояние фактора	Урожайность	
		т/га	ранг
Фосфор (по Чирикову) перед посевом в слое 0—20 см, мг/100 г	< 5	0,6—1,1	2—3
	5—10	1,2—1,4	4
	10—15	> 2,1	6—7
	15—20	1,8—2,1	4
	> 20	1,2—1,4	5
Подвижный калий перед посевом в слое 0—20 см, мг/100 г	< 10	0,6—0,8	2
	10—15	1,2—1,4	4
	15—20	1,8—2,0	6
	20—25	> 2,1	7
	25—30	0,9—1,1	3
	> 30	0,6—0,8	2

Решение уравнения по почвенным показателям определяет почвенный балл (БП), а при включении в уравнение свойств почв и показателей климата — почвенно-климатический бонитировочный балл (БПК).

Согласно приведенной выше формуле и данным таблицы рассчитывают БП и БПК. Например, требуется определить БП и БПК чернозема выщелоченного с мощностью гумусового горизонта  $A + AB = 50$  см, содержанием гумуса в пахотном слое 6,0 %, валового азота 0,418, валового фосфора 0,170 %, рН 6,7, со среднеголетними  $ГТК_1 = 1,1$  и  $ГТК_2 = 1,28$ . Исходные данные вписывают в числитель (табл. 63), в знаменатель — соответствующие значения свойств почв ранги урожайности.

### 63. Схема расчета почвенных и почвенно-климатических баллов

Название почвы	M A + AB, см	рН <sub>нат</sub>	Валовые в слое 0—20 см, %			ГТК		БП	БПК
			гумус	азот	фосфор	1	2		
Чернозем выщелоченный сред- немощный	$\frac{50}{4}$	$\frac{6,7}{6}$	$\frac{6,0}{4-5}$	$\frac{0,418}{5-6}$	$\frac{0,170}{4}$	$\frac{1,11}{5}$	$\frac{1,28}{6}$	4,87	5,29

Пример расчета БП и БПК:

$$а) 4,5 + \frac{5,5+4}{2} = 9,25; б) 4 + 6 + \frac{9,25}{2} = 14,62; в) БП = \frac{14,62}{3} = 4,87;$$

$$г) БПК = \frac{5+6+4,87}{3} = 5,29.$$

Лучшей почвой, принятой за 100 баллов (БПК<sub>100</sub>), была принята почва с ранговым почвенно-климатическим баллом 5,88, который характеризует плодородие черноземов луговой степи.

В соответствии с рангами урожайности выделяют шесть категорий оценок почв (табл. 64).

64. Оценка почв по рангам урожайности

Категория	БПК <sub>100</sub>	БПК (ранговый)	Урожайность, т/га
I	95	5,56	1,8
II	78—94	4,56—5,55	1,5—1,79
III	61—77	3,56—4,55	1,2—1,49
IV	44—60	2,56—3,55	0,9—1,19
V	27—43	1,56—2,55	0,6—0,89
VI	26	1,55	0,59

Проверка предлагаемой методики в хозяйствах Алтайского Приобья показала, что почвенно-климатические баллы тесно коррелируют ( $r = 0,855$ ;  $r^2 = 0,730$ ) с ежегодно получаемой урожайностью, а баллы почвенные — со средней урожайностью за ряд лет ( $r = 0,882$ ;  $r^2 = 0,780$ ). Предлагаемая методика имеет ряд преимуществ перед существующими методами бонитировки. Она учитывает криволинейный характер связи урожайности с элементами плодородия и неравнозначность последних в ее формировании (Бурлакова, 1984).

Предлагаемая методика Л. М. Бурлаковой, учитывающая при оценке метеорологические показатели, имеет почвенно-экологический характер.

В последние годы разработана и широко используется почвенно-экологическая оценка (Шишов, Дурманов, Карманов и др., 1991). Методика позволяет определять почвенно-экологические показатели и баллы бонитетов почв разных угодий, на любых уровнях — конкретного участка, области, зоны, страны в целом. С этой целью рассчитывают: почвенные индексы (с учетом смытости, дефлированности, щелбистости и др.), среднее содержание гумуса, агрохимические показатели (коэффициенты на содержание элементов питания, кислотность почв и др.), климатические показатели (сумма температур, коэффициенты увлажнения и др.). Рассчитывают также итоговые показатели (почвенные, агрохимические, климатические) и в целом итоговый почвенно-экологический индекс.

Такая оценка уровня плодородия, полученная на основе этой методики, позволяет решать многие задачи, в том числе:

в области оросительных мелиораций — определять изменение баллов бонитетов почв при орошении и рассчитывать возможные прибавки урожайности, обосновывать целесообразные ареалы орошения для тех или иных сельскохозяйственных культур;

в области химизации земледелия — выявлять ареалы для первоочередного внедрения прогрессивных технологий, более рационально размещать удобрения с учетом уровня плодородия почв;

в области экономики — более полно и правильно определять ресурсный потенциал сельскохозяйственного производства, служить основой для денежной оценки почв, рентных платежей и др.

Однако для качественной оценки земель баллов бонитетов почв часто бывает недостаточно. В зависимости от конфигурации земельного участка, его контурности, особенностей рельефа, каменистости и других факторов фактическая продуктивность возделываемых культур будет различна. Это различие учитывается при качественной оценке земель введением к оценочному баллу территории (БТ) соответствующих поправочных коэффициентов на местные условия (табл. 65).

**65. Шкала поправочных коэффициентов на местные природные условия**  
(Тюменцев, 1966)

Элементы местных природных условий	Группа сложности	Коэффициент поправки (К <sub>д</sub> )
<i>Контурность</i>		
Размеры контура угодий более 8 га	1	1
Размеры контура угодий от 8 до 4,6 га	2	0,9
Размеры контура угодий менее 4,6 га	3	0,8
<i>Рельеф</i>		
Равнинный и близко к нему	1	1
Пересеченный, затрудняющий использование техники, но преодолимый для тракторов с орудиями на малых скоростях	2	0,9
Пересеченный, вынуждающий делать объезды	3	0,8

В зависимости от характера местных условий поправочные коэффициенты меняются. Так, для поправочных коэффициентов на рельеф важными показателями являются углы наклона и экспозиция склонов. Указанные показатели качественной оценки земель влияют на расход топлива, время обработки и т. д., что оказывает влияние на экономические показатели.

### 39.3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ

Под *экономической оценкой* понимают оценку качества земли как главного средства сельскохозяйственного производства по экономическим показателям. Важнейшими показателями экономической оценки земли являются общая стоимость полученной продукции (валовой доход), общая величина затрат на получение урожая и чистый доход. Эти показатели экономической оценки для одних и тех же почв в хозяйствах одного и того же природно-климатического района будут различны в зависимости от местоположения и организационной структуры хозяйств.

Совместное использование показателей бонитировки почвенно-экологической, качественной и экономической оценки земель позволяет объективно определить цену на землю, оценить хозяй-

ственную деятельность человека, более успешно решать задачи по эффективному использованию почвенных ресурсов в новых условиях хозяйствования и всемерной охране почвенного покрова.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте понятие бонитировки почв. 2. В чем заключается сущность докучаевского метода бонитировки почв и его современного развития? 3. Дайте понятие качественной оценки земель, почвенно-экологической оценки и экономической оценки земель. 4. В чем состоит производственное значение бонитировки почв, почвенно-экологической, качественной и экономической оценок земель?

## **Глава 40**

### **АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ОХРАНА ПОЧВ**

#### **40.1. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВЫ**

Почва (почвенный покров) выполняет многообразные экологические функции. Их можно объединить в три группы. Первая — экологические функции почвы как среды обитания высших растений, микроорганизмов и многочисленной почвенной фауны. Почва для живых организмов является жилищем, источником элементов питания (для многих и воды) и энергии. Эти функции почвы обусловлены ее физическими, физико-химическими свойствами, химическим составом и определяются показателями и параметрами ее состава и свойств. Они подробно были рассмотрены во втором разделе учебника и конкретно охарактеризованы при описании природных зон. Интегральным показателем оценки этой группы экологических функций почвы является уровень ее плодородия. В обобщенном виде данная группа экологических функций представлена в таблице 66.

Вторая группа экологических функций почвы связана с процессами миграции и аккумуляции веществ в сопряженных ландшафтах и отдельных их участках в соответствии с рельефом местности. Эта группа функций, с одной стороны, определяется составом и свойствами конкретной почвы, т. е. первой группой ее экологических функций, а с другой — литолого-геоморфологическими условиями, характеризующими ее как компонент сопряженных ландшафтов.

Для одних условий рельефа (водоразделы, холмы, бугры, увалы и т. п.) характерны элювиальные процессы, т. е. процессы выноса веществ под влиянием нисходящих токов воды, для других (склоновые формы рельефа) наряду с выносом веществ свойственны процессы транспортировки их в виде жидкого и твердого стока и для третьих (речные долины, приозерные котловины, водоемы и т. п.) характерна аккумуляция веществ, приносимых с водораз-

66. Функции почвы как среды существования и эволюции организмов  
(по Добровольскому и Никитину, 1990)

Обусловленные физическими свойствами	Обусловленные химическими свойствами	Обусловленные физико-химическими свойствами	Биогеоэотические функции	
			информационные	целостные
Жизненное пространство Жилище и убежище Механическая опора Депо семян и других зачатков Депо влаги	Источник элементов питания Депо элементов питания и энергии Стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов	Сорбция веществ, поступающих из атмосферы (в том числе с удобрениями и другими средствами химизации) и с грунтовыми водами Сорбция микроорганизмов Формирование щелочно-кислотных и окислительно-восстановительных условий	Сигнал для ряда сезонных и других процессов Регуляция численности, состава и структуры биоценозов Пусковой механизм некоторых сукцесий «Память» биогеоценозов	Аккумуляция и трансформация веществ и энергии, находящаяся в биогеоценозе и поступающих в него Санитарная функция Буферный и защитный биогеоэотический экран

дельных и склоновых территорий. Эта общая закономерность миграции и аккумуляция веществ в ландшафтах определяет понятие *геохимического ландшафта* — территории, включающей в себя водораздельные участки, склоны и местные депрессии. В пределах такого единого геохимического ландшафта выделяют *элементарные геохимические ландшафты* (ЭГЛ), т. е. участки с преобладанием определенной качественной направленности процессов миграции и аккумуляции веществ: преобладание выноса (элювиальных процессов), транспортировки (транзита) мигрирующих веществ и господства процессов их аккумуляции.

Различают следующие основные элементарные геохимические ландшафты:

1. *Элювиальные ЭГЛ* — участки, занимающие повышенное положение, занятые преимущественно зональными почвами; в условиях влажного климата преобладает промывной водный режим. Привнос веществ в почву возможен только за счет атмосферной пыли и осадков, биологического круговорота и антропогенного воздействия (внесение удобрений, мелиорантов, пестицидов и т. д.).

2. *Транзитные ЭГЛ* — склоновые формы рельефа, для которых характерен перенос (транзит) мигрирующих веществ вместе с внутрипочвенным и поверхностным стоками. Они могут подразделяться на *транселювиальные ЭГЛ* — верхние части склонов, где наряду с транзитом веществ еще отчетливо выражены элювиальные процессы, и *трансаккумулятивные ЭГЛ* — нижние части склонов, где наблюдается затухание поверхностного и внутрипочвенного переносов веществ и проявляется их аккумуляция.

3. *Аккумулятивные ЭГЛ* — поймы рек, приозерные котловины, долины, водоемы. Здесь аккумулируется большая часть веществ, мигрирующих с водораздельных и склоновых территорий.

Аккумулятивные ландшафты подразделяют на *субаквальные* (гидроморфные) — поймы, долины, котловины и т. д. и *аквальные* — водоемы.

Принципиальная схема распределения ЭГЛ по мезорельефу представлена на рисунке 21.

На пути миграции вещества могут прекращать свое движение и накапливаться в профиле исходной почвы (почвообразующей породе) или другой почвы сопряженного ландшафта. Такие изменения в превращении веществ при их миграции могут быть обусловлены различными причинами: поглощением живыми организмами, изменением физико-химических условий среды (реакции, ОВ-состояния, сорбционных свойств почвогрунтовой толщи), химического состава пород и растворов, физических условий миграции.

Зоны почвенно-грунтовой толщи, в которых происходит резкое изменение интенсивности миграции веществ и, как следствие, их аккумуляция, называют *геохимическими барьерами*.

В зависимости от природы явлений, вызывающих аккумуляцию веществ на геохимических барьерах, различают три их типа (по Перельману).

I. *Биологические барьеры*, обусловленные поглощением организмами и гумусовыми веществами различных элементов. Яркой формой проявления биогеохимических барьеров является избирательное поглощение биофильных элементов растениями.

II. *Физико-химические барьеры* выявляются в зависимости от главного фактора, обуславливающего аккумуляцию мигрирующих веществ. Они подразделяются на следующие классы: окислитель-

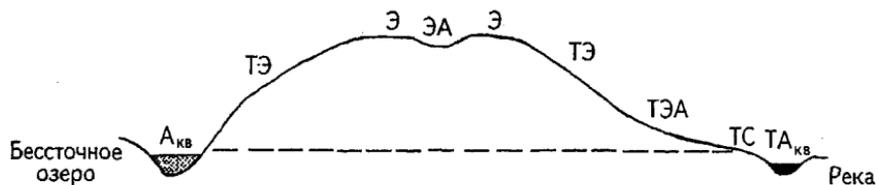


Рис. 21. Схема распределения ЭГЛ по мезорельефу (по Глазовской):

Э — элювиальные (плоских вершин, плоских дренированных равнин); ЭА — элювиально-аккумулятивные (местных замкнутых понижений с глубоким уровнем грунтовых вод); ТЭ — транзэлювиальные (верхних частей склонов); ТЭА — трансэлювиальные (нижних частей склонов и сухих ложбин); ТС — трансупераквальные (трансгидроморфные); ТА — трансаквальные (реки, проточные озера); А<sub>кв</sub> — аквальные (непроточные озера); — — — — уровень грунтовых вод

ный, восстановительный, сульфидный и карбонатный, щелочной, кислотный, испарительный, адсорбционный и термодинамический.

Примером аккумуляции веществ на окислительном барьере является формирование железистых и железомарганцевых горизонтов на контактах глеевых вод с водами, обогащенными кислородом, или при их поступлении в хорошо аэрируемые горизонты.

В местах смены кислых вод щелочными (щелочной барьер) происходит накопление помимо Са и Mg многих тяжелых металлов (Ni, Pb, Cd, Zn, Cr и др.).

С испарительным барьером, возникающим на участках сильно-го испарения почвенно-грунтовых вод, связано осаждение солей многих элементов (Ca, Na, Mg, Cl, Sr, Zn, Pb и др.).

Адсорбционные барьеры обусловлены появлением на путях миграции участков (горизонтов, слоев), обогащенных веществами с повышенной сорбционной способностью (монтмориллонитовые глины, торф, глинистые прослойки в песках и т. д.).

Термодинамические барьеры обусловлены возникновением на участках резкого изменения температуры или давления, с которыми тесно связан газовый режим вод. С действием этого барьера связано, в частности, широко распространенное накопление карбонатов кальция при перемещении растворов  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  из холодных слоев в теплые с выпадением при этом  $\text{CaCO}_3$  в результате потери  $\text{CO}_2$ .

III. *Механические барьеры* — обусловлены изменением скорости движения вод (или воздуха), что, в свою очередь, связано с плотностью сложения, пористостью и факторами, их определяющими (гранулометрический состав, структура и др.).

В природных условиях выпадение веществ (элементов) очень часто связано с возникновением на пути движения растворов не одного, а нескольких геохимических барьеров. В этом случае такие комплексные барьеры называют по совокупности совмещающихся барьеров (кислородно-термодинамический, сорбционно-окислительный и т. д.).

Т р е т ь я группа экологических функций почвы (почвенного покрова) объединена в понятие «глобальные (общепланетарные) функции». Почвенный покров тесно взаимосвязан с основными сферами Земли — литосферой, атмосферой, гидросферой и биосферой. При этом он оказывает огромное влияние на их состав, свойства и функционирование. Это влияние и определяет чрезвычайно важные общепланетарные функции почвенного покрова. Они обобщены в таблице 67, из которой видно, как велика роль почвенного покрова в жизни нашей планеты, в поддержании сложившегося равновесия между сферами земного шара, столь необходимого для существования человека и вообще жизни во всех формах ее проявления.

## 67. Глобальные функции почв (педосферы) (по Добровольскому и Никитину, 1990)

Сфера влияния			
Литосфера	Гидросфера	Атмосфера	Биосфера в целом
Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые	Поглощение и отражение солнечной энергии	Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши
Источник вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых	—	Регулирование влагооборота атмосферы	Связующее звено биологического и геологического круговоротов веществ
Передача аккумулярованной солнечной энергии в глубокие слои атмосферы	Участие в формировании речного стока	Источник твердого вещества и микроорганизмов, поступающих в атмосферу	—
—	Фактор биопродуктивности водоемов за счет приносимых почвенных соединений	Поглощение и удержание некоторых газов, поступающих в атмосферу	Защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы
Защита литосферы от чрезмерной эрозии и условие ее нормального развития	Сорбционный, защищающий от загрязнения барьер акваторий	Регулирование газового режима атмосферы	Фактор биологической эволюции

Под воздействием хозяйственной деятельности человека изменяются состав, свойства и режимы, уровень плодородия почв, что существенно влияет на их экологические функции. Эти изменения могут быть положительными и отрицательными. Положительные проявляются в устранении или ослаблении неблагоприятных свойств почв как среды обитания живых организмов, создании для их жизнедеятельности наиболее благоприятных условий.

Такая направленность в изменении почвы связана с их окультуриванием и обуславливает сохранение и повышение почвенного плодородия и более активное проявление экологических функций почвы.

К негативным явлениям, связанным с применением средств химизации, гидротехнических мероприятий, обработки почвы, а также вызванным техногенным загрязнением почвенной среды, относятся: ухудшение физических свойств (уплотнение, обесструктуривание); загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами и др.; ухудшение физико-химических свойств (избыточное подкисление и подщелачивание, возникновение восстановительных

процессов); дегумификация; развитие эрозии; засоление и осолонцевание; заболачивание.

Отрицательное влияние перечисленных приемов на экологические функции почвы заключается в том, что при этом нарушаются процессы превращения веществ и энергии, воздухообмена, трофические связи между группами почвенной биоты, изменяются в худшую сторону функциональные свойства почвы. Как следствие, ухудшаются или полностью разрушаются те или иные экологические функции почвы не только как среды существования растений и почвенной биоты, но и как компонента ландшафта и биосферы в целом.

#### 40.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЕЛЬ

В современных условиях сельскохозяйственное использование почвенного покрова должно базироваться на совершенствовании зональных систем земледелия на основе организации адаптивно-ландшафтного земледелия. Последнее считает важнейшей задачей максимально полное (целесообразное) использование каждого участка земли с обеспечением при этом экологического благополучия территории. При дифференцированной оценке территории в целях организации адаптивно-ландшафтного земледелия за исходную единицу принимают *элементарный ареал агроландшафта* (ЭАА) — участок территории на мезорельефе, представленный одной почвой (ЭПА) или микрокомбинацией почв (ЭПС) (Кирушин, 1993).

Агроэкологическую оценку территории целесообразно проводить в два этапа.

Первый — разделение территории по геоморфологическому положению и второй — оценка и группировка ЭАА в пределах каждой геоморфологической группы.

На первом этапе территорию делят на четыре группы: земли водораздельных пространств, земли приводораздельных территорий, земли присетьевых территорий, пойменные и при-террасные земли.

Такое разделение характеризует различие территорий по типу увлажнения и особенностям водного режима, уровню возможного гидроморфизма (заболачивания), геохимическим условиям (принадлежность к ЭГЛ) и возможностям антропогенного загрязнения, по предрасположенности к проявлению эрозии.

Разделение территории по геоморфологическому принципу на указанные четыре группы в значительной мере предопределяет возможности дифференциации земельных массивов на пахотные, пастбищно-сенокосные и лесные угодья, а в пределах пашни — специализацию севооборотов (полевые, почвозащитные, овощные и т. п.).

На втором этапе проводят дифференциацию земель в пределах каждой из указанных групп на основе комплексной оценки каждого ЭАА и анализа СПП конкретных земельных массивов.

Элементарные агроландшафты по комплексу показателей состава, свойств и режимов почв с учетом особенностей пород (литологии), гидрологии характеризуются в агрономическом отношении в соответствии с требованиями основных культур (или групп культур) с учетом технологии их возделывания.

В этом случае конкретный участок (ЭАА) оценивают не как отдельную почву или почвенную микрокомбинацию, а как участок земли, включающий все компоненты его характеристики, — рельеф, почвы, гидрологию, литологию и т. д.

При таком подходе комплексная агроэкологическая характеристика ЭАА включает его оценку по следующим параметрам: по положению в рельефе, что позволяет оценить условия увлажнения и миграции веществ, проявление эрозии, условия применения средств механизации и т. д.; по литологии — составу и свойствам почвообразующих и подстилающих пород, что характеризует условия фильтрации и аккумуляции влаги, возможность образования верховодки, миграцию веществ и т. д.; по геохимическим условиям, т. е. по принадлежности участка к различным ЭГЛ, что позволяет оценить ЭАА с точки зрения проявления процессов миграции и аккумуляции веществ и предвидеть возможности возникновения антропогенного загрязнения отдельных участков; по свойствам почв.

Детальная агрономическая характеристика ЭАА по свойствам почв складывается из оценки следующих показателей: строение профиля, гранулометрический состав, химический состав, физико-химические свойства, степень заболоченности почв, степень эродированности, степень окультуренности. Агрономическую оценку каждого из этих показателей рассматривали в соответствующих главах второго раздела учебника, а также при характеристике конкретных типов при описании почвенного покрова природных зон. Конкретное значение их роли для сельскохозяйственных культур позволяет агроному дать правильную агрономическую оценку ЭАА с точки зрения условий возделывания растений и получения урожая.

В случаях, когда почвы ЭАА представлены микрокомбинацией (ЭПС), дополнительно оценивают контрастность и сложность почвенного покрова участка. При комплексной оценке элементарного ареала агроландшафта особое внимание обращают на выявление факторов, лимитирующих (ограничивающих) возделывание конкретных культур. Лимитирующими факторами могут выступать: гранулометрический состав, оглеение, засоление, солонцеватость, каменистость, эродированность, низкая окультуренность почв, обусловленная избыточной кислотностью, низким содержанием подвижных форм элементов питания, неблагоприятное гумусовое состояние и другие показатели состава и свойств почв, су-

щественно снижающие эффективное плодородие. Например, песчаный и супесчаный гранулометрические составы неблагоприятны для озимой пшеницы и ячменя, кукурузы. Тяжелосуглинистые и глинистые дерново-подзолистые почвы малоблагоприятны для озимой пшеницы и картофеля. Небольшая мощность гумусового слоя у дерново-карбонатных типичных почв (рендзин) с близким залеганием щебнистого или трещиноватого элювия коренных известковых пород в большинстве случаев исключает возможность вовлечения таких почв в пашню.

Агрономическая оценка СПП предусматривает не только оценку каждого ее компонента (ЭПА и ЭПС), но и обязательный детальный анализ самих почвенных комбинаций с точки зрения агрономической однородности и совместимости входящих в комбинации ЭАА. При сельскохозяйственном использовании почв большое значение имеет однородность производственного участка (поля севооборота или его части, плантации многолетних насаждений и т. д.).

Агрономическая однородность земельного массива обусловлена однородными свойствами и режимом почв, составляющих его почвенный покров, и проявляется в выравненном уровне продуктивности (урожайности) возделываемых культур, а также в степени сложности (дробности) почвенных комбинаций. Последняя характеризуется изрезанностью границ отдельных ЭПА и частотой повторяемости одной почвы в контурах другой.

При наличии в составе производственного участка двух или нескольких почв, заметно различающихся по своим свойствам, разница в урожайности культур может достигать 2—5-кратных размеров. При этом различия в урожайности культур могут быть обусловлены не только разным уровнем плодородия каждой почвы, но и невозможностью проведения полевых работ (обработки, посева, ухода, уборки) на каждой почве в одни и те же оптимальные сроки.

Так, по данным Н. П. Сорокиной (1992), при выраженном микрорельефе в южнотаежной подзоне на дерново-подзолистых почвах сроки готовности почв к обработке на микроповышениях и в микрозападинах могут различаться на 7—10 дней. Значительные различия в сроках полевых работ возникают при комбинациях почв неодинакового гранулометрического состава. При наличии в СПП массива почв с контрастными свойствами следует учитывать долю их в общей площади массива. Чем резче выражены в одной из почв свойства, лимитирующие ее плодородие, и выше процент площади такой почвы, тем неблагоприятнее агрономическая оценка почвенного покрова агро массива.

Например, для хозяйств Московской области установлено, что в 80 % лет на массивах, где дерново-подзолистые оглеенные почвы составляют более 20 %, снижение урожая озимой пшеницы достигает 20—50 %. При участии эродированных почв более 25 % урожай этой культуры снижается на 20—40 %. На полях, где одновре-

менно присутствуют оглеенные и эродированные почвы при доле их участия по 10—15 %, урожай снижается на 30—50 %. Картофель еще более чувствителен к неоднородности почвенного покрова (Сорокина, 1992).

Существуют различные методики, позволяющие на количественном уровне оценивать контрастность, сложность и неоднородность почвенного покрова конкретного массива и объективно решать вопрос о пригодности его использования в хозяйственных целях.

#### 40.3. ОХРАНА ПОЧВ

Исключительная роль почвы в развитии жизни на Земле, в обеспечении человека необходимой продукцией и другими средствами существования, в выполнении ею важнейших экологических функций определяет необходимость охраны почв. Эта задача обусловливается также ограниченностью почвенных ресурсов, возобновление которых невозможно или сопряжено с большими затратами.

Основные потери продуктивности земель и их плодородия связаны с эрозией, вторичным засолением орошаемых почв, затоплением и подтоплением при создании водохранилищ, нарушениями растительности и почв в связи с разработкой ископаемых, отчуждением земель под строительство населенных пунктов, промышленных предприятий, дорог и т. д., а также в связи с загрязнением различными вредными веществами.

Снижение почвенного плодородия связано также с переуплотнением почв тяжелыми машинами и орудиями, потерей гумуса (дегумификацией) и утратой почвами структуры.

*Эрозия* наносит наибольший урон почвенному покрову. Предупреждение развития эрозионных процессов, причины, их вызывающие, и конкретные меры по борьбе с эрозией составляют важнейшее звено охраны почв.

*Вторичное засоление* приводит к снижению производительности почв (образованию вторично-солончаковых почв) или к полному исключению из активного сельскохозяйственного использования (образование вторичных солончаков).

*Загрязнение почв.* Ежегодно на поверхность почв поступает огромное количество различных веществ из атмосферы (в том числе вредных продуктов промышленных выбросов), при внесении пестицидов и балластных веществ с удобрениями. Почвенный покров является приемником большинства химических веществ, вовлекаемых в биосферу. Благодаря своим свойствам почва также — главный аккумулятор, сорбент и разрушитель токсикантов. В этом проявляется, как указывалось ранее, одна из важных экологических функций почвы. Вместе с тем загрязнение почвенной среды

нарушает и ослабляет экологические функции почвы. Поэтому возникают проблема загрязнения почв и необходимость его предотвращения и ликвидации последствий.

Различают следующие виды техногенного загрязнения почв: минеральные техногенные выбросы, поступление токсичных органических и металлоорганических соединений, поступление радиоактивных веществ.

*Минеральные техногенные выбросы* преимущественно возникают в результате сжигания топлива и аэрозольных отходов промышленности. В их составе наиболее вредны Cr, As, Ni, S, Pb, Mn, Cd, Hg, Та. Отрицательные последствия техногенного загрязнения связаны с ухудшением свойств почв (сильное подкисление или подщелачивание, нарушение биологического режима), с поступлением токсичных элементов в растения, а затем в организм животных и человека. Из тяжелых металлов наиболее опасны ртуть, свинец и кадмий. Попадание в организм человека с продуктами питания токсичных элементов вызывает тяжелые заболевания.

*Загрязнение почвы органическими и металлоорганическими соединениями* связано помимо техногенных выбросов также с применением пестицидов. Многие из них длительно сохраняются в почве, не теряя токсичности (от нескольких месяцев до десятков лет), и почва становится источником загрязнения растительных и животных продуктов, атмосферы и природных вод.

*Загрязнение почвы радиоактивными веществами* обусловлено главным образом испытаниями атомного и ядерного оружия. Локальные радиоактивные загрязнения могут возникнуть при авариях на атомных станциях. Путем подбора культур, применения минеральных удобрений, запахивания верхнего слоя на глубину 40—50 см и других агротехнических приемов можно устранить неблагоприятные последствия поступления в почву радиоактивных продуктов.

К основным приемам профилактических мероприятий по предотвращению загрязнения почв и активным приемам устранения неблагоприятных последствий этого явления относятся:

строгое выполнение всеми предприятиями положений об охране природы, обязывающих руководителей предприятий, электростанций и т. д. не допускать техногенного загрязнения окружающей среды;

организация службы слежения и контроля (почвенного мониторинга) за поступлением и содержанием в почвах всех вредных веществ, вызывающих загрязнение. При помощи почвенного мониторинга также следят за изменением важнейших показателей состава и свойств почв, определяющих уровень их плодородия (гумусовое состояние, щелочно-кислотные свойства и т. д.);

сокращение применения наиболее опасных токсикантов и применение малоопасных пестицидов, исключаящих загрязнение почвенной среды;

прогнозирование возможностей загрязнения почв на основе учета свойств почв, местного климата, рельефа и других условий детоксикации, поглощения и миграции вредных веществ.

**Рекультивация земель.** В результате промышленных разработок полезных ископаемых, строительства дорог и различных сооружений происходит разрушение территории с уничтожением растительности и почвенного покрова.

Для восполнения почвенных ресурсов осуществляют восстановление, или рекультивацию, нарушенных земель.

Рекультивация включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия почв территорий и создание на них сельскохозяйственных угодий, лесонасаждений, водоемов, зон отдыха, использование обработанных площадей под застройку и т. д.

Методы рекультивации определяются прежде всего составом и свойствами пород, идущих в отвал, технологией вскрышных работ и климатом местности.

Важнейшими показателями оценки обнаженных и идущих в отвал пород являются наличие вредных соединений (пирита, водорастворимых солей и др.), карбонатов, гранулометрический состав, плотность пород и др. Наиболее благоприятны поступающие в отвал верхние гумусовые слои почв, а также рыхлые породы, не содержащие вредных солей (лёсс, лёссовидные суглинки, покровные суглинки). Совершенно непригодны скальные и крупнокаменные породы, содержащие повышенные количества хлоридов ( $> 0,7-1,0\%$ ), пирита ( $> 1\%$ ) и других токсичных соединений. Наиболее простой способ рекультивации — нанесение на вскрытые породы гумусового слоя мощностью 30—50 см. Широко используют известкование, минеральные удобрения. Мероприятия, применяемые при рекультивации, дифференцируют в зависимости от планируемого использования рекультивируемых земель — под сельскохозяйственные угодья, лесные насаждения и др.

### *Контрольные вопросы и задания*

1. Дайте характеристику экологических функций почвы. 2. Изложите принципы агроэкологической оценки земель. 3. Каковы требования основных сельскохозяйственных культур к почвенным условиям? 4. Назовите основные явления, с которыми связаны потери продуктивности земель и их плодородия, и главные пути их устранения.

## ЛИТЕРАТУРА



- Агрохимическая характеристика почв СССР. Кн. 1—14.* — М.: Наука, 1962—1974.
- Александрова Л. Н.* Органическое вещество почв и процессы его трансформации. — Л.: Наука, 1980.
- Борголов И. Б.* Курс геологии (с основами минералогии и петрографии). — М.: Агропромиздат, 1989.
- Вильямс В. Р.* Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. — М.: Сельхозгиз, 1939.
- Возбуждая А. Е.* Химия почвы. — М.: Высшая школа, 1968.
- Гердойц К. К.* Избранные сочинения. Т. I—III. — М.: Сельхозгиз, 1955.
- Герасимов И. П., Глазовская М. А.* Основы почвоведения и география почв. — М.: Госиздат географ. литературы, 1960.
- Горбунов Н. И.* Минералогия и физическая химия почв. — М.: Наука, 1978.
- Добровольский Г. В., Гришина Л. А.* Охрана почв. — М.: МГУ, 1985.
- Докучаев В. В.* Русский чернозем// Избр. соч. Т. I. — М.: ОГИЗ—Гос. изд. с.-х. лит., 1948.
- Захаров П. С.* Эрозия почв и меры борьбы с ней. — М.: Колос, 1971.
- Карманов А. И.* Плодородие почв СССР. — М.: Колос, 1980.
- Кауричев И. С., Романова Т. А., Сорокина Н. П.* Структура почвенного покрова и типизация земель. — М.: ТСХА, 1992.
- Классификация и диагностика почв СССР.* — М.: Колос, 1977.
- Ковда В. А.* Основы учения о почвах. Кн. I и II. — М.: Наука, 1973.
- Костычев П. А.* Избранные произведения. — Л.: АН СССР, 1951.
- Кулаковская Т. Н.* Почвенно-агрохимические основы получения высоких урожаев. — Минск: Ураджай, 1978.
- Орлов Д. С.* Химия почв. — М.: МГУ, 1985.
- Почвоведение/* Под ред. В. А. Ковды и Б. Г. Розанова. Ч. I и II. — М.: Высшая школа, 1988.
- Почвоведение/* Под ред. И. С. Кауричева. — М.: Агропромиздат, 1989.
- Природно-сельскохозяйственное районирование и использование Земельного фонда СССР.* — М.: Колос, 1983.
- Ремезов Н. П.* Химия и генезис почв. — М.: Наука, 1989.
- Роде А. А.* Почвоведение. — М.; Л.: Гослесбумиздат, 1955.
- Толстой М. П.* Геология с основами минералогии. — М.: Агропромиздат, 1991.

# ОГЛАВЛЕНИЕ



<i>Предисловие</i> .....	3
<i>Возникновение и краткая история развития почвоведения</i> .....	6
<b>Раздел I. ПОЧВЫ И ИХ РОЛЬ В ЖИЗНИ РАСТЕНИЙ И ЧЕЛОВЕКА. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВЫ. СХЕМА ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА. ФОРМИРОВАНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ</b> .....	14
<i>Глава 1. Строение Земли, роль почвенного покрова в ее жизни</i> .....	14
1.1. Строение Земли и земной коры .....	14
1.2. Роль почвенного покрова в жизни Земли .....	19
<i>Глава 2. Происхождение и состав минеральной части почв</i> .....	21
2.1. Понятия о минералах и горных породах .....	21
2.2. Процессы образования минералов и горных пород .....	23
2.2.1. Процессы образования минералов в эндогенной зоне .....	23
2.2.2. Процессы образования минералов в экзогенной, или гипергенной, зоне .....	25
2.2.3. Метаморфические процессы минералообразования .....	32
2.3. Образование горных пород .....	33
2.3.1. Магматические горные породы .....	33
2.3.2. Осадочные горные породы .....	35
2.3.3. Классификация, распространение и основная характеристика почвообразующих пород .....	36
2.3.4. Метаморфические горные породы .....	38
<i>Глава 3. Схема почвообразовательного процесса. Формирование плодородия почв</i> .....	39
3.1. Этапы изменений горных пород, в результате которых сформировались современные почвы .....	40
3.1.1. Первичный почвообразовательный процесс .....	40
3.1.2. Второй этап изменений горных пород .....	41
3.1.3. Третий, завершающий этап .....	41
3.2. Характеристика почвенных процессов и их влияние на плодородие .....	45
3.3. Факторы почвообразования .....	46
3.3.1. Растительность и животные организмы .....	46
3.3.2. Материнская, или почвообразующая, порода .....	50
3.3.3. Климат .....	51
3.3.4. Рельеф .....	53
3.3.5. Возраст почв .....	55
3.3.6. Производственная деятельность человека .....	56
3.3.7. Взаимодействие факторов почвообразования .....	57

<b>Глава 4. Морфологические признаки как внешнее отражение почвообразовательных процессов, состава и свойств почв</b> .....	58
4.1. Строение почвенного профиля .....	58
4.2. Мощность почвы и отдельных горизонтов .....	59
4.3. Окраска почв .....	59
4.4. Влажность почв как морфологический признак .....	60
4.5. Почвенная структура .....	61
4.6. Гранулометрический состав как морфологический признак .....	63
4.7. Сложение .....	64
4.8. Новообразования включения .....	65
4.9. Характер перехода от одного горизонта к другому .....	66
<b>Раздел II. СОСТАВ, СВОЙСТВА ПОЧВ, ПОЧВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И РЕЖИМЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ПЛОДОРОДИЕ, ИХ СОЧЕТАНИЕ В РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ И РЕГУЛИРОВАНИЕ В АГРОНОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ</b> .....	68
<b>Глава 5. Гранулометрический состав почв и почвообразующих пород и его значение</b> .....	69
5.1. Классификация механических элементов и их свойства .....	69
5.2. Классификация почв и почвообразующих пород по гранулометрическому составу .....	71
5.3. Значение гранулометрического состава .....	73
<b>Глава 6. Органическое вещество почвы</b> .....	74
6.1. Источники органического вещества почв .....	75
6.2. Процессы превращения органических остатков и образование гумуса .....	76
6.3. Состав органического вещества почвы .....	78
6.4. Строение и свойства гумусовых кислот .....	80
6.5. Влияние условий почвообразования на гумусообразование и географические закономерности его проявления .....	82
6.6. Влияние различных приемов земледелия на режим органического вещества и гумусное состояние почв .....	85
6.7. Агрономическое значение органического вещества почвы и пути его регулирования .....	86
<b>Глава 7. Ферментативная активность почв</b> .....	91
7.1. Характеристика почвенных ферментов .....	93
7.2. Ферментативные процессы в почвах .....	94
<b>Глава 8. Аллелопатические свойства почв</b> .....	96
8.1. Химический состав ингибиторов аллелопатической природы и направленность механизма их действия .....	97
8.2. Проявление аллелопатии в природной обстановке, в земледелии и садоводстве .....	98
8.3. Агрономические мероприятия, снижающие аллелопатическое влияние на культурные растения .....	100
<b>Глава 9. Химический состав почв. Основные питательные элементы для растений. Микроэлементы</b> .....	101
9.1. Азот в почвах .....	103
9.2. Фосфор в почвах .....	107
9.3. Калий в почвах .....	109
9.4. Микроэлементы в почвах .....	110
9.5. Регулирование режима питания растений .....	113

<b>Глава 10. Поглощительная способность почв</b> .....	116
10.1. Почвенные коллоиды .....	116
10.2. Виды поглощительной способности почв .....	120
10.3. Виды почвенной кислотности и щелочности .....	128
10.4. Буферность почв .....	131
10.5. Поглощительная способность и ее роль в плодородии .....	132
10.6. Регулирование катионного состава почвенного поглощающего комплекса .....	134
<b>Глава 11. Структура, общие физические и физико-механические свойства почвы</b> .....	136
11.1. Агрономическая характеристика структуры .....	137
11.2. Утрата и восстановление структуры .....	139
11.3. Общие физические свойства .....	140
11.4. Физико-механические свойства .....	141
11.5. Приемы регулирования общих физических и физико-механи- ческих свойств почв .....	144
<b>Глава 12. Водные свойства и водный режим почв</b> .....	145
12.1. Категории (формы) почвенной воды, их характеристика и доступ- ность растениям .....	146
12.2. Водные свойства почв .....	149
12.3. Водный режим почв .....	153
12.4. Регулирование водного режима .....	155
<b>Глава 13. Почвенные растворы</b> .....	157
13.1. Формирование почвенных растворов .....	157
13.2. Методы выделения почвенных растворов .....	157
13.3. Концентрация, состав и свойства почвенных растворов .....	158
13.4. Влияние сельскохозяйственных культур на состав почвенных растворов .....	161
13.5. Регулирование состава почвенных растворов .....	162
<b>Глава 14. Воздушные свойства и воздушный режим почв</b> .....	162
14.1. Состав свободного почвенного воздуха .....	164
14.2. Воздушные свойства почв .....	165
14.3. Воздушный режим почвы и его регулирование .....	167
<b>Глава 15. Тепловые свойства и тепловой режим почв</b> .....	168
15.1. Источники тепла в почве .....	168
15.2. Тепловые свойства почвы .....	169
15.3. Тепловой режим почвы .....	170
15.4. Типы температурного режима почв .....	174
15.5. Регулирование теплового режима .....	174
<b>Глава 16. Окислительно-восстановительные процессы в почвах</b> .....	176
16.1. Понятие об окислительно-восстановительных процессах .....	176
16.2. Факторы развития окислительно-восстановительных процессов .....	177
16.3. Окислительно-восстановительные режимы почв .....	179
16.4. Значение окислительно-восстановительных процессов .....	180
16.5. Регулирование окислительно-восстановительного состояния почв .....	181
<b>Глава 17. Радиоактивные свойства почв</b> .....	183
17.1. Естественная радиоактивность .....	183
17.2. Искусственная радиоактивность .....	184

<i>Глава 18. Магнитные свойства почв</i> .....	185
18.1. Понятие о магнитных свойствах почв .....	186
18.2. Характеристика почв по магнитным свойствам .....	187
18.3. Использование магнитометрических способов в почвоведении и агрономической практике .....	189
<i>Глава 19. Плодородие почвы</i> .....	190
19.1. Плодородие как отражение взаимодействия и взаимовлияния со- става, свойств и режимов почв .....	190
19.2. Требования сельскохозяйственных культур к почвенным условиям (плодородию) .....	194
19.3. Виды плодородия .....	196
19.4. Воспроизводство почвенного плодородия .....	198
19.5. Модели почвенного плодородия .....	200
<b>Раздел III. ПОЧВЕННЫЕ ЗОНЫ, ГЕНЕЗИС, КЛАССИФИКАЦИЯ, АГРОНОМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ПЛОДОРДИЯ</b> .....	204
<i>Глава 20. Основные закономерности распространения почв. Класси- фикация почв</i> .....	204
20.1. Главные закономерности географии почв .....	204
20.2. Структура почвенного покрова .....	207
20.3. Почвенно-географическое и природно-сельскохозяйственное райо- нирование .....	209
20.4. Классификация почв .....	212
<i>Глава 21. Подзолистые почвы таежно-лесной зоны</i> .....	217
21.1. Условия почвообразования .....	217
21.2. Подзолистые почвы .....	220
21.2.1. Строение профиля и генезис .....	220
21.2.2. Классификация .....	224
21.2.3. Состав и свойства .....	224
21.2.4. Почвенные режимы .....	225
21.3. Дерново-подзолистые почвы .....	226
21.3.1. Строение профиля и генезис .....	226
21.3.2. Классификация .....	228
21.3.3. Состав и свойства .....	230
21.3.4. Почвенные режимы .....	232
21.4. Болотно-подзолистые почвы .....	233
21.5. Мерзлотно-таежные почвы .....	236
21.6. Структура почвенного покрова .....	237
21.7. Сельскохозяйственное использование .....	238
<i>Глава 22. Дерновые почвы</i> .....	243
22.1. Условия почвообразования и генезис .....	243
22.2. Строение профиля и классификация .....	243
22.3. Состав, свойства, использование .....	244
22.3.1. Дерново-карбонатные почвы .....	244
22.3.2. Дерново-литогенные почвы .....	247
22.3.3. Дерново-глеевые почвы .....	247
<i>Глава 23. Болотные почвы</i> .....	248
23.1. Генезис .....	248
23.2. Строение профиля и классификация .....	252

23.3. Состав и свойства .....	253
23.4. Режимы .....	256
23.5. Сельскохозяйственное использование .....	256
<b>Глава 24. Бурые почвы (буроземы) широколиственных лесов .....</b>	<b>260</b>
24.1. Природные условия почвообразования .....	260
24.2. Генезис, строение профиля .....	261
24.3. Классификация .....	262
24.4. Состав и свойства .....	262
24.5. Использование .....	263
<b>Глава 25. Серые лесные почвы северной лесостепи .....</b>	<b>264</b>
25.1. Условия почвообразования .....	264
25.2. Строение профиля и генезис .....	266
25.3. Классификация .....	267
25.4. Состав и свойства .....	269
25.5. Почвенные режимы .....	271
25.6. Структура почвенного покрова .....	272
25.7. Сельскохозяйственное использование .....	273
<b>Глава 26. Черноземы южной лесостепи и степной зоны .....</b>	<b>274</b>
26.1. Природные условия почвообразования .....	274
26.2. Генезис .....	276
26.3. Строение профиля и классификация .....	280
26.4. Состав и свойства .....	285
26.5. Тепловой, водный и питательный режимы .....	289
26.6. Структура почвенного покрова .....	292
26.7. Сельскохозяйственное использование .....	292
<b>Глава 27. Каштановые почвы зоны сухих степей .....</b>	<b>294</b>
27.1. Природные условия почвообразования .....	294
27.2. Генезис .....	295
27.3. Строение профиля и классификация .....	296
27.4. Состав и свойства .....	297
27.5. Лугово-каштановые почвы .....	300
27.6. Структура почвенного покрова .....	301
27.7. Сельскохозяйственное использование .....	302
<b>Глава 28. Солончаки, солонцы, солоды .....</b>	<b>303</b>
28.1. Солончаки .....	303
28.1.1. Образование и условия соленакопления в почвах .....	303
28.1.2. Строение профиля и классификация .....	304
28.1.3. Состав и свойства .....	307
28.1.4. Особенности сельскохозяйственного использования .....	308
28.2. Солонцы .....	309
28.2.1. Генезис .....	309
28.2.2. Строение профиля и классификация .....	310
28.2.3. Состав и свойства .....	312
28.2.4. Приемы освоения под пашню и сельскохозяйственное использование .....	314
28.3. Солоды .....	316
28.3.1. Генезис .....	316
28.3.2. Строение профиля, классификация, состав и свойства .....	317
28.3.3. Сельскохозяйственное использование .....	318

<b>Глава 29. Бурые почвы полупустынной зоны</b> .....	319
29.1. Природные условия почвообразования и генезис .....	319
29.2. Строение профиля и классификация .....	320
29.3. Состав и свойства .....	321
29.4. Сельскохозяйственное использование .....	322
<b>Глава 30. Серо-бурые пустынные почвы, такыры, песчаные пустынные и такыровидные почвы</b> .....	323
30.1. Серо-бурые пустынные почвы .....	323
30.1.1. Условия почвообразования .....	323
30.1.2. Генезис .....	324
30.1.3. Строение профиля и классификация .....	325
30.1.4. Состав и свойства .....	325
30.1.5. Сельскохозяйственное использование .....	325
30.2. Такыры .....	326
30.3. Песчаные пустынные почвы .....	327
30.4. Такыровидные пустынные почвы .....	327
<b>Глава 31. Сероземы</b> .....	328
31.1. Условия почвообразования .....	328
31.2. Строение профиля и генезис .....	329
31.3. Классификация, состав и свойства .....	331
31.4. Структура почвенного покрова (СПП) .....	333
31.5. Агрономическая характеристика и сельскохозяйственное использование .....	334
<b>Глава 32. Серо-коричневые почвы сухих субтропических степей, ксеро-фитных лесов и кустарников</b> .....	337
32.1. Серо-коричневые почвы .....	337
32.1.1. Условия почвообразования .....	337
32.1.2. Генезис .....	338
32.1.3. Строение профиля и классификация .....	338
32.1.4. Состав и свойства .....	339
32.2. Лугово-серо-коричневые почвы .....	339
32.3. Сельскохозяйственное использование серо-коричневых и лугово-серо-коричневых почв .....	340
<b>Глава 33. Красноземы и желтоземы влажных субтропических лесов</b> .....	341
33.1. Условия почвообразования .....	341
33.2. Красноземы .....	342
33.2.1. Строение профиля и генезис .....	342
33.2.2. Классификация .....	342
33.2.3. Состав и свойства .....	343
33.3. Желтоземы .....	343
33.3.1. Строение профиля, генезис и классификация .....	343
33.3.2. Состав и свойства .....	344
33.4. Сельскохозяйственное использование красноземов и желтоземов .....	344
<b>Глава 34. Почвы пойм</b> .....	345
34.1. Условия почвообразования .....	345
34.2. Почвенный покров пойм .....	348
34.3. Зональность .....	351
34.4. Агрономическая характеристика и сельскохозяйственное использование .....	353

<b>Глава 35. Почвы горных областей</b> .....	357
35.1. Условия почвообразования .....	358
35.2. Особенности типов горных почв .....	359
35.3. Почвы отдельных горных областей .....	360
35.4. Особенности сельскохозяйственного использования .....	364
<b>Глава 36. Эрозия почв и меры борьбы с ней</b> .....	364
36.1. Виды эрозии .....	364
36.2. Вред, причиняемый эрозией, и ее распространение .....	366
36.3. Условия, определяющие развитие эрозии .....	368
36.4. Классификация и диагностика эродированных почв .....	370
36.4.1. Черноземные почвы .....	371
36.4.2. Каштановые почвы .....	372
36.4.3. Сероземы .....	372
36.5. Мероприятия по защите почв от эрозии .....	372
36.5.1. Организационно-хозяйственные мероприятия .....	372
36.5.2. Агротехнические мероприятия .....	373
36.5.3. Лесомелиоративные мероприятия .....	374
36.5.4. Гидротехнические мероприятия .....	374
<b>Раздел IV. УЧЕТ, ОЦЕНКА, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ</b> .....	375
<b>Глава 37. Земельные ресурсы России, их использование</b> .....	375
37.1. Классификация земель .....	375
37.2. Состояние земельных ресурсов .....	376
37.3. Принципы рационального использования земель .....	378
<b>Глава 38. Почвенные карты и картограммы. Агропроизводственная группировка почв</b> .....	381
38.1. Виды почвенных карт и картограмм .....	381
38.2. Агропроизводственная группировка почв и земель .....	382
38.3. Использование почвенных карт и картограмм в сельскохозяйст- венном производстве .....	384
38.4. Использование материалов почвенных исследований при земле- устройстве .....	384
38.5. Использование почвенных карт и картограмм при применении удобрений и известковании почв .....	385
38.6. Использование почвенных карт при разработке приемов обра- ботки почв .....	386
38.7. Материалы почвенных исследований и выбор участков под сады .....	387
38.8. Использование материалов почвенных исследований для осуше- ния почв .....	388
38.9. Использование материалов почвенных исследований для ороше- ния земель .....	389
<b>Глава 39. Качественная оценка (бонитировка) почв</b> .....	389
39.1. Бонитировка почв и ее производственное значение .....	389
39.2. Методика и показатели бонитировки почв .....	390
39.3. Экономическая оценка земель .....	397
<b>Глава 40. Агроэкологическая характеристика и охрана почв</b> .....	398
40.1. Экологические функции почвы .....	398
40.2. Агроэкологическая характеристика земель .....	403
40.3. Охрана почв .....	406
<b>Литература</b> .....	409