

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО
ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ-
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

В.Д. Наумов, Н.Л. Каменных

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ

ЧАСТЬ 1. ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Учебное пособие

Москва
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева
2022

УДК 631.4(075)

ББК 40.3я7

Н 34

*Рецензенты: Алябина И.О., доктор биологических наук, профессор
кафедры географии почв МГУ им. Ломоносова;*

*Мазиров М.А., доктор биологических наук, профессор кафедры
земледелия и методики опытного дела РГАУ-МСХА имени К.А.
Тимирязева*

Н 34 **Наумов, В.Д.** Почвоведение и география почв. Часть 1. Почвоведение: учебное пособие / В.Д. Наумов, Н.Л.Каменных; Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева. – Москва: РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева, 2022. – 144 с. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-9675-1874-4

В учебном пособии изложены вопросы морфологии почв, минералогический, гранулометрический и химический состав почв и почвообразующих пород, характеристика органической части почвы, кислотность и щелочность почв, структура и физические свойства почв, водные, воздушные, тепловые и окислительно-восстановительные свойства и режимы почв, почвообразовательный процесс, факторы почвообразование, плодородие почв

Учебное пособие адресовано бакалаврам по направлениям 05.03.06 «Экология и природопользование», 35.03.04 «Агрономия», 05.03.04 «Гидрометеорология»

Рекомендовано к изданию методической комиссией института Агробиотехнологии протокол № ...2022 г.

Naumov V.D. Soil science and geography of soils. Part 1 Soil Science: Textbook / V.D. Naumov, N.L.Kamennykh; Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. - Moscow: RGAU-MSHA named after K. A. Timiryazev, 2022. - 144 p. - Text: electronic.

The textbook describes the issues of soil morphology, mineralogical, granulometric and chemical composition of soils and soil-forming rocks, characteristics of the organic part of the soil, acidity and alkalinity of soils, structure and physical properties of soils, water, air, thermal and redox properties and regimes of soils, soil formation process, factors of soil formation, soil fertility

The textbook is addressed to bachelors in the areas 05.03.06 "Ecology and nature management", 35.03.04 "Agronomy", 05.03.04 "Hydrometeorology"

УДК 631.4(075)

ББК 40.3я7

© Наумов В.Д., Каменных Н.Л., 2022

© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А.

Тимирязева, 2022

Оглавление

ЧАСТЬ 1. ПОЧВОВЕДЕНИЕ	5
Введение	5
1. Морфология почв.....	8
1.1. Почва – четырехфазная структурная система.....	8
1.2. Морфологическое строение почв	10
2. Состав, свойства и режимы почв.....	32
2.1. Минералогический, гранулометрический состав почв	32
2.1.1. Минералогический состав почв	32
2.1.2. Гранулометрический состав почв.....	41
3. Органическая часть почвы	45
3.1. Источники органического вещества почв	45
3.2. Состав органического вещества почв	48
3.3. Состав и свойства гумусовых веществ	50
3.4. Органоминеральные соединения в почвах	52
3.5. Процессы трансформации органических веществ в почвах. Гумусообразование	53
3.6. Органическое вещество в различных типах почв.....	54
4. Химический состав почв и почвообразующих пород	56
4.1. Формы соединений химических элементов в почвах	57
4.2. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почвы.....	61
4.2.1. Виды поглощательной способности почв	61
4.2.2. Почвенный поглощающий комплекс	63
4.2.3. Физическое состояние почвенных коллоидов.....	65
4.2.4. Обменное поглощение катионов	66
4.2.5. Поглощение почвами анионов	68
5. Кислотность и щелочность почв	69
5.1. Кислотность почв.....	69
5.1.1. Агрономическая оценка кислых почв и их мелиорация	71
5.2. Щелочность почв	73
5.2.1. Почвы с щелочной реакцией среды и их мелиорация.....	74
5.3. Буферность почв	76
6. Структура почвы	77
6.1. Факторы структурообразования	78
6.2. Утрата и восстановление структуры почвы	79
7. Физические свойства почвы	80
8. Физико-механические свойства почв.....	83
9. Почвенная вода, водные свойства и водный режим почв.....	87
9.1. Почвенная вода	87
9.2. Формы воды в почве	88
9.3. Водные свойства почвы.....	90
9.4. Водный режим почвы	94
10. Почвенный воздух и воздушный режим почв	96
10.1. Состав свободного почвенного воздуха, его динамика, оптимальные параметры ...	97
10.2. Воздушные свойства почвы.....	99
10.3. Воздушный режим почв и его регулирование	99
11. Тепловые свойства и тепловой режим почв.....	100
11.1. Тепловые свойства почв.....	100

11.2. Тепловой режим почв и его регулирование	102
11.3. Типы теплового (температурного) режима почв	103
11.4. Регулирование теплового режима	104
12. Почвенный раствор и окислительно-восстановительные процессы в почве.....	105
12.1. Почвенные растворы	105
12.2. Окислительно-восстановительные процессы в почвах	107
13. Общая схема почвообразовательного процесса.....	109
13.1. Образование почв.....	109
13.2. Почвообразовательный процесс	110
14. Факторы почвообразования	113
14.1. Климат.....	114
14.2. Роль почвообразующей (материнской) породы как фактора почвообразования	117
14.2.1. Главные генетические типы четвертичных осадочных пород	121
14.3. Рельеф как фактор почвообразования.....	124
14.4. Роль биологического фактора в процессе почвообразования	128
14.5. Время, как фактор почвообразования.....	134
14.6. Роль хозяйственной деятельности человека в почвообразовании	135
14.7. Взаимосвязь и взаимозависимость факторов почвообразования.....	137
15. Плодородие почвы	138
15.1. Виды плодородия.....	139
15.2. Факторы, лимитирующие плодородие почв	140
Библиографический список	142

ЧАСТЬ 1. ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Введение

Почвоведение – это наука о почвах, их образовании (генезисе), строении, составе, свойствах; о закономерностях их географического распространения; о процессах взаимосвязи с внешней средой, определяющих формирование и развитие главного свойства почв – плодородия; о путях и методах её мелиорации, охраны и рационального использования в хозяйственной деятельности человека.

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

Первое научное представление о почве было сформулировано В.В.Докучаевым в его работах 1878-1879 годов, в т.ч. известной «Картографии русских почв» (1879): Под почвой он предложил понимать *«...вполне самостоятельное естественноисторическое тело, которое является продуктом совокупной деятельности: а) грунта, в) климата, с) растений и животных, d) возраста страны и отчасти e) рельефа местности»*. Это положение, получившее впоследствии название учения Докучаева *о факторах почвообразования*.

Позднее, в работе «Разбор главнейших почвенных классификаций» (1886) В.В.Докучаев уточняет понятие о почве: *«Я предложил бы разуметь под почвой исключительно только те дневные или близкие к ним горизонты горных пород (всё равно каких), которые более или менее естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов – живых*

и мертвых, что сказывается известным образом на составе, структуре и цвете таких продуктов выветривания».

В своей последней крупной работе «Лекции о почвоведении» (1901) В.В. Докучаев написал, что почва *«есть функция (результат) от материнской породы (грунта), климата и организмов, помноженная на время».*

Одновременно с докучаевским направлением, в котором почва рассматривалась прежде всего как самостоятельное природное тело в его функциональной зависимости от других природных тел и явлений, в русской науке развивалось и другое направление, связанное с именем П.А. Костычева (1845-1895), которое получило название агрономическое почвоведение. П.А.Костычев обращал внимание в первую очередь не на «входящие» функции почвы, а на «выходящие», на отношение к почве произрастающих на ней растений, т.е. подчеркивал главное свойство почвы – её плодородие. П. А. Костычев определял почву как «Верхний слой земли до глубины, до которой доходит главная масса растительных корней»

В.Р. Вильямса (1863-1939) органически связал генетическое почвоведение с агрономическим. Придерживаясь докучаевского понятия о почве, как сложного специфического природного образования, подчеркивая динамику происходящей в ней процессов, В.Р.Вильямс дал следующее определение *«Под понятием о почве мы разумеем всю совокупность этого сложного комплекса веществ, организмов и их взаимоотношений, находящуюся в состоянии безостановочного, непрерывного изменения».* В настоящее время более известно его определение почвы, где он подчеркивал особое свойство- плодородие: *«Почва - рыхлый, поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений».*

Подходы В. В. Докучаева и П. А. Костычева, В. Р. Вильямса взаимно дополняют и обогащают друг друга, характеризуя в целом русскую почвенно-генетическую школу.

В современном почвоведении принято определение В.А. Ковды, Б.Г. Розанова (1988): «почва — это обладающая плодородием сложная полифункциональная и поликомпонентная открытая многофазная структурная система в поверхностном слое коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени».

Располагаясь на границе соприкосновения и взаимодействия планетарных оболочек — литосферы, атмосферы, гидросферы — и развиваясь в результате их взаимодействия, трансформированного через активную (при жизни) и пассивную (после отмирания) деятельность наземных организмов, почва играет специфическую роль в этой сложной системе земных геосфер, формируя особую геосферу — педосферу, или почвенный покров Земли (рис. 1).

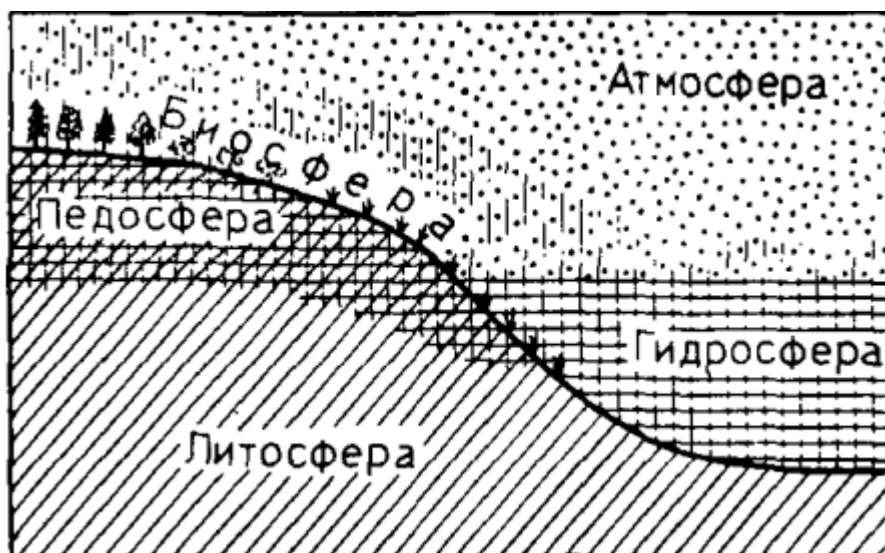


Рис.1. Педосфера в системе земных геосфер

Почвенный покров Земли является важным компонентом биосферы – области распространения жизни на нашей планете. Глобальные функции почвы многогранны, их несколько.

Первая и главная из них — это обеспечение существования жизни на Земле. Именно из почвы растения, а через них и животные, и человек получают элементы минерального питания и воду для создания своей биомассы. В почве аккумулируются необходимые организмам биофильные элементы в доступных для них формах химических соединений. В почве укореняются наземные растения, в ней обитает огромная масса почвообитающих животных, она плотно

населена микроорганизмами. Без почвы существование природных ассоциаций живых организмов на Земле невозможно.

Вторая важнейшая глобальная функция почвы — это обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов (циклов) веществ на земной поверхности.

Третья глобальная функция почвы — регулирование химического состава атмосферы и гидросферы.

Четвертая глобальная функция почвы — регулирование биосферных процессов, в частности плотности жизни на Земле, путем динамичного воспроизводства почвенного плодородия.

Пятая глобальная функция почвы — это аккумуляция активного органического вещества и связанной с ним химической энергии на земной поверхности.

1. Морфология почв

1.1. Почва – четырехфазная структурная система

Почва состоит из четырех фаз: твердой, жидкой, газовой и живой. **Твердая фаза** почвы – это её основа, матрица, которая формируется из горной породы и которая во многом определяет её состав и свойства. Твердую фазу нужно рассматривать как полидисперсную органоминеральную систему, состоящую из первичных, вторичных минералов и органических веществ растительного и животного происхождения, а также продуктов их взаимодействия. Она наименее динамична и образует каркас для других фаз, характеризуется определенными морфологическими признаками, гранулометрическим, минералогическим и химическим составом с одной стороны, и сложением, структурой и порозностью – с другой.

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

функционирования обновляются в течение суток. В холодный период года она переходит в твердое состояние (замерзает), в теплый период часть воды может испаряться и переходить в газообразную фазу. Почвенный раствор характеризуется определенным химическим составом, кислотнo-щелочными и окислительно-восстановительными параметрами и другими показателями. Ему принадлежит ведущая роль в химических, биологических, биохимических и других процессах, протекающих в почвах в вертикальном и латеральном (боковом) переносе веществ. Он является непосредственным источником питания растений.

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

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

Почва является сложной системой, имеющей многоуровневую структурную организацию. Розановым (1988) были определены следующие иерархические уровни структурной организации почвы. **Атомарный** - это наиболее низкий уровень. Материальными элементами этого уровня являются радиоактивные изотопы, естественная и искусственная радиоактивность. Следующий уровень - **кристалломолекулярный**, или **молекулярно-ионный** (молекулы и ионы твердой, жидкой, газообразной и живой фазы почв). Третий уровень структурной организации почвы – уровень **элементарных почвенных частиц** - это

фракции разного размера, выделяемые при гранулометрическом анализе (песок крупный, средний, мелкий; пыль крупная, средняя, мелкая; ил). Эти частицы различаются не только размером, но и составом и свойствами. Четвертый уровень – **почвенные микро- и макроагрегаты**, или структурные отдельности, включающие кроме агрегированных (склеенных) элементарных почвенных частиц специфические новообразования (конкреции, стяжения, пленки и др.). Клеящим веществом в агрегатах являются новообразованные гумусовые вещества, соединения кальция, железа и др. Пятый уровень организации – **почвенный горизонт**. Понятие о почвенном горизонте было введено В.В. Докучаевым, оно прочно вошло в науку и является фундаментальным в почвоведении, поскольку все свойства и параметры почвы приурочены в своих различных количественных проявлениях именно к определенным генетическим горизонтам в пределах почвенного профиля. Закономерное сочетание отдельных почвенных горизонтов дают **почвенный профиль** (почвенный индивидуум). Это шестой уровень структурной организации, характеризующий почву как особое природное тело, состоящий из закономерного сочетания вертикально расположенных генетических горизонтов.

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

1.2. Морфологическое строение почв

Почвы обладают внешними, так называемыми морфологическими признаками, которые отражают внутренние процессы, происходящие в почвах, их происхождение (генезис) и историю развития. Морфологические признаки — внешние признаки почвы, по которым ее можно отличить от горной породы или одну почву от другой, а также приблизительно судить о направлении и сте-

пени выраженности почвообразовательного процесса. К главным морфологическим признакам относятся: строение почвенного профиля, мощность почвы и отдельных ее горизонтов, окраска, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования, включения, вскипание и характер перехода горизонтов.

Строение почвы — определенная смена в вертикальном направлении ее слоев, или генетических горизонтов. Эти горизонты отличаются один от другого цветом, структурой, сложением, химическим, а нередко и гранулометрическим составом, в них по-разному протекают почвенные химические, физико-химические и микробиологические процессы.

То или иное строение почвы приобретают под влиянием природных процессов почвообразования и производственного использования земельных угодий.

В профиле почвы выделяют несколько горизонтов, которые можно подразделить на подгоризонты. Каждый горизонт имеет название и буквенное обозначение (индекс). Обычно выделяют следующие генетические горизонты: Ап — пахотный, Ао — лесная подстилка, Ад — дернина, А — гумусово-аккумулятивный, А1 — гумусово-элювиальный, А2 — элювиальный, В — иллювиальный, переходный, G — глеевый, С — материнская порода, Д — подстилающая порода.

Пахотный горизонт (Ап). Этот горизонт образуется за счет верхних слоев почвы. В зависимости от типа почвы и мощности пахотного горизонта в последний входит весь гумусовый горизонт А(А1) или его часть. Если мощность горизонта Ап превышает мощность горизонта А1: то в него войдут и расположенные ниже горизонты, например в дерново-подзолистой почве горизонт А2 и даже часть горизонта В. Если распахивают целинную почву, то в пахотный слой войдет и горизонт Ао (Ад).

Лесная подстилка (Ао). На непахотных (целинных и залежных) почвах с поверхности залегает горизонт разлагающихся органических остатков с приме-

стью минеральных частиц. В лесах это слой лесной подстилки (опавшие листья, хвоя, ветки и т. д.), а на лугах и в степях дернина (Ад) или степной войлок (опавшие стебли и листья, а также живые и мертвые узлы кущения травянистых растений).

Гумусово-аккумулятивный горизонт (А). Этот горизонт формируется в верхней части почвенного профиля. В нем накапливается (аккумулируется) наибольшее количество органических (гумуса) и питательных веществ. Его окраска чаще более темная по сравнению с другими горизонтами. Характерен для черноземов, каштановых почв и т.д.

Гумусово-элювиальный горизонт (А1) характеризуется тем, что здесь наряду с накоплением гумуса происходит разрушение минералов и частичный вынос продуктов разрушения.

Элювиальный горизонт (А2). Это горизонт, из которого в процессе почвообразования выносятся ряд веществ в нижележащие горизонты или за пределы почвенного профиля. В результате горизонт обедняется глинистыми минералами, полуторными окислами и относительно обогащается кремнеземом. В разных почвах элювиальный горизонт имеет различное наименование (подзолистый — в подзолистых и дерново-подзолистых почвах, осолоделый — в солонках).

Иллювиальный горизонт (В). В нем частично откладываются вещества, которые вымываются из почвенных горизонтов, расположенных выше, а иногда приносятся боковым током почвенно-грунтовых вод с повышенных элементов рельефа. В зависимости от состава мигрирующих по профилю почв продуктов почвообразования иллювиальный горизонт может обогащаться различными соединениями: гумусом (Вh), илом (Vi), карбонатами (Вк), соединениями железа (В_{Fe}). В почвах, где не происходит перемещения минеральной алюмосиликатной основы (черноземы, каштановые почвы), горизонт В не иллювиальный, а переходный от гумусово-аккумулятивного горизонта к почвообразующей породе.

Глеевый горизонт (G). Образуется в гидроморфных почвах. Вследствие длительного или постоянного избыточного увлажнения и недостатка свободного кислорода в почве происходят восстановительные процессы, что приводит к образованию закисных соединений железа и марганца, подвижных форм алюминия, дезагрегированию почвы и формированию глеевого горизонта. Сизовато-серой окраске глеевого горизонта обычно сопутствуют охристые пятна, образовавшиеся в результате попеременного проявления аэробных и анаэробных процессов в почве, а также черные или темно-бурые пятна из железомарганцевых новообразований. Если признаки глеевого процесса проявляются и в других горизонтах, то к их обозначению добавляют букву g, например A2g, B1g и т. д.

Материнская порода (C). Представляет собой не затронутую или слабо затронутую почвообразовательными процессами породу.

Подстилаящая порода (D). Выделяется в том случае, когда почвенные горизонты образовались на одной породе, а ниже располагается другая по генезису или свойствам почвообразующая порода.

Для более детальной индексировки горизонтов и отражения некоторых особенностей генезиса или состава генетических горизонтов почв к основным обозначениям добавляют буквы, которые ставят справа и снизу основного индекса: A2g, Bg. Так, g обозначает признаки оглеения в данном горизонте; s — накопление легкорастворимых солей; k (ca) — обогащение карбонатами; h — накопление иллювирированного (вмытого) гумуса; g(cs) — скопление гипса; m — выделение метаморфических горизонтов; f — выделение иллювиально-железистых горизонтов.

Органические торфяные горизонты обозначаются индексом T (T1, T2, T3) — соответственно неразложившийся, слаборазложившийся, средне- и сильно-разложившийся органический материал.

Почвы имеют различное строение профиля. В одних случаях горизонты четко выделяются на почвенном профиле, в других — слабо. Это зависит глав-

ным образом от характера почвообразовательного процесса, возраста почвы и особенностей материнских пород. В почвоведении такие горизонты принято называть генетические горизонты. В случае постепенной смены одного горизонта другим обособляется переходный горизонт, несущий признаки обоих горизонтов. Такие горизонты обозначают двойными основными буквенными индексами: A0A1, A1A2, A2B, B/C и т. п. В молодых почвах генетические горизонты выражены неотчетливо.

По характеру соотношения генетических горизонтов все почвенные профили можно сгруппировать в несколько типов (рис. 2).

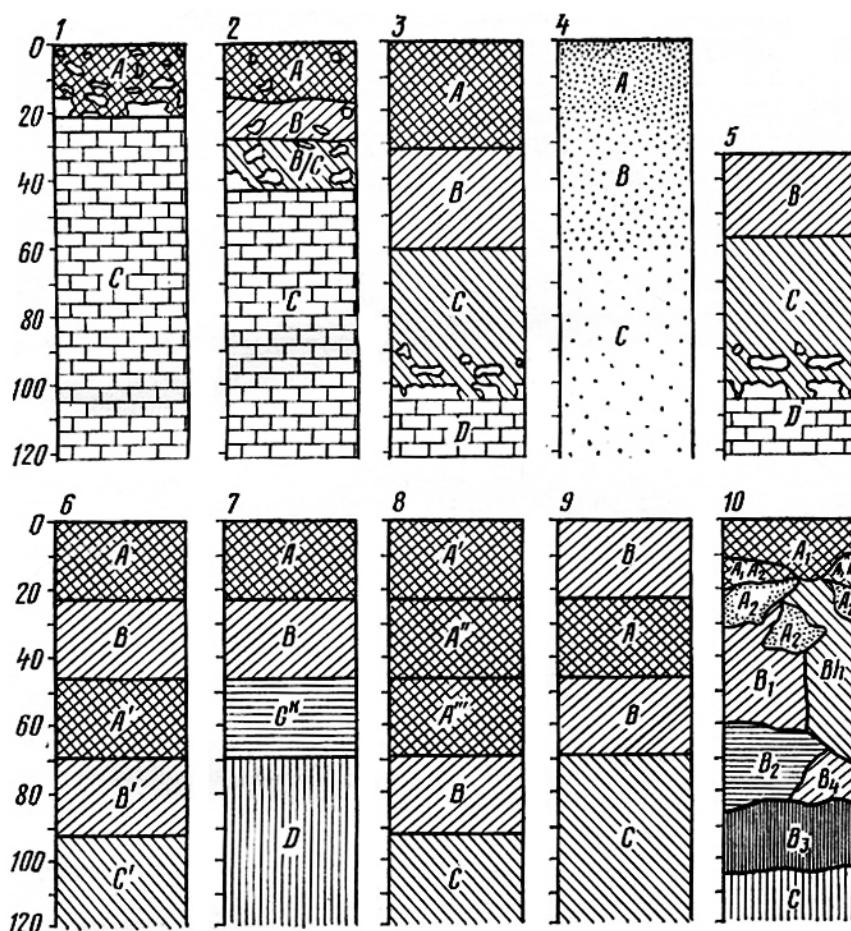


Рис. 2. Типы строения почвенных профилей

1 — примитивный; 2 — неполноразвитый; 3 — нормальный; 4 — слабодифференцированный; 5 — нарушенный (эродированный); 6 — реликтовый; 7 — многочленный; 8 - полициклический; 9 — нарушенный (перевернутый); 10 — мозаичный

Примитивный профиль имеют почвы в начальных стадиях своего формирования, когда почвообразованием затронута лишь самая поверхностная часть

породы. Профиль слабо дифференцирован на горизонты, мощность его составляет от нескольких сантиметров до несколько десятков сантиметров.

Неполноразвитый профиль формируется на массивно-кристаллических плотных породах или на крутых склонах. В таких условиях образуются почвы также с небольшой мощностью профиля — несколько десятков сантиметров при полном наборе генетических горизонтов, присущих данному типу, но с небольшой их мощностью. Часто такие профили имеют горные почвы.

Нормальный профиль — наиболее часто встречающийся, характерен для зрелых почв, формирующихся на рыхлых породах в равнинных условиях; почвы имеют полный набор генетических горизонтов, свойственных данному типу почвообразования.

Слабодифференцированный профиль присущ почвам, развивающимся на породах, бедных легко выветривающимися минералами (кварцевые пески, древние ферралитные коры выветривания). Генетические горизонты слабо выражены (расплывчатые).

Нарушенный профиль характерен для эродированных почв, у которых уничтожена верхняя часть профиля.

Реликтовый профиль — сложный, в нем присутствуют различные по генезису погребенные горизонты (отдельные или целые профили) или горизонты, характерные для предшествующих фаз почвообразования.

Многочленный профиль свойствен почвам, формирующимся на многочисленных породах при их смене обычно в пределах 100 см от поверхности.

Полициклический профиль развивается в условиях периодического отложения почвообразующего материала, например в условиях отложения вулканического пепла, в поймах при отложениях аллювия.

Нарушенный (перевернутый) профиль приобретают почвы, подвергнутые искусственному смещению генетических горизонтов (плантаж, ярусная обработка) или интенсивному перемешиванию естественного профиля землероями.

Мозаичный профиль образуется при большой пространственной неоднородности сочетания генетических горизонтов.

Кроме того, профили могут различаться и систематизироваться по характеру распределения веществ. Например, аккумулятивный профиль присущ почвам с максимальным накоплением веществ с поверхности (гумусово-аккумулятивный профиль); элювиальный характеризуется обеднением (выносом) веществ в профиле, элювиально-иллювиальный— обеднением веществ (например, ила или R_2O_3) в верхней части профиля и накоплением их в средней или нижней части и т. п.

Каждому почвенному типу свойственно свое сочетание горизонтов. Поэтому некоторые из них могут в том или ином профиле отсутствовать. Профиль основных типов почв подробно рассмотрен в учебном пособии «Почвоведение и география почв» Часть 2.

Мощность почвы и отдельных её горизонтов. Мощностью почвы называется ее вертикальная протяженность, то есть толщина «от ее поверхности вглубь до не измененной почвообразовательными процессами части материнской породы» (А. Н. Сабанин). У различных почв мощность неодинакова, от нескольких сантиметров у примитивной (слаборазвитой) почвы до нескольких метров (в зрелой почве), чаще эти колебания составляют от 40—50 см до 100—150 см.

Отмечая мощность того или иного горизонта, указывают его верхнюю и нижнюю границы, например A_p — 0—20 см, A_1 — 20—27 см и т. д. При таком отсчете видна не только мощность горизонта, но и глубина его расположения.

Мощность почвы важный количественный показатель, который учитывается при выделении почв на таксономическом уровне вида, поэтому данный показатель определяется с точностью до 1 см.

При выделении почвенных горизонтов необходимо обращать внимание на характер границы между ними. Различают границы: ровные, извилистые, постепенные, ясные, резкие.

При *ровной границе* переход от одного горизонта к другому имеет вид прямой или слабоволнистой линии.

Извилистая граница наблюдается в том случае, когда одни почвенные горизонты заходят в другие в виде «языков», «затеков» или «карманов». В этом случае для установления мощности горизонтов берут среднее из нескольких измерений с указанием пределов колебаний мощности.

Переход считается *постепенным*, если окраска одного горизонта сменяется другой на протяжении более 5 см, *ясным* — на протяжении 2-5 см и *резким* — на протяжении не более 2 см.

Влажность почвы. Указание на влажность почвы при ее описании весьма существенно для правильной интерпретации многих морфологических признаков, определяемых в полевых условиях, особенно окраски, сложения, твердости. Естественно, в полевых условиях можно дать лишь качественную, приближенную характеристику влажности, но это вполне достаточно для целей морфологического анализа. При полевом определении влажности можно пользоваться следующими критериями:

Сухая почва — песчаная почва рассыпается свободно отдельными зернами; не холодит руку; суглинистая и глинистая почва пылит или свободно рассыпается твердыми комками разного размера; не холодит руку;

Свежая (влажноватая) почва — песчаная почва рассыпается как зернами, так и непрочными агрегатами, обладающими некоторой связностью; холодит руку на ощупь; суглинистая и глинистая почва рассыпается мягкими комками; холодит руку на ощупь; при быстром подсыхании на воздухе немного светлеет;

Влажная почва — песчаная почва связная, не рассыпается свободно на отдельные зерна; сильно холодит руку на ощупь; сильно увлажняет фильтровальную бумагу; при сжатии в руке не сохраняет приданную форму; суглинистая и глинистая почва сильно холодит руку на ощупь; немного увлажняет фильтровальную бумагу; при подсыхании заметно светлеет; при сжатии в руке сохраняет приданную форму;

Сырая почва — песчаная почва связная, не рассыпается; при сжатии в руке сохраняет приданную форму; при сжатии в руке вода смачивает руку и сочится между пальцами; суглинистая и глинистая почва при сжимании в руке превращается в тестообразную массу и хорошо формуется, а вода смачивает руку, но не сочится между пальцами;

Мокрая почва — песчаная почва течет; это — пливун; суглинистая и глинистая почва сохраняет свою форму, но при сжатии в руке вода сочится между пальцами.

Как правило, влажность верхних горизонтов почвы однородная. В нижних же горизонтах почвы могут быть случаи наличия линз, гнезд, других форм разных степеней увлажнения, что должно быть соответственно описано; в стенке разреза могут быть и микророднички, из которых сочится вода, особенно по некоторым трещинам, крупным порам, ходам корней.

При описании высушенных монолитов в аудитории, данный показатель не определяется или фиксируется воздушно-сухое состояние почвы.

Окраска почвы. Окраска почв представляет наиболее доступный и прежде всего бросающийся в глаза морфологический признак. С учетом других признаков и свойств окраска почвы — существенный показатель принадлежности ее к тому или иному типу. Недаром многие почвы получили название в соответствии со своей окраской — подзол, краснозем, чернозем и т. д. Окраска почв отражает их зональные особенности: каждой почвенно-климатической зоне присущи характерные цветовые оттенки почв. Так, почвы таежно-лесной зоны имеют светлые, серые и белесые тона, почвы лесостепной зоны — серые и темно-серые, лугово-степной (черноземной) — темно-серые и черные, почвы сухих и пустынных степей — каштановые и бурые тона и т. д.

Окраска почв изменяется не только в зональном масштабе, но и внутри зон. Часто на небольшой площади встречаются почвы, резко отличающиеся одна от другой по цвету, что дает возможность судить о смене их и при картировании более точно наносить на карту.

В окраске почвы, в их оттенках и переходах очень ярко отражаются особенности почвообразовательного процесса. Поэтому наблюдения за окраской, за изменением цветовых оттенков в различных почвах, а также в одной и той же почве, но в разных ее горизонтах могут дать много для понимания сущности происходящих в почвах процессов и для раскрытия их происхождения (генезиса).

Окраска почв имеет и большое агрономическое значение. Практики-земледельцы всех континентов с давних времен судили о качестве земель, о плодородии почв по их окраске. При этом большое плодородие почв чаще ставилось в зависимость от богатства гумусом, а, следовательно, было связано с черной или темно-серой окраской. Окраска почвы определяется окраской тех групп веществ, из которых она складывается, но зависит также от гранулометрического состава, физического состояния и степени увлажнения.

По С. А. Захарову, наиболее важными для окраски почв являются следующие три группы соединений: 1) гумус; 2) соединения железа; 3) кремнекислота, углекислая известь и каолин.

Гумусовые вещества обуславливают черную, темно-серую и серую окраску. В некоторых случаях черная окраска может быть связана и с другими причинами. Так, в верхних горизонтах подзолистых и дерново-подзолистых почв в виде очень небольших пятен (пунктуации) встречаются скопления окислов и гидратов окислов марганца, имеющих черный цвет. Черный цвет болотных почв иногда может быть обусловлен присутствием сернистого железа. И, наконец, темная окраска может зависеть от цвета почвообразующей породы, на которой почва сформировалась. Например, все горизонты почвы, формирующейся на юрских глинах или на углистых сланцах, имеют темную окраску.

Соединения окисного железа придают почве красную, оранжевую и желтую окраску. Наибольшую роль из соединений окисного железа играют безводные (Fe_2O_3) и водные ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) окиси (гидраты). *Соединения закисного железа* окрашивают почву или отдельные ее горизонты и участки в сизые и голубо-

ватые тона. Встречающийся, например, в болотных почвах *вивианит* [$\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$] придает им зеленовато-голубой оттенок.

Кремнезем (SiO_2), *углекислый кальций* (CaCO_3) и *каолинит* ($\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 \cdot \text{H}_2\text{O}$) обуславливают белую и белесую окраску. В ряде случаев заметную роль в приобретении почвой белесоватых оттенков могут играть гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) и легкорастворимые соли (NaCl , $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ и др.).

Различное сочетание указанных трех групп веществ определяет большое разнообразие почвенных цветов и оттенков, сведенных С. А. Захаровым в одну схему (рис. 3).

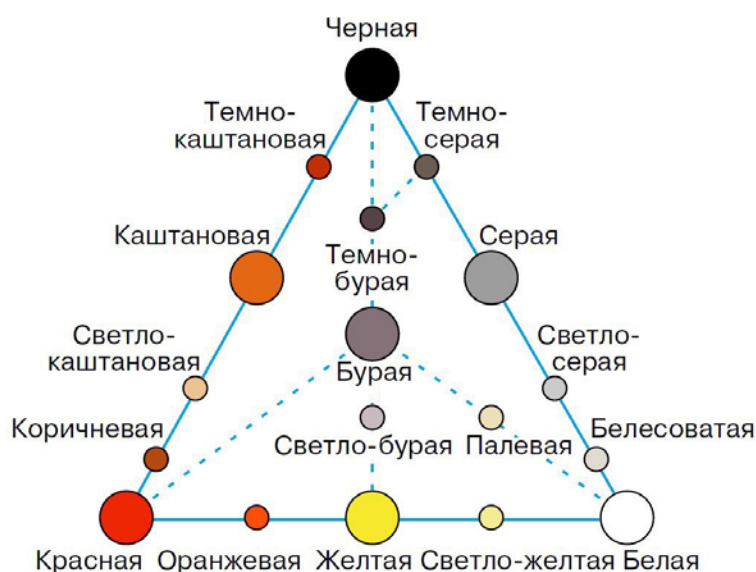


Рис.3. Треугольник цветов С.А.Захарова

На окраску влияют структурное состояние и влажность почвы. Почвы, находящиеся в комковатом, зернистом или глыбистом состоянии, кажутся темнее, чем в распыленном (бесструктурном). Влажные всегда кажутся более темными, чем сухие. Более темная окраска в полевых условиях наблюдается утром и вечером. Поэтому определять ее в ранние и поздние часы нежелательно.

Окраску обычно трудно бывает охарактеризовать каким-нибудь одним цветом, поэтому приходится указывать степень ее интенсивности (например, светло-бурая, темно-бурая), отмечать оттенки (например, белесая с желтоватым оттенком) или же называть промежуточные тона (коричнево-серая, серо-бурая).

Окраска почвенных горизонтов может быть однородной и неоднородной. Можно различать равномерную однородную окраску — тон и интенсивность ее сохраняются в пределах всего горизонта — и неравномерную однородную окраску — постепенное изменение ее тона и интенсивности от верхней части к нижней.

Неоднородная окраска характеризуется наличием различно окрашенных участков (пятен, полос) в пределах одного горизонта. При этом различают: пятнистую окраску — на фоне основной окраски горизонта выделяются пятна другого цвета (например, охристые и ржавые пятна на сером фоне глеевого горизонта); полосчатую — чередование полос разного цвета; мраморовидную — пестрая окраска с наличием узоров и пятен разного цвета; крапчатую — наличие мелких пятнышек различного цвета по однородному фону окраски горизонта. Если почвенные горизонты не имеют однородной окраски, их характеризуют как пестрые или пятнистые. При этом отмечают основной тон окраски и цвет пятен.

Помимо визуального метода определения цвета окраски необходимо использовать «Стандартную цветовую шкалу для полевого определения и кодировки окраски почв по Манселу».

Гранулометрический состав – важнейшая характеристика почвы. От него зависят практически все свойства почвы и плодородие. Естественно, и морфология почвы определяется её гранулометрическим составом. Поэтому изучение гранулометрического состава в поле или в лаборатории является первым необходимым этапом исследования почвы как природного тела.

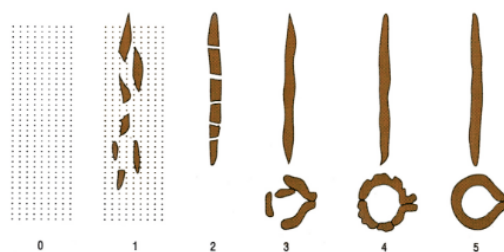
Подробно гранулометрический состав почв изложен в разделе 2.1.2. В полевых условиях гранулометрический (механический) состав почвы определяют следующим образом: берут комочек почвы, смачивают и разминают пальцами до консистенции теста. В таком состоянии вода не отжимается, а почва блестит и мажется. Хорошо размятую почву раскатывают между ладонями и шнур сворачивают в колечко (толщина шнура около 3 мм, диаметр кольца

около 3 см). Пески не образуют шнура; супеси дают зачатки шнура; у легких суглинков шнур образуется, но распадается на дольки; средние суглинки дают сплошной шнур, но при свертывании в кольцо он разламывается на дольки; шнур образуется сплошной, но при свертывании в кольцо трескается – тяжелый суглинок; глины дают сплошной шнур, который свертывается в кольцо, не трескаясь. Далее по таблице и рисункам вы можете установить нужные показатели (табл.1).

Таблица 1

Определение гранулометрического состава почв в полевых условиях(по Н.А.Качинскому)

Гранулометрический тип почв	Свойства скатываемого комка
0 – песок, непластичный	скатать комок или шнур не получается
1 – супесь, очень слабопластичная	почва скатывается в непрочный шарик, но не скатывается в шнур
2 – легкий суглинок, слабопластичный	почва скатывается в короткие толстые цилиндрики, колбаски, которые растрескиваются при сгибании
3 – средний суглинок, среднепластичный	почва скатывается в шнур диаметром 2-3мм, который легко ломается при дальнейшем скатывании или растрескивается при сгибании
4 – суглинок тяжелый, очень пластичный	почва скатывается в тонкий, меньше 2мм в диаметре шнур, который надламывается при сгибании его в кольцо диаметром 2-3см
5 – глина, высокопластичная	почва скатывается в длинный, тонкий, меньше 2мм шнур, который сгибается в кольцо диаметром 2-3см без нарушения его цельности



Стандартные критерии полевого определения гранулометрического состава почв

Структура почвы — отдельности (агрегаты), на которые способна распадаться почва. Они состоят из соединенных между собой механических элементов и мелких агрегатов.

Форма, размер и качественный состав структурных отдельностей в различных почвах, а также в одной почве, но в разных ее горизонтах неодинаковы.

По С. А. Захарову, различают три основных типа структуры (рис.3):

- кубовидную — структурные отдельности равномерно развиты по трем взаимно перпендикулярным осям;

- призмovidную — отдельные развиты преимущественно по вертикальной оси;
- плитовидную — отдельные развиты преимущественно по двум горизонтальным осям и укорочены в вертикальном направлении.

Каждый из перечисленных типов в зависимости от характера ребер, граней и размера подразделяется на более мелкие единицы (рис. 4, табл. 2).

В зависимости от размера структуру подразделяют (по П. В. Вершинину) на следующие группы:

мегаструктура (глыбистая) — больше 10 мм;

макроструктура — 10 — 0,25 мм;

грубая микроструктура — 0,25—0,01 мм;

тонкая микроструктура — меньше 0,01 мм.

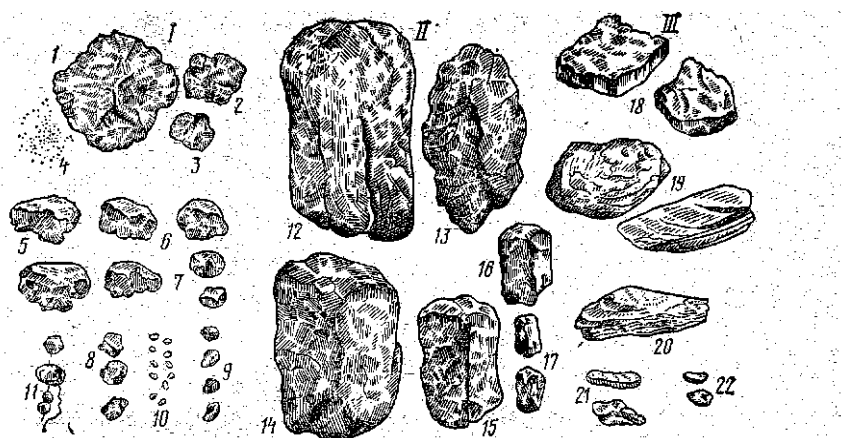


Рис. 4. Главнейшие виды почвенной структуры по С. А. Захарову:

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

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

III тип: 18 — сланцеватая; 19 — пластинчатая; 20 — листоватая; 21 — грубочешуйчатая; 22 — мелкочешуйчатая

Почва может быть структурной и бесструктурной. При структурном состоянии масса почвы или породы разделена на отдельные той или иной формы и размера. При бесструктурном или раздельночастичном состоянии отдельные механические элементы, слагающие почвы, не соединены между собой в более крупные отдельные, а существуют раздельно или залегают сплошной

сцементированной массой. Рыхлый песок — типичный пример бесструктурного состояния. В бесструктурном состоянии могут находиться почвы и иного гранулометрического состава. Между структурными и бесструктурными почвами имеются и переходные почвы, у которых структура выражена слабо.

В любом из почвенных горизонтов структурные отдельности не бывают одного размера и одной формы. Чаще всего структура бывает смешанной, что при описании отмечают двумя или даже тремя словами: комковато-зернистая, комковато-пылеватая, комковато-пластинчато-пылеватая и т. д.

Таблица 2

Классификация структуры

Род	Вид	Размер
I тип. К у б о в и д н а я		
Глыбистая – неправильная форма и неровная поверхность	Крупноглыбистая	>10 см
	Мелкоглыбистая	10-1 см
Комковатая – неправильная округлая форма, неровные округлые и шероховатые поверхности разлома, грани не выражены	Крупнокомковатая	10-3 мм
	Комковатая	3-1 мм
	Мелкокомковатая	1-0,25 мм
	Пылеватая	<0,25 мм
Ореховатая – более или менее правильная форма, грани хорошо выражены, поверхность ровная, ребра острые	Крупноореховатая	>10 мм
	Ореховатая	10-7 мм
	Мелкоореховатая	7-5 мм
Зернистая - более или менее правильная форма, иногда округлая, с выраженными гранями, то шероховатыми, матовыми, то гладкими и блестящими	Крупнозернистая (гороховатая)	5-3 мм
	Зернистая (крупитчатая)	3-1 мм
	Мелкозернистая (порошистая)	1-0,5 мм
II тип. П р и з м а т и ч е с к а я		
Столбовидная – отдельности слабо оформлены, с неровными гранями и округленными ребрами	Крупностолбовидная	>5 см
	Столбовидная	3-5 см
	Мелкостолбовидная	<3 см
Столбчатая – правильной формы, с довольно хорошо выраженными вертикальными гранями и округлым основанием («головкой» и плоским нижним	Крупностолбчатая	5-3 см
	Мелкостолбчатая	<3 см
Призматическая – грани хорошо выражены, с ровной глянцевой поверхностью, с острыми ребрами	Крупнопризматическая	5-3 см
	Призматическая	3-1 см
	Мелкопризматическая	1-0,5 см
	Тонкопризматическая	0,5 см
	Карандашная (при длине отдельностей 5 см)	<1 см

III тип. Плитовидная		
Плитчатая (слоевая) – с более или менее развитыми горизонтальными плоскостями спайности	Сланцеватая	>5 мм
	Плитчатая	5-3 мм
	Пластинчатая	3-1 мм
	Листоватая	<1 мм
Чешуйчатая – со сравнительно небольшими горизонтальными плоскостями спайности и часто острыми гранями	Скорлуповатая	>3 мм
	Грубочешуйчатая	3-1 мм
	Мелкочешуйчатая	<1 мм

Различным генетическим горизонтам почв присущи определенные формы структуры. Так, комковатая и зернистая структура присуща дерновым горизонтам, пластинчато-листовая — элювиальным, ореховатая — иллювиальным (особенно серым лесным почвам). Призматическая структура типична для иллювиальных горизонтов подзолистых и лесостепных почв, сформировавшихся на тяжелых покровных суглинках, или для черноземов и каштановых почв, образовавшихся на суглинистых и глинистых породах, имеющих в поглощенном состоянии натрий.

При оценке почвенной структуры надо отличать морфологическое понятие структуры от агрономического. В морфологическом отношении хороша структура, которая четко выражена: ореховатая или призматическая — иллювиального горизонта, пластинчатая — подзолистого и т. д. В агрономическом отношении благоприятной будет комковато-зернистая структура верхних горизонтов почвы размером от 0,25 до 10 мм, обладающая водопрочностью и активной пористостью.

Сложение — внешнее выражение плотности, пористости и трещиноватости почвы. Оно зависит от гранулометрического состава, структуры, а также от деятельности почвенной фауны и развития корневых систем растений. Кроме того, плотность определяется и цементированием почвенных частиц минеральными коллоидами — кремнекислотой и полуторными окислами. По степени плотности почвы подразделяют на: слитые (очень плотные), плотные, рыхлые, рассыпчатые.

Слитое сложение характеризуется очень плотным прилеганием частиц, образующих нередко сцементированную, с большим трудом разламывающуюся массу; нож в нее не входит, можно его лишь вбить. Присуще для иллювиальных горизонтов солонцов и сцементированных, оруденелых горизонтов подзолистых почв.

Плотное сложение требует значительных усилий для вдавливания ножа в почву. Оно типично для иллювиальных горизонтов суглинистых и глинистых почв.

Рыхлое сложение наблюдается в хорошо оструктуренных гумусовых горизонтах, а также в пахотных, если почву обрабатывали в спелом состоянии.

Рассыпчатое сложение характерно для пахотных горизонтов песчаных и супесчаных почв. Частицы почвы, не связаны друг с другом и масса почвы обладает сыпучестью.

Пористость характеризуется формой и размерами пор внутри структурных отдельных или между ними.

По расположению пор внутри структурных отдельных различают следующие типы сложения:

- 1) тонкопористое — почва пронизана порами диаметром менее 1 мм,
- 2) пористое — диаметр пор колеблется от 1 до 3 мм, примером подобного сложения может служить лёсс;
- 3) губчатое — в почве встречаются пустоты размером от 3 до 5 мм;
- 4) ноздреватое (дырчатое) — в почве имеются пустоты диаметром от 5 до 10 мм, подобное сложение, обусловленное деятельностью многочисленных землероев, встречается в сероземных почвах, оно характерно также для известковых туфов;
- 5) ячеистое — пустоты превышают 10 мм, встречается в субтропических и тропических почвах;
- 6) трубчатое — пустоты в виде каналов, прорытых землероями.

По расположению пор между структурными отдельностями различают следующие типы сложения почв в сухом состоянии:

- 1) тонкотрещиноватое — при ширине полостей меньше 3 мм;
- 2) трещиноватое — при ширине полостей от 3 до 10 мм;
- 3) щелеватое — полости шириной больше 10 мм.

Сложение — важный показатель при агрономической оценке почвы. От него зависит возможность обработки почвы сельскохозяйственными орудиями, а также проникновение воды и корней растений в почву.

Новообразования — скопление веществ различной формы и химического состава, которые формируются и откладываются в горизонтах почвы под влиянием почвообразования. В результате физических, химических и биологических процессов, происходящих в почвах, а также непосредственного воздействия на почву растений и животных возникают новообразования химического и биологического происхождения. *Химические новообразования* в почве возникают вследствие химических процессов, которые приводят к появлению различного рода соединений. Последние могут выпадать в осадок или на месте образования, или, перемещаясь с почвенным раствором в горизонтальном, вертикальном направлениях, в некотором (иногда значительном) отдалении от места своего первоначального возникновения. Выпадая в осадок вследствие коагуляции, кристаллизации или в результате других причин и накапливаясь при многократном повторении указанных явлений, эти соединения формируются в химические новообразования.

Химические новообразования по форме разделяют на следующие группы:

- 1) выцветы и налеты — химические вещества (например, растворимые соли), которые выступают на поверхности почвы или на стенке разреза в виде тончайшей пленочки;
- 2) корочки, примазки, потеки, которые, выступая на поверхности почвы или по стенкам трещин, образуют слой небольшой толщины;
- 3) прожилки и трубочки — вещества занимают ходы червей или корней,

поры и трещины почвы;

4) конкреции и стяжения — скопления различных веществ более или менее округлой формы;

5) прослойки — вещества накапливаются в больших количествах, пропитывая отдельные слои почвы.

По составу химические новообразования подразделяют на следующие группы.

1. Скопления легкорастворимых солей, главным образом NaCl , CaCl_2 , MgCl_2 , Na_2SO_4 . Они встречаются в засоленных почвах и породах, чаще в условиях сухой полупустынной и пустынной степи. Наиболее характерные формы скопления легкорастворимых солей — налеты и выцветы, белые корочки и примазки, крупинки и отдельные кристаллы солей.

2. Скопления гипса. Они отмечаются в тех же почвах, что и легкорастворимые соли. Характерными формами являются выцветы и налеты, корочки и прожилки. Если прожилки гипса образуют сложную сеть, их называют лжегрибницей за сходство с белыми нитями мицелия грибов. Гипс встречается также в форме крупных кристаллов, стекловидных пластинок или крупных сердцевидных сростков, называемых «земляные сердца».

3. Скопления углекислой извести. Её новообразования встречаются в почвах почти всех зон, но наиболее типичные формы образуются в черноземах. По форме они подразделяются на:

- налеты, придающие почве «седину»;
- известковую плесень в виде скопления тончайших игольчатых кристаллов углекислого кальция;
- карбонатную лжегрибницу, или псевдомицелий, — очень тонкие прожилки мучнистой кристаллической извести;
- белоглазку — белые рыхлые округлой формы диаметром 1—2 см скопления извести с резко очерченными краями, четко выступающие на фоне почвенных горизонтов;

- журавчики — плотные скопления извести различной формы и размера;
- дутики — такие же скопления извести, как и журавчики, но пустые внутри;
- погремки, или орляки, — большие и плотные скопления извести в диаметре до 10 см, внутри пустые, с отвалившимися твердыми кусочками извести, которые гремят при встряхивании;
- желваки—большие плотные скопления извести, достигающие в поперечнике 20 см; слои мергеля, или луговой извести, встречающиеся в низинных торфяниках и заболоченных почвах в поймах рек. Образуются в результате приноса углекислого кальция грунтовыми водами и отложения его в толще почвенных горизонтов.

4. Скопления окислов и гидратов окисей железа, марганца и фосфорной кислоты. Эти образования наиболее характерны для почв дерново - подзолистой зоны и влажных субтропиков, а в условиях избыточного увлажнения нередко встречаются и в почвах других зон.

Можно выделить следующие их формы:

- налеты, пленки и выцветы бурого и темно-бурого цвета, образующиеся с поверхности структурных отдельностей или по стенкам трещин;
- примазки, пятна и потеки различного цвета и оттенка (охристоржавые, коричнево-бурые, черные и т. д.);
- псевдофибры и ортзанды — прожилки и прослойки полуторных окислов в песчаных почвах и породах, мощность их колеблется от долей сантиметра до 10—20 см, наиболее тонкие прослойки называют псевдофибрами, а широкие — ортзандами, почвы или породы с указанными образованиями бывают прочно сцементированы и приобретают характерное полосатое строение («тигровые» пески);
- железистые трубочки — скопления железа по корневым ходам;
- конкреции и бобовины — прочные скопления округлой формы, ве-

личиной от мелкой дробинки до грецкого ореха, иногда они выступают на вертикальной стенке разреза в виде беспорядочно разбросанных темно-бурых или черных точек и тогда получают название железомарганцевой пунктуации;

- ортштейн, рудяк — плотные скопления полуторных окислов, соединений фосфора и органического вещества, образуют сплошные, прочно сцементированные прослойки темно-бурого или почти черного цвета.

5. Закисные соединения железа. Они образуются в условиях избыточного увлажнения почв при анаэробных процессах, поэтому встречаются главным образом в болотных и заболоченных почвах. Закисные соединения железа встречаются в виде сизоватых или сизовато-серых пленок и пятен и сизоватых корочек на поверхности структурных отдельностей и по стенкам трещин, а также в виде синих выцветов вивианита, чаще всего в торфяных почвах.

6. Скопления кремнекислоты встречаются в виде следующих форм:

- кремнеземистая присыпка — тончайший белесый налет на поверхности структурных отдельностей, представляющий собой мелкие фракции кварца и полевых шпатов, с поверхности которых удалены пленки гумуса и гидроокиси железа;

- прожилки и пятна — скопления кремнезема округлой формы в порах и более крупных промежутках .

В подзолистом горизонте подзолистых почв кремнекислота пропитывает весь горизонт и образует отдельные затеки, языки, карманы, которыми он внедряется в нижележащие горизонты.

7. Выделения и скопления органических веществ:

- гумусовые потеки и корочки, покрывающие поверхность структурных отдельностей или стенки трещин черной лакировкой;

- гумусовые пятна, карманы, языки — проникновение перегнойных веществ в нижележащие горизонты по трещинам на значительную глубину.

Новобразования биологического происхождения (животного и растительного) могут иметь следующие формы:

- червоточины — извилистые ходы — каналы червей;
- капролиты образования в виде небольших клубочков, представляющие собой кусочки земли, прошедшие через пищеварительный аппарат червей и пропитанные их выделениями;
- кротовины — пустые или заполненные ходы роющих животных (сусликов, сурков, кротов и др.);
- корневины - сгнившие крупные корни растений;
- дендриты - узоры мелких, корешков на поверхности структурных отдельностей.

По новообразованиям в почве можно судить о её генезисе и агрономических свойствах. Так, сизоватые и ржаво-охристые пятна в верхних горизонтах говорят о том, что почвы образовались в условиях некоторого заболачивания. И если эти новообразования — результат современного, а не ранее протекавшего почвообразовательного процесса, то они указывают на явно неблагоприятные агрономические свойства таких почв для сельскохозяйственных культур.

Включениями называют присутствующие в почве тела органического или минерального происхождения, образование которых не связано с почвообразовательным процессом.

К включениям относятся: корни и другие части растений различной степени разложения (корневища, луковицы, запаханые пожнивные остатки и навоз, остатки лесной подстилки и т. д.); раковины и кости животных; валуны и другие обломки горных пород; кусочки кирпича, угля, стекла и т. п.; археологические находки (кости животных, посуда, черепки, остатки оружия и украшений и т.п.).

При описании почвенного разреза, кроме учета рассмотренных выше морфологических признаков, определяют:

- Градацию обилия корней;
- Степень разложенности растительных остатков;
- Вскипание карбонатов от HCl (градации характера вскипания, сте-

пень выраженности вскипания, глубина вскипания);

- Характер переходов между горизонтами (градации переходов между горизонтами, типы границ между горизонтами).

2. Состав, свойства и режимы почв

2.1. Минералогический, гранулометрический состав почв

2.1.1. Минералогический состав почв

Минеральная часть почв в подавляющем большинстве случаев составляет 55—60% ее объема и до 90—97% массы. Общее число минералов, находящихся в почвах и почвообразующих породах, исчисляется сотнями. Каждый минерал обладает определенным химическим составом и имеет характерное для него внутреннее строение, т. е. определенное расположение атомов в кристаллической решетке. Минералы почв и почвообразующих пород изучает особый раздел почвоведения — минералогия почв. Минералами называются однородные природные химические соединения элементов или самородные элементы, образующиеся в глубоких слоях литосферы и на ее поверхности.

Все минералы почв и почвообразующих пород делятся на три основные группы:

1. первичные минералы, оставшиеся неизменными после разрушения массивно-кристаллических пород литосферы Земли;
2. вторичные глинистые минералы и окислы, образовавшиеся главным образом в результате комплекса процессов выветривания и почвообразования из первичных минералов и продуктов их разрушения;
3. растворимые минералы — соли, которые могут находиться в почвенном растворе и в сухих условиях переходить в твердую фазу почвы

Первичные минералы

Первичные минералы слагают магматические породы, а в рыхлых породах и почвах являются остаточным материалом выветривания исходных пород. Первичные минералы представлены преимущественно частицами больше 0,001

мм, вторичные — меньше 0,001 мм. В большинстве почв первичные минералы преобладают по весе над вторичными, за исключением ферраллитных почв, в которых первичных минералов часто меньше, чем вторичных.

Наибольшее распространение в почвах и породах имеют силикаты: кварц, полевые шпаты, амфиболы (роговые обманки и пироксены), слюды. В составе магматических пород преобладают полевые шпаты (около 60%), амфиболы и пироксены (около 17%), кварц (12%), слюды (около 4%), прочие (около 7%). В осадочных породах и почвах преобладает кварц (40-60% и более), как наиболее устойчивый к выветриванию, затем идут полевые шпаты (до 20%), слюды (3-7%). Средний минералогический состав магматических пород следующий (по Ф. У. Кларку):

Минералы	Содержание,	%
Полевые шпаты		59,5
Кварц		12,0
Амфиболы (роговые обманки) и пироксены		16,8
Слюды		3,8
Прочие		7,9

Свойства силикатов, в том числе устойчивость к выветриванию, определяются строением кристаллической решетки, состоящей из кремнекислородных тетраэдров (SiO_4)⁴⁻. Во всех силикатах каждый атом кремния соединен с четырьмя атомами кислорода, расположенными в вершинах тетраэдра, в центре которого находится атом кремния. Кремнекислородный тетраэдр обладает четырьмя свободными валентными связями, которые могут быть компенсированы присоединением катионов или соединением с другими кремнекислородными тетраэдрами. Тетраэдры, соединяясь через кислородные ионы, могут образовывать различные сочетания, или типы структур: островные (оливин), ленточные (амфиболы), листовые (слюды), каркасные (полевые шпаты, кварц) (рис.5).

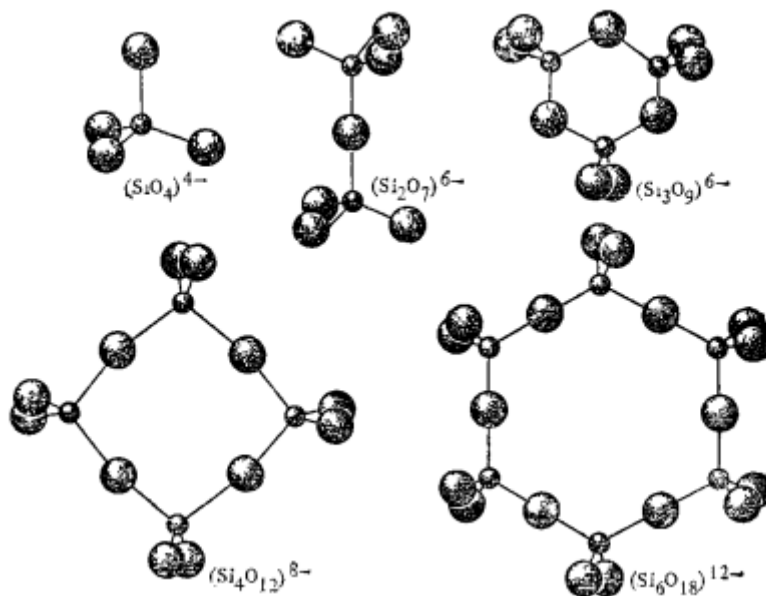


Рис.5. Островные кремнекислородные радикалы

Большинство минералов имеют кристаллическое строение. Кристаллы часто имеют форму различных многогранников - кубов, призм, пирамид, октаэдров и др. Некоторые минералы имеют не кристаллическое, а аморфное строение (например, опал), но со временем могут кристаллизоваться (опал переходит в кварц). Дисперсные системы, состоящие из мельчайших частиц диаметром от 10^{-4} до 10^{-6} мм, получили название коллоидов. К ним относятся некоторые природные гели, в которых дисперсная среда (вода) занимает пространство между коллоидными частицами (например, опал).

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

Кварц (SiO_2). По химической природе кварц - типичный оксид, а по кристаллической структуре его относят к каркасным силикатам. Кварц весьма стойкий к выветриванию минерал, поэтому он накапливается в осадочных породах и в почвах. Особенно много кварца содержится в песчаных и супесчаных

почвах. Обогащенность почв кварцем обуславливает пониженное плодородие, из-за его химической инертности, неспособности удерживать влагу и элементы питания.

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

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

Пироксены и амфиболы. Пироксены и амфиболы в почвах и осадочных породах они присутствуют в небольших количествах, в связи с низкой устойчивостью к выветриванию. Пироксены относятся к цепочечным силикатам. Типичным представителем является авгит — порообразующий минерал основных и ультраосновных пород.

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

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

Преобразование первичных минералов в почвах и корах выветривания сопровождается образованием различных растворов, золь и гелей кремнезема, силикатов, окислов железа, алюминия, а также формированием вторичных глинистых алюмосиликатов, поступление в почвенные растворы простых солей.

Вторичные минералы

Вторичные минералы образовались в результате экзогенных процессов выветривания из первичных минералов, являются тонкодисперсионными и содержатся, в основном, во фракции почв диаметром менее 0,001 мм. Вторичные минералы содержатся только в осадочных породах и в почвах. Они представлены в основном глинистыми минералами, оксидами железа, алюминия и простыми солями.

Глинистые минералы. Минералы этой группы относятся к слоистым алюмосиликатам и составляют основную часть вторичных минералов. Их название связано с тем, что они, как правило, преобладают в составе глин. К глинистым минералам относятся минералы групп каолинита, гидрослюд, монтмориллонита, смешаннослоистых минералов, хлорита. Глинистые минералы обладают рядом общих свойств: 1) высокая дисперсность; 2) поглощательная, или обменная способность по отношению к катионам; 3) содержат химически связанную воду, которая выделяется при температурах в несколько сотен градусов; 4) имеют слоистое строение, сочетающее тетраэдрические и октаэдрические слои. Различают двух-, трех- и четырехслойные минералы.

Минералы группы каолинита. Каолинит $Al_4(OH)_8(Si_4O_{10})$ - двухслойный минерал с жесткой кристаллической решеткой, состоящей из одного слоя кремнекислородных тетраэдров и одного слоя алюмогидроксильных октаэдров (рис. 6). Каолинит не набухает в воде, так как вода не проникает в межплоскостное пространство минерала из-за сильной связи между пакетами. Этот минерал характеризуется узким отношением $SiO_2 : Al_2O_3 = 2$. Он обладает низкой поглощательной способностью (не более 20 мг-экв на 100г), обусловленной ис-

ключительно теми свободными связями, которые имеются на краях элементарных пакетов.

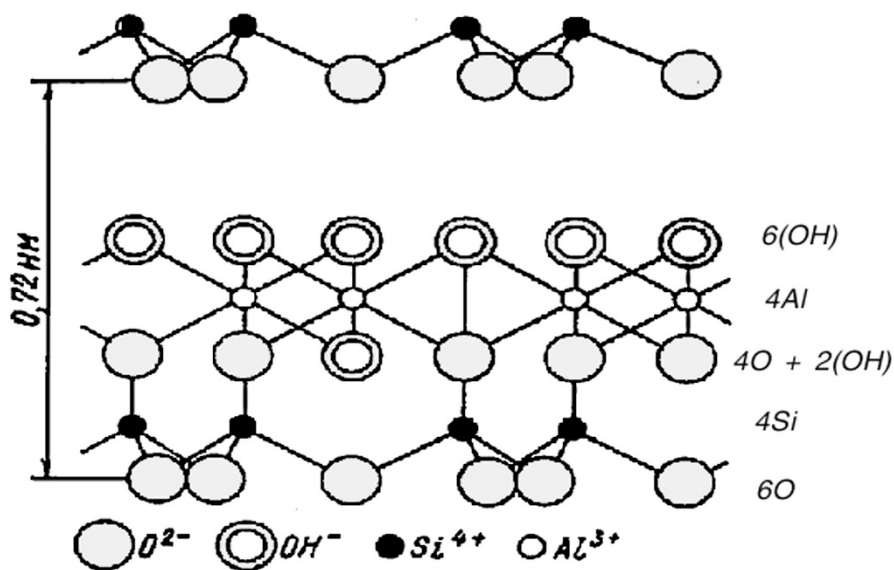


Рис.6. Схема строения кристаллической решетки каолинита

К группе каолинита относится минерал галлуазит, отличающийся значительным содержанием межпакетной влаги и более высокой емкостью катионного обмена (40-60 мг-экв на 100 г). Наиболее высокое содержание каолинита - в почвах, формирующихся в условиях субтропических и тропических влажных областей на ферраллитных и аллитных корках выветривания. В почвах умеренных широт его содержание незначительное, за исключением древних кор выветривания. Почвы, содержащие каолинит, характеризуются низкой емкостью катионного обмена, обеднены основаниями, меньше накапливают гумуса, характеризуются пониженным плодородием.

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

Их еще называют минералами группы иллита. Эти минералы представляют собой трехслойные алюмосиликаты с нерасширяющейся решеткой, а поэтому межпакетная вода в них отсутствует. Емкость катионного обмена гидрослюд достигает 45–50 мг-экв на 100 г. Часть кремния в тетраэдрах замещена на алюминий. Образующийся при этом отрицательный заряд компенсируется обменными ионами калия, который прочно связывает пакеты между собой. Гид-

рослюды характеризуются повышенным содержанием калия (до 6–8%), который частично используется растениями. Представитель гидрослюдов - глауконит является агрономической рудой, калийным удобрением, после соответствующей термической обработки. Минералы этой группы широко распространены в осадочных породах и почвах, в том числе в подзолистых, серых лесных и др.

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

Минералы группы монтмориллонита (монтмориллонит, нонтронит, бейделит и др.). Их еще называют минералами группы смектита ($(\text{Fe}, \text{Al})_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, молярное отношение $\text{SiO}_2 : \text{Al}_2\text{O}_3 = 4$). Эта группа минералов имеет трехслойное строение с сильно расширяющейся при увлажнении кристаллической решеткой, при этом они поглощают влагу, сильно набухают и увеличиваются в объеме (рис. 7). Отличительной особенностью этих минералов является высокая дисперсность. Разнообразные изоморфные замещения кремния на алюминий, алюминия на железо и магний влекут за собой появление отрицательных зарядов, которые уравниваются обменными катионами. Повышенная дисперсность и изоморфные замещения обуславливают высокую емкость катионного обмена - 80-120 мг-экв на 100 г.

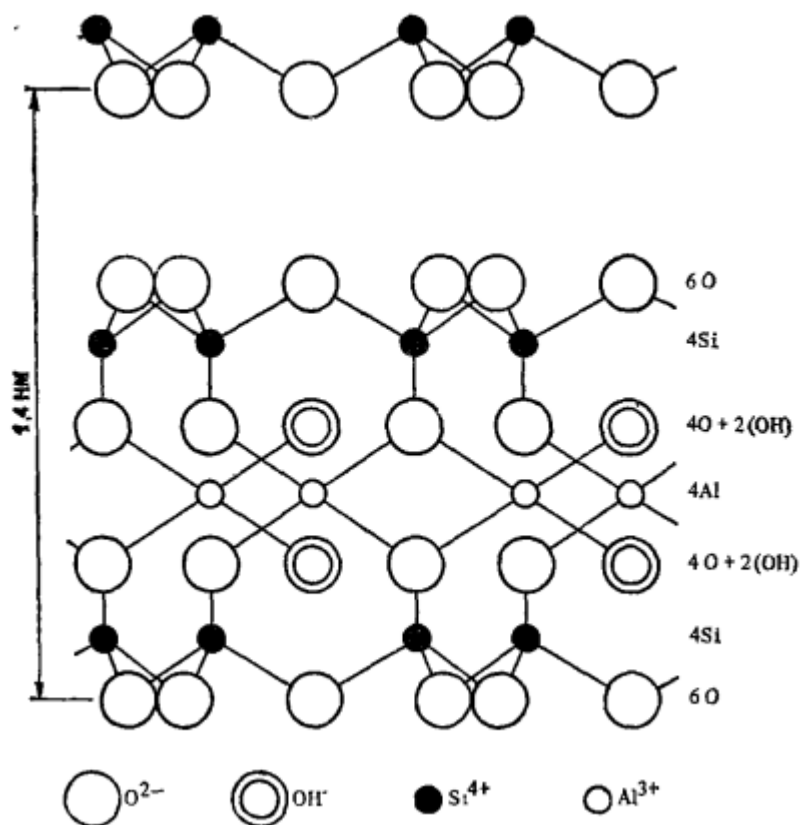


Рис. 7. Схема строения кристаллической решетки монтмориллонита

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

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

Группа смешаннослойных минералов. Смешаннослойные минералы имеют кристаллические решетки, в которых чередуются слои разных минералов: монтмориллонита с иллитом, вермикулита с хлоритом и др. Соответственно составным частям они получают название - иллит-монтмориллонит, вермикулит-хлорит и др. В зависимости от состава и доли участия тех или иных минералов свойства их сильно изменяются. Эта группа минералов наиболее распространена в почвах умеренного и холодного гумидного и арктического поя-

сов, в которых они занимают 30 - 80% от общего содержания глинистых минералов (Б.П. Градусов, 1976).

Минералы гидроксидов и оксидов железа и алюминия. Наибольшее распространение имеют гематит Fe_2O_3 , гетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, гидрогетит, гиббсит (гидрагелит) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Минералы этих групп встречаются в иллювиальных горизонтах подзолистых, серых лесных почв, почв влажных тропических и субтропических областей (красноземы, ферраллиты и др.). Они образуются путем кристаллизации из аморфных гидратов оксидов железа и алюминия. Минералы этой группы принимают участие в оструктурировании почв, в связывании фосфорной кислоты. В условиях кислой реакции среды гидраты оксидов железа и алюминия растворяются и принимают активное участие в процессах почвообразования.

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

Цеолиты. Эта группа своеобразных минералов щелочных и щелочноземельных алюмосиликатов. Цеолиты образуются в разных условиях при разной реакции среды: в пресноводных и соленых озерах, лагунах. При подъеме дна водоема на поверхность цеолиты остаются в почве как унаследованные от породы. Каркасная решетка цеолитов характеризуется большим количеством пор, полостей и каналов, что определяет их высокую поглотительную способность. Часто цеолиты используются в тепличных хозяйствах

Минералы - соли. Могут быть как вторичными, так и первичными. Наибольшее распространение имеют карбонаты: кальцит - CaCO_3 , доломит - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, сода - $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. Среди сульфатов наиболее распространены гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, мирабилит - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, среди хлоридов — галит NaCl . Много солей содержится в засоленных почвах и почвообразующих породах в

аридных областях, где они оказывают ведущее влияние на свойства и плодородие почв.

2.1.2. Гранулометрический состав почв

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

Гранулометрический состав почвы характеризуется содержанием механических элементов разного размера, выраженном в % к массе абсолютно сухой почвы. Близкие по размерам механические элементы характеризуются примерно одинаковыми свойствами и поэтому их группируют во фракции. Существует несколько группировок, или классификаций механических элементов как отечественных, так и зарубежных. В России наибольшее распространение получила классификация механических элементов, разработанная А.Н. Сабининым и В.Р. Вильямсом и уточненная в последствии Н.А. Качинским (табл. 3).

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

Таблица 3

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

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

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

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

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

Классификация почв по гранулометрическому составу

Классификация почв по гранулометрическому составу основана на соотношении в них **физической глины** и **физического песка**. Она разработана Н.М. Сибирцевым и затем уточнена Н.А. Качинским с некоторыми различиями для подзолистых, черноземных почв и солонцов. В табл. 4 приведена классификация Н.А. Качинского для подзолистых почв, которая в настоящее время предлагается в качестве единой для всех почв (В.И. Кирюшин, 1996).

Классификация почв по гранулометрическому составу

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

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

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

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

Значение гранулометрического состава

Гранулометрический состав почв оказывает большое влияние на почвообразование и сельскохозяйственное использование почв. От гранулометрического состава почв и почвообразующих пород в значительной степени зависит интенсивность многих почвообразовательных процессов, связанных с превра-

щением, перемещением и накоплением органических и минеральных соединений в почве. В результате в одних и тех же природных условиях на породах разного гранулометрического состава формируются почвы с неодинаковыми свойствами.

Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на водно-физические, физико-механические, воздушные, тепловые свойства, окислительно-восстановительные условия, поглотительную способность, накопление в почве гумуса, зольных элементов и азота. В зависимости от гранулометрического состава почв меняются условия обработки, сроки палевых работ, нормы удобрений, размещение сельскохозяйственных культур. Почвы песчаные и супесчаные легко поддаются обработке, поэтому их называют легкими, они обладают хорошей водопроницаемостью и благоприятным воздушным режимом, быстро прогреваются. Однако они имеют ряд отрицательных свойств, прежде всего низкую влагоемкость. Поэтому на песчаных и супесчаных почвах даже во влажных районах растения страдают от недостатка влаги. Легкие почвы бедны гумусом и элементами питания растений, обладают незначительной поглотительной способностью, наиболее подвержены ветровой эрозии.

Тяжелосуглинистые и глинистые почвы отличаются более высокой связностью и влагоемкостью, лучше обеспечены питательными веществами, богаче гумусом. Обработка таких почв требует больших энергетических затрат, поэтому их принято называть тяжелыми. Тяжелые бесструктурные почвы обладают неблагоприятными физическими и физико-механическими свойствами. Они имеют слабую водопроницаемость, легко заплывают, образуют корку, отличаются большой плотностью, липкостью, часто неблагоприятным воздушным и тепловым режимами. Такие почвы, так же как песчаные и супесчаные, неудобны для сельскохозяйственного использования.

Лучшим комплексом свойств из бесструктурных и слабо оструктуренных почв обладают легкосуглинистые и среднесуглинистые почвы.

В степных районах, где распространены черноземы с благоприятной структурой, более ценны по гранулометрическому составу тяжелые почвы — тяжелосуглинистые и глинистые, способные создавать хороший запас влаги.

В северных районах Нечерноземной зоны с достаточным или избыточным увлажнением лучшими являются легкосуглинистые почвы. Оценка гранулометрического состава в каждом конкретном случае нуждается в детализации в зависимости от биологических особенностей сельскохозяйственной культуры, их требований к почвенным условиям. Так, для картофеля, многих овощных культур более благоприятны супесчаные и легкосуглинистые почвы.

Гранулометрический состав почвы довольно устойчивый признак, унаследованный от почвообразующей породы. Правильное использование почвы улучшает ее свойства. Коренное улучшение свойств бесструктурных песчаных почв возможно путем глинования, а глинистых — пескования на фоне применения высоких норм органических удобрений.

3. Органическая часть почвы

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

3.1. Источники органического вещества почв

Первичными источниками органических веществ почвы и биосферы являются так называемые первичные продуценты, или автотрофы - организмы, способные к самостоятельному синтезу органического вещества из минераль-

ных соединений. В наземных экосистемах подавляющую часть первичной продукции производят зеленые растения.

В почву поступают не только органические остатки отмерших растений (первичное органическое вещество), но и продукты их микробиологической трансформации, а также остатки животных (вторичное органическое вещество). Первичная продуктивность различных наземных экосистем неодинакова и лежит в пределах от 1 - 2 т/га в год сухого органического вещества (различные виды тундры) до 30 – 35 т/га в год (влажные тропические леса) (см. табл. 5).

В агроэкосистемах в почву поступает растительных остатков от 2 – 3 т/га в год (пропашные культуры) до 7 – 9 т/га в год (многолетние травы). Практически все органическое вещество почвы перерабатывают микроорганизмы и представители почвенной фауны. Конечными продуктами этой переработки являются минеральные соединения.

Поступление вторичных органических веществ микробиологического происхождения, как правило, в несколько раз ниже первичной продуктивности, но может достигать единиц тонн на гектар в год. Поступление органических веществ с отмирающей почвенной фауной не превышает в большинстве типов почв 100 – 200 кг/га в год. В почвах различного типа характер распределения поступающих органических остатков по почвенному профилю неодинаков. В лесных ценозах основная часть первичной продукции поступает с наземным опадом, в то время как в травянистых в значительной степени с отмершими корнями.

Это играет важную роль в последующей трансформации растительных остатков и почвообразовании. Химический состав поступающих в почву органических остатков во многом зависит от типа отмерших организмов.

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

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

3.2. Состав органического вещества почв

Качественный состав органического вещества почв очень разнообразен, что определяется разнообразием растительных и животных остатков, ежегодно поступающих в почву, условиями их трансформации и взаимодействия с минеральной частью почв.

В большинстве типов почв в пределах почвенного профиля основная часть органического вещества представлена «мертвым» запасом органических соединений. Живая биомасса (эдафон), состоящая из корней, микроорганизмов, представителей почвенной фауны, составляет в разных почвах приблизительно 2 - 15% общего содержания органического вещества. На рисунке 8 представлены основные группы и фракции соединений органических веществ.

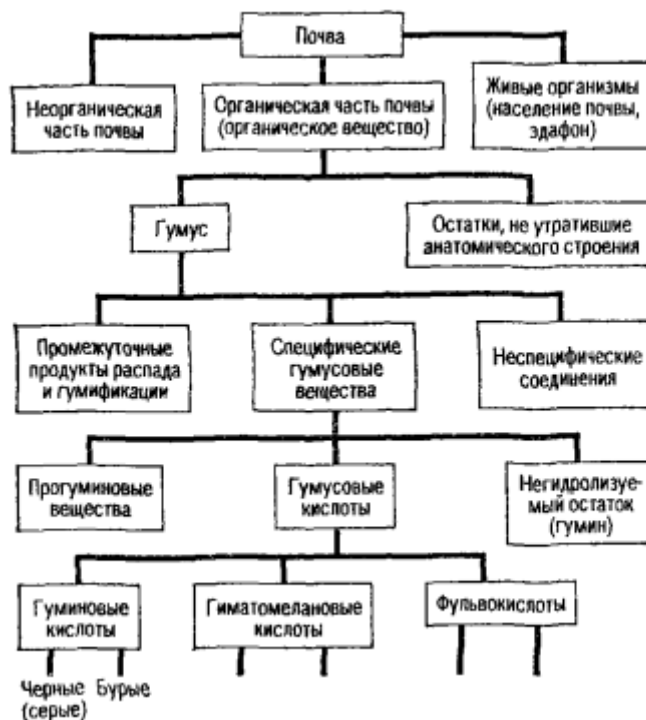


Рис. 8. Система органических веществ почвы (по Д.С.Орлову, 1985)

По составу органическое вещество почв можно разделить на три части.

1. Источники гумуса – свежие, неразложившиеся вещества растительного и животного происхождения, ежегодно поступающие в почву в виде наземного и корневого опада растений, остатков животного происхождения, в том числе

микроорганизмов, состоят из веществ неспецифической природы (белки, углеводы, лигнин и др.).

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

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

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

Гумусом почвы называют сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении и гумификации органических остатков в почве

Основную массу гумуса составляют гумусовые вещества. Некоторая часть его (единицы и десятки процентов) представлена гумифицированным детритом и неспецифическими веществами. Разнокачественность включаемых в гумус веществ создает затруднения в интерпретации ряда свойств гумуса.

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

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

3.3. Состав и свойства гумусовых веществ

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

Гуминовые кислоты - группа темно-окрашенных (от бурой до черной) гумусовых кислот (бурые, серые, гиматомелановые), которые хорошо растворяются в щелочных растворах, но не растворяются в минеральных кислотах и в воде. Из щелочных растворов гуминовые кислоты осаждаются водородом минеральных кислот, а также двух-, трехвалентными катионами. Основными компонентами молекулы являются ядро, периферические боковые цепи и функциональные группы. Ядро молекулы представлено ароматическими или гетероциклическими кольцами типа бензола, фурана, пиридина, нафталина и др. Ядерные фрагменты соединены между собой углеродными, аминокислотными и другими цепочками и мостиками (-O-, -N-, -CH₂-, -C-C-) и образуют рыхлое сетчатое строение. Боковые цепи содержат функциональные группы, преимущественно карбоксильные (-COOH) и фенолгидроксильные (-OH) с участием метоксильных, карбонильных, амидных, которые определяют кислотную природу этих соединений. Водород функциональных групп способен замещаться на металлы. При этом образуются соли гуминовых кислот - *гуматы*.

Наличие функциональных групп обуславливает очень высокую емкость поглощения катионов, которая составляет при нейтральной реакции 300-700 мг-экв на 100 г препарата гуминовой кислоты; при кислой - несколько снижается, а при щелочной - возрастает до 800-1000 мг-экв. В элементном составе гу-

миновых кислот содержится: С – 50-62%; О – 31-40%; N – 2-5%; Н – 3-5%. Значительная часть азота находится в труднодоступной для растений форме. Кроме того, в составе препаратов всегда содержится 1-5% зольных элементов (Si, Al, Fe, P и др.), даже после тщательной их очистки. Молекулярная масса гуминовых кислот может достигать десятков и сотен тысяч единиц.

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

- более выраженная периферическая часть молекулы и, в меньшей степени, ароматическая ядерная, более низкие молекулярные массы;

- хорошо растворяются не только в щелочных растворах, но и в кислотах и в воде, на чем основано их отделение от гуминовых кислот в щелочных растворах;

- в элементном составе - меньше С (40-52%), но больше кислорода (40-48%), примерно, такое же как у гуминовых кислот содержание азота и водорода, но гидролизуемого азота больше;

- больше карбоксильных и фенолгидроксильных функциональных групп и более высокая емкость катионного обмена (до 1000 и более мг-экв на 100 г препарата);

- обладают большей подвижностью в почвенном профиле и агрессивностью по отношению к минеральной части почв.

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

Гумины (негидролизующий остаток) - совокупность соединений гуминовых и фульвокислот, очень прочно связанных с минеральной частью почв. При выделении гуминов из почвы и разрушении этих связей происходит гидролитическое расщепление молекул гуминовых и фульвокислот, что не позволяет детально изучить состав этой группы соединений.

Гиматомелановые кислоты—группа гумусовых веществ с промежуточными свойствами между фульвокислотами и гуминовыми кислотами. Ранее включались в группу гуминовых кислот. Отличаются от последних растворимостью в полярных органических растворителях и другими свойствами.

3.4. Органоминеральные соединения в почвах

Преобладающая часть гумусовых веществ в почвах находится в форме органоминеральных соединений. Именно они придают гумусовым веществам устойчивость к разложению и минерализации в условиях земной поверхности и обеспечивают длительное существование во времени, исчисляемое сотнями и тысячами лет. По характеру взаимодействия выделяют три группы органоминеральных соединений (Л.Н. Александрова, 1980).

Простые гетерополярные соли. Гуматы, фульваты аммония, щелочных и щелочноземельных металлов. Механизм образования их заключается в обменной реакции между водородом кислых функциональных групп гумусовых кислот и катионами, находящимися в почвенном растворе. Образующиеся гуматы и фульваты щелочных металлов и аммония хорошо растворимы в воде. Гуматы кальция не растворимы, а магния - частично; при высыхании образуются водопрочные гели, они принимают участие в формировании водопрочной структуры почвы. Фульваты кальция и магния растворимы в воде при всех значениях рН, кроме сильнощелочных (рН более 10). Растворимость солей гумусовых кислот характеризует их подвижность в почвенном профиле и участие в аккумулятивных процессах.

Комплексно-гетерополярные соли. Эти соединения образуются при взаимодействии гумусовых кислот с поливалентными металлами (железом, алюминием, а также медью, цинком, никелем). Металл в комплексно-гетерополярных солях входит в анионную часть молекул и не способен к обменным реакциям. Миграционная способность железо- и алюмогумусовых солей зависит от состава обменных катионов, замещающих водород свободных

функциональных групп, степени гидратации, степени насыщенности металлом и природы гумусовых веществ. Более подвижными являются комплексно-гетерополярные соли фульвокислот и неспецифических кислот (щавелевой, уксусной, муравьиной и др.).

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

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

3.5. Процессы трансформации органических веществ в почвах.

Гумусообразование

Гумусообразование - процесс формирования динамичной системы органоминеральных соединений в профиле почв, соответствующей экологическим условиям ее функционирования. Поступающие в почву органические остатки подвергаются различным биохимическим и физико-химическим превращениям, в результате которых большая часть органического вещества окисляется до конечных продуктов, преимущественно CO_2 , H_2O и простых солей (минерализация), а меньшая, пройдя сложные превращения, называемые в совокупности *гумификацией*, включается в состав специфических гумусовых веществ почвы. В самом общем виде понятие гумификации может быть определено как совокупность биохимических и физико-химических процессов, итогом которых является превращение органических веществ индивидуальной природы в специ-

фические гумусовые вещества, характеризующиеся некоторыми общими свойствами и чертами строения. Эти общие свойства перечислены выше при определении понятия «гумусовые вещества».

Важнейшая количественная характеристика гумификации – коэффициент гумификации, представляющий долю (или процентную часть) углерода органических остатков, включившегося в состав гумусовых веществ при полном их разложении. Коэффициент гумификации сильно зависит от конкретных условий: гидротермического режима, ботанического и биохимического состава и дозы органических остатков, характера их локализации и т. д. и колеблется от единиц до десятков процентов.

3.6. Органическое вещество в различных типах почв

Мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса закономерно изменяются в почвах зонального ряда. Наибольшие значения перечисленных показателей характерны для черноземов типичных лесостепной зоны. Мощность гумусового горизонта в них может достигать 1,5 м, содержание гумуса до 15% (табл. 6).

К северу и югу от зоны распространения черноземов типичных мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса постепенно снижаются до минимальных значений.

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

Гумусное состояние зонального ряда для гумусового и пахотного слоя суглинистых почв Европейской части России. (Н.Ф.Ганжара, 2001)

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

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

К северу и югу от зоны распространения черноземов типичных мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса постепенно снижаются до минимальных значений.

4. Химический состав почв и почвообразующих пород

Почва является четырехфазной системой. Она включает твердую, жидкую, газообразную и живую фазы. Каждая фаза имеет специфический химический состав. Твердая фаза автоморфных почв является преобладающей по массе и преимущественно состоит из минеральных - 80-90% и, в меньшей мере, - 10-15% - органических веществ.

По химическому составу она существенно отличается от исходных почвообразующих пород. Главные особенности химического состава почвы – присутствие органических веществ в их составе специфической группы – гумусовых веществ, разнообразие форм соединений отдельных элементов и непостоянство (динамичность) состава во времени.

Минеральная часть почвы в основном состоит из кислорода и кремния. Затем идут в убывающем порядке алюминий и железо, кальций, калий, натрий и магний (табл.7).

Таблица 7

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

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

Эти 8 элементов в сумме составляют около 99% минеральной части почв и почвообразующих пород. Около 1% приходится на все остальные элементы. Среди них повышенное содержание имеют титан, фосфор, марганец, сера и хлор, водород и углерод, которые относятся к макроэлементам. Очень незначительную часть почвы занимают микроэлементы: Cu, Zn, Mo, B, Pb и др. Углерод, азот и, частично, водород, сера и фосфор содержатся в основном в составе органических веществ.

Литосфера и почвы имеют близкий химический состав. Однако в составе почв значительно больше содержится углерода и азота, что связано с их биологическим накоплением в составе органических веществ. Несколько больше в почвах, по сравнению с литосферой, содержится кислорода, водорода и кремния и меньше - алюминия, железа, кальция, магния, натрия, калия и других металлов, что связано с процессами выветривания и почвообразования. В результате этих процессов относительно накапливается кремний в составе устойчивых к выветриванию минералов и, прежде всего, кварца; выносятся за пределы почвенного профиля алюминий, железо и др. элементы.

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

4.1. Формы соединений химических элементов в почвах

Химические элементы в почвах находятся в форме различных соединений, отличающихся строением, составом, степенью устойчивости к выветриванию, растворимостью и др.

Кремний. Наиболее распространенное соединение кремния в почвах — кварц (SiO_2). Кремний входит также в состав силикатов. При их разрушении в результате выветривания и почвообразования кремнезем переходит в раствор в форме анионов орто- и метакремневых кислот [$(\text{SiO}_4)^{4-}$ и $(\text{SiO}_3)^{2-}$], силикатов натрия и калия, частично в форме золя. Одна часть растворенного кремнезема

вымывается из почвы, другая осаждается (при кислой реакции) в виде гелей ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) — аморфных осадков, которые, теряя воду, могут переходить в кварц вторичного происхождения.

Взаимодействуя с основаниями полутораокисями, истинно растворенный и коллоидный кремнезем образует вторичные силикаты.

Алюминий находится в почвах в составе первичных и вторичных минералов в форме органо-минеральных комплексов и в поглощенном состоянии (в кислых почвах). При разрушении первичных и вторичных минералов, содержащих алюминий, освобождается его гидроокись, значительная часть которой при выветривании остается на месте (как малоподвижная) и лишь частично переходит в раствор в виде золя. При слабощелочной реакции гидроокись алюминия полностью выпадает в виде коллоидных осадков — гелей ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), переходящих при кристаллизации во вторичные минералы — гиббсит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), бемит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$).

В кислой среде ($\text{pH} < 5$) гидроокись алюминия становится более подвижной и алюминий появляется в почвенном растворе в виде ионов $\text{Al}(\text{OH})_2^+$, $\text{Al}(\text{OH})^{2+}$, что отрицательно сказывается на росте растений.

Железо - элемент, необходимый для жизни растений, без него не образуется хлорофилла. В почвах оно встречается в составе первичных и вторичных минералов-силикатов, в виде гидроокисей и окисей, простых солей, в поглощенном состоянии, а также в составе органо-минеральных комплексов.

В результате выветривания минералов, содержащих железо, освобождается его гидроокись — малоподвижное соединение, выпадающее в форме аморфного геля $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ и переходящее при кристаллизации в гетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и гидрогетит $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

Только в сильноокислой среде ($\text{pH} < 3$) подвижность гидроокиси железа увеличивается и в почвенном растворе появляются ионы железа Fe^{3+} . В восстановительных условиях окисное железо переходит в закисное с образованием растворимых соединений FeCO_3 , $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$, FeSO_4 , доступных растениям. Повышенная растворимость соединений железа угнетает растения. На почвах ней-

тральных и щелочных с ярко выраженными окислительными процессами растения могут испытывать недостаток железа, что внешне проявляется как хлороз.

Гидроокись железа, так же как и гидроокись алюминия, может образовывать с органическими кислотами подвижные формы комплексных соединений, способных перемещаться по профилю почвы.

Азот входит в состав всех белковых веществ, содержится в хлорофилле, нуклеиновых кислотах, фосфатидах и многих других органических веществах живой клетки. Основная масса азота почв сосредоточена в органическом веществе. Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из атмосферы. В почвообразующих породах азота очень мало.

Азот доступен растениям главным образом в форме аммония, нитратов, нитритов, которые образуются при разложении азотистых органических веществ. Нитриты практически не содержатся в почве. Аммонийный и нитратный - основная форма азотистых соединений, которыми питаются растения.

Фосфор входит в состав многих органических соединений, без которых невозможна жизнедеятельность организмов. Растения содержат десятые доли процента P_2O_5 на сухое вещество. Поглощаясь в больших количествах растениями, фосфор аккумулируется в верхних горизонтах почв. Валовое содержание его в черноземах составляет 0,35 % более.

Сера входит в белковые вещества, эфирные масла. Потребность растений в ней небольшая, обычно меньше, чем в фосфоре. Биологическая аккумуляция серы в верхних горизонтах почвы зависит от условий почвообразования. Валовое содержание SO_3 в верхних горизонтах почв колеблется в широких пределах — от 0,01 до 2 % и более.

Калий осуществляет важные физиологические функции и организмах. Потребляется растениями в больших количествах, особенно такими культурами, как картофель, корнеплоды, травы, табак. Валовое содержание калия (K_2O) в почвах относительно высокое. В почвах тяжелого механического состава оно составляет 2 % и более. Значительно меньше калия в легких почвах. Основная

часть калия в почве входит в состав кристаллической решетки первичных и вторичных минералов в малодоступной для растений форме. Некоторые из этих минералов, такие как биотит и мусковит, отдают калий довольно легко и могут служить источником мобилизации доступного калия. Калий содержится в почве также в поглощенном состоянии (обменный и необменный) и в форме простых солей. В этой форме он легкодоступен растениям, но доля его незначительна. Основным источником калия для растений является обменный калий. Его доступность тем больше, чем степень насыщенности им почв.

Кальций и магний – необходимые элементы питания растений. Им принадлежит, так же как и калию, важная физиологическая роль. Магний входит в состав хлорофилла. Кальций имеет большое значение в создании благоприятных для растений физических, физико-химических и биологических свойств почвы.

В почве кальций и магний находятся в кристаллической решетке минералов, в обменно-поглощенном состоянии и в простых солей (хлоридов, нитратов, карбонатов, сульфатов и фосфатов). Кальций среди поглощенных катионов занимает в большинстве почв первое место, магний — второе. Ионы кальция и магния преобладают в почвенном растворе. CaCO_3 и MgCO_3 , как малорастворимые соединения, широко распространены в почвах и служат важнейшими источниками кальция и магния.

Микроэлементы почв

Многие элементы в почвах и биологических объектах содержатся в микроколичествах ($< 10^{-3} \%$). Они составляют особую группу микроэлементов. К ним относятся бор (В), марганец (Mn), молибден (Mo), медь (Cu), цинк (Zn), кобальт (Co), иод (I), фтор (F) и др.

Значение микроэлементов. Микроэлементы играют важную физиологическую и биохимическую роль в жизни растений, животных и человека. Они входят в состав ферментов, гормонов, витаминов. Установлено наличие тесной связи между содержанием микроэлементов в почвах и состоянием и урожайностью растений, продуктивностью животных и здоровьем человека. Недостаточ-

ное или избыточное содержание витаминов вызывает нарушение нормальной деятельности организмов и развитие различных заболеваний. Недостаток микроэлементов (В, Мп, Zn, Cu, Со и др.) в почвах приводит к снижению урожайности растений и их качества.

Биогеохимические провинции

В связи с особенностями состава почвообразующих пород, наличием различных рудных месторождений, развитием элювиальных и аккумулятивных процессов выделяют территории с недостаточным или избыточным содержанием тех или иных микроэлементов. Такие районы А. П. Виноградов предложил называть биогеохимическими провинциями. Так, Полесская низменность образует биогеохимическую провинцию недостаточного содержания иода в почвах и природных водах. В почвах микроэлементы содержатся в различных формах: в кристаллической решетке минералов в виде изоморфной подмеси, в форме солей и окисей, в составе органических веществ, в ионообменном состоянии и в растворимой форме в почвенном растворе.

4.2. Почвенные коллоиды и поглощательная способность почвы

Почва – полидисперсная и поликомпонентная система. Благодаря этому она способна поглощать и удерживать вещества различной природы и разного размера, поступающие из окружающей среды и образующиеся в самой почве в результате почвообразования. Почвой задерживаются молекулы и отдельные ионы, вещества органического и минерального происхождения, коллоидные частицы и грубые суспензии, пары, газы и клетки микроорганизмов.

4.2.1. Виды поглощательной способности почв

К. К. Гедройц выделил 5 видов поглощательной способности: механическую, физическую, физико-химическую или обменную, химическую и биологическую.

Механическая поглощательная способность

Это способность почвы как всякого пористого тела задерживать в своей толще различные частицы, находящиеся в фильтрующейся через почву воде.

Механическая поглотительная способность проявляется благодаря наличию в почве сложной системы пор, капилляров и ходов корней.

Механическая поглотительная способность определяется гранулометрическим и агрегатным составом почвы и плотностью сложения.

Физическая поглотительная способность (молекулярная адсорбция).

По К.К.Гедройцу, представляет изменение концентрации молекул растворенного вещества на поверхности твердых частиц почвы.

Одним из видов физического поглощения является *молекулярная сорбция*, которая может быть обусловлена ван-дер-ваальсовым или другими видами физического взаимодействия молекул с разнородной поверхностью твердой фазы почвы. При этом изменяется величина поверхности и поверхностная энергия. Вследствие стремления дисперсной системы к уменьшению поверхностной энергии происходит концентрация раствора органических кислот, спиртов, высокомолекулярных органических соединений и др. на границе дисперсной фазы и дисперсной среды, то есть *положительная физическая адсорбция* этих соединений. Многие минеральные кислоты, соли (в том числе нитраты и хлориды), щелочи, некоторые органические соединения повышают поверхностное натяжение воды, отталкиваются от твердых частиц и испытывают *отрицательную физическую адсорбцию*. Они слабо удерживаются в почве и могут вымываться за пределы почвенного профиля. Физической адсорбции подвергаются пары и газы почвенного воздуха, особенно азот и углекислый газ.

Химическая поглотительная способность (хемосорбция).

По К. К. Гедройцу хемосорбция заключается в образовании труднорастворимых осадков при взаимодействии отдельных компонентов почвенного раствора. В этом случае происходит образование новой твердой фазы почвы. Например, сорбция фосфатов на поверхности гидроксидов железа и алюминия в почвах с кислой реакцией среды, образование труднорастворимых фосфатов кальция в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, комплексообразовательная сорбция - образование алюмо- и железогумусовых комплексов, глинисто-гумусовых комплексов и др.

Из катионов, присутствующих в почвах, чаще всего нерастворимые соединения дают Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , а среди анионов – CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} .

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

Физико-химическая поглотительная способность почв обусловлена наличием в их составе почвенного поглощающего комплекса (ППК), представленного почвенными коллоидами. ППК обладает способностью поглощать и обменивать катионы и анионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, на эквивалентное количество ионов почвенного раствора. Физико-химическая поглотительная способность обуславливает физико-химические свойства почв, такие как кислотность, щелочность, буферная способность, которые в значительной степени определяют агрономические свойства и почвенное плодородие.

4.2.2. Почвенный поглощающий комплекс

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

По составу коллоиды подразделяются на *минеральные* (глинистые минералы, гидроксиды железа алюминия, кремния и др.), *органические* (гуминовые и фульвокислоты, белки, полисахариды) и *органо-минеральные* глинисто-гумусовые комплексы, алюмо- и железогумусовые сорбционные комплексы).

Минеральные коллоиды подразделяются на *кристаллические* (глинистые минералы) и *аморфные* (гидраты оксидов железа, алюминия и кремния). Коллоидная мицелла состоит из ядра (рис. 9), слоя потенциалопределяющих ионов, неподвижного и диффузионного слоя компенсирующих ионов.

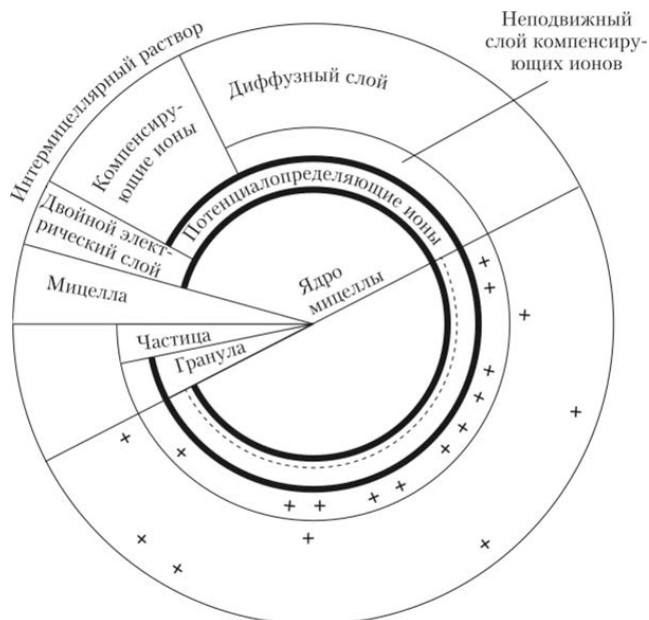


Рис. 9. Схема строения коллоидной мицеллы (по Н.И.Горбунову)

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

По степени сродства к воде различают гидрофильные (удерживают повышенное количество воды) и гидрофобные - связывают небольшое количество воды. К гидрофильным коллоидам относятся минералы монтмориллонитовой

группы, гумусовые кислоты, гидроксид кремния; к гидрофобным - гидроксиды железа и алюминия, минералы группы каолинита и некоторые др. Чем больше в почве гидрофильных коллоидов, тем в большей степени она набухает (увеличивает объем) при увлажнении.

4.2.3. Физическое состояние почвенных коллоидов

Коллоиды в почве могут находиться в форме геля (в осажденном состоянии) и в форме золя (в виде суспензии). Под действием различных факторов, влияющих на величину заряда, состояние коллоидов может изменяться - гель может переходить в золь и наоборот.

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

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

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

Коагуляция за счёт дегидратации происходит при высушивании, нагревании и замораживании коллоидов. Наконец, коагуляция может происходить при взаимодействии отрицательно заряженных частиц (например, гумусовых кислот) и положительно заряженных (гидроксидов железа и алюминия). Коагуляция может быть обратимой (гель может вновь переходить в золь) и необратимой. Чем сильнее коагулирующая способность веществ и процессов, её обуславливающих, тем больше вероятность необратимости коагуляции. Процессы

необратимой коагуляции и старения коллоидов играют большую роль в образовании гумусовых и иллювиальных горизонтов, в формировании водопрочных структурных агрегатов, в накоплении продуктов почвообразования в почвенном профиле.

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

4.2.4. Обменное поглощение катионов

Обменным поглощением (обменной сорбцией) катионов называется способность катионов диффузного слоя коллоидов обмениваться на эквивалентное количество катионов почвенного раствора. В обменном состоянии в почвах обычно находятся Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , H^+ , Al^{3+} , NH_4^+ , в незначительных количествах - Fe^{2+} , Mn^{2+} , а также Li^+ , Sr^+ и др.

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

Общее количество всех поглощённых (обменных) катионов называется *ёмкостью катионного обмена (ЕКО)*, которая выражается в миллиграмм-эквивалентах на 100 г почвы. Состав поглощённых катионов в почвах зонального ряда (табл. 8) определяется условиями почвообразования и, прежде всего, водным режимом.

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

Ёмкость катионного обмена (ЕКО) колеблется от нескольких мг-экв/100 г почвы в экстрагумидных и экстрааридных областях до 50-70 мг-экв/100 г почвы в чернозёмах семигумидных (полувлажных) областей. Зональные показатели ЕКО прежде всего связаны с содержанием гумуса (наибольшее в чернозёмах, оно

Физико-химические свойства пахотного слоя почв

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

постепенно понижается к северу и югу от зоны их распространения). Кроме того, ЕКО сильно зависит от гранулометрического состава (чем тяжелее, тем выше ЕКО), от минералогического и химического состава почв (ЕКО глинистых минералов варьирует от 5мг-экв. до 100-150 мг-экв/100 г). Наконец, ЕКО тесно связано с величиной рН. С ростом рН возрастает ионизация функциональных групп ацидоидов, снижается положительный заряд базоидов и возрастает ЕКО.

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

4.2.5. Поглощение почвами анионов

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

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

Известны следующие виды поглощения почвой фосфат-ионов.

1. Обменная сорбция фосфат-ионов на положительно заряженных коллоидах или участках коллоидной мицеллы.
2. Хемосорбция фосфат-ионов гидроксидами железа и алюминия на внешней поверхности коллоида.
3. Необменное поглощение фосфат-ионов на внешней и внутренней поверхности глинистых минералов. Сорбция значительно возрастает с увеличением степени дисперсности минерала.
4. Образование слаборастворимых фосфатов (хемосорбция) при взаимодействии с солями почвенного раствора (фосфаты кальция, фосфаты железа).
5. Поглощение фосфат-ионов при взаимодействии с минералами-солями: гипсом, кальцитом, доломитом и др.
6. Поглощение фосфат-ионов путём механического захвата - окклюирования аморфным кремнезёмом.
7. Образование фосфатов кальция при взаимодействии с гуматами кальция.

Процессы поглощения фосфат-ионов носят сложный характер. В почвах зонального ряда поглощение фосфат-ионов ослабевает от подзолистых почв к

чернозёмам и резко усиливается в краснозёмах и желтозёмах влажных субтропиков.

5. Кислотность и щелочность почв

Реакция среды имеет существенное значение для направленности почвенных процессов и уровня почвенного плодородия. Кислотно-щелочные условия зависят от типов почв, их подтиповых, родовых различий и могут колебаться в широких пределах. Черноземы, коричневые почвы, сероземы характеризуются нейтральными условиями. Щелочная реакция наблюдается у солонцов и солонцеватых почв. Кислые условия типичны для почв влажных лесов (подзолистые, серые и бурые лесные, красноземы, желтоземы и др.).

5.1. Кислотность почв

Кислотность почв – способность почв нейтрализовать вещества щелочной природы, подкислять воду и растворы нейтральных солей.

Различают следующие формы или виды почвенной кислотности: 1) актуальная кислотность; 2) потенциальная кислотность, которая подразделяется на обменную и гидролитическую.

Актуальная кислотность обусловлена наличием ионов H^+ и активностью водорода (протонов) в почвенном растворе. Измеряется она величиной рН водной вытяжки или водной суспензии (pH_{H_2O}) при соотношении почва - вода 1:2,5.

Жизнь животных и растений может протекать при рН от 2,5—3 до 10—10,5. За пределами этих концентраций ионов водорода проявление жизни крайне ограничено. Этот же, даже несколько больший, размах рН мы встречаем и в почвах. Величина рН является наиболее устойчивым генетическим показателем конкретной почвы. Варьирование рН в границах типичных значений составляет 5—10%. Всякое изменение реакции среды приводит к резкой смене характера почвообразования. Ряд почвенных процессов имеет строгую приуроченность к определенным пределам водородного показателя. Это солонцовый процесс, оподзоливание, пептизация и коагуляция коллоидов, ферраллитизация, микро-

биологические явления и т. д. Антропогенетические изменения рН происходят при окультуривании или деградации почв. Для всех почв величина их рН считается существенным диагностическим критерием.

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

Обменная кислотность обусловлена количеством ионов водорода и алюминия, находящихся в обменном состоянии в составе ППК, которые извлекаются из почвы раствором нейтральной соли. Обычно для определения обменной кислотности почв используют 1 н. раствор КСl (рН около 6). Измеряется обменная кислотность величиной рН солевой вытяжки ($pH_{КСl}$). Показатель $pH_{КСl}$ колеблется в разных почвах от 2,5 до 6,5. В почвах, насыщенных основаниями, обменная кислотность не определяется.

При взаимодействии щелочного раствора ацетата натрия с ППК происходит более полное вытеснение ионов водорода и алюминия натрием, чем при определении обменной кислотности с нейтральной солью, а в растворе образуется уксусная кислота, которая оттитровывается щёлочью.

Количество образующейся уксусной кислоты, определяемое титрованием или потенциометрически, характеризует *гидролитическую кислотность* почв, которая выражается в мг-экв/100 г абсолютно сухой почвы.

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

Показатели состояния ППК почв, ненасыщенных основаниями

В состав поглощенных катионов почв, ненасыщенных основаниями, входят преимущественно катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^{+} и Al^{3+} . Сумма катионов кальция и магния характеризуется показателем S, который называется *суммой поглощённых оснований* и выражается в мг-экв/100 г. Сумма поглощённых катионов водорода и алюминия характеризуется показателем гидролитической кислотности Нг, которая также выражается в мг-экв/100 г. Общее количество поглощённых

катионов ЕКО (емкость катионного обмена) можно определить как $S + H_r$ (аналитически ЕКО можно определить и отдельно специальным методом). Для характеристики доли участия катионов кальция и магния в составе катионов используется показатель степени насыщенности основаниями - V , который выражается в % к ЕКО.

$$V\% = \frac{S}{EKO} \cdot 100 = \frac{S}{S + H_r} \cdot 100$$

5.1.1. Агрономическая оценка кислых почв и их мелиорация

Кислые почвы имеют широкое распространение во многих регионах земного шара. Они являются основным компонентом почвенного покрова в бореальном (умеренно-холодном) поясе, влажных тропиках и субтропиках. Их формирование во многом обусловлено промывным типом водного режима, который способствует выносу из почвы щелочных и щелочноземельных оснований и насыщению ППК водородом.

Подкисление почв вызывает применение физиологически кислых удобрений, когда оно не сопровождается известкованием.

Реакция почвы играет важную роль в агрономической практике, поскольку многие сельскохозяйственные культуры предъявляют вполне определенные требования к реакции среды и довольно чутко реагируют на ее изменение (табл. 9).

В кислых почвах создаются неблагоприятные условия для роста и развития большинства сельскохозяйственных культур, что ведет к снижению их урожайности. Кислые почвы характеризуются недостатком Ca^{2+} и отчасти Mg^{2+} , элементов, необходимых для нормального развития растений. Кислая среда угнетающе действует на микроорганизмы осуществляющие аммонификацию, нитрификацию и фиксацию азота из воздуха, поскольку оптимум рН для их развития находится в пределах 6,5-8,0. В результате этого ухудшается азотный режим почвы.

В кислых почвах складывается неблагоприятный фосфатный режим, что обусловлено связыванием фосфора соединениями железа и алюминия, в результате чего он переходит в труднодоступное для растений состояние.

**Значения pH оптимальные для развития сельскохозяйственных культур
(по С.Р. Бандиопадхай, А.К. Кару, В.И. Кирюшину)**

Зерновые и бобовые	Интервал pH	Корнеплоды и овощные	Интервал pH	Травы и технические культуры	Интервал pH
Горох	6,5–7,0	Брюква	4,8–5,5	Вика	6,0–7,0
Гречиха	4,7–7,5	Капуста кочанная	6,0–7,0	Ежа сборная	6,0–8,0
Кукуруза	6,0–7,5	Капуста цветная	5,5–6,6	Клевер	6,0–7,0
Овес	5,0–7,5	Картофель	4,5–6,3	Конопля	6,7–7,4
Просо	5,5–7,5	Лук	6,4–7,5	Лен	5,5–6,5
Пшеница озимая	6,3–7,5	Морковь	5,6–7,0	Люпин	4,6–6,0
Пшеница яровая	6,0–7,3	Огурцы	6,4–7,5	Люцерна	7,2–8,0
Подсолнечник	6,0–6,8	Редис	5,0–7,3	Лисохвост	5,3–6,0
Рожь	5,0–7,7	Салат	6,0–7,0	Райграс	6,8–7,5
Соя	6,5–7,5	Сахарная свекла	7,0–7,5	Полевица	6,0–7,0
Фасоль	6,4–7,1	Сельдерей	6,0–7,0	Тимофеевка	4,5–7,6
Ячмень	6,0–7,5	Томаты	5,5–6,7	Хлопчатник	6,5–7,3

В кислой среде ухудшаются условия гумусообразования, что ведет к преимущественному накоплению фульвокислот и низкомолекулярных органических соединений, менее ценных с агрономической точки зрения, чем гуминовые кислоты.

Для большинства культурных растений оптимальной является нейтральная и близкая к нейтральной реакция почвенного раствора (pH 6-7). Только для незначительного числа культурных растений оптимальной является кислая среда (pH 4,5-6). К ним относится чайный куст, картофель, люпин и некоторые другие.

Для оптимизации реакции среды кислых почв проводят химическую мелиорацию — известкование. При внесении извести кальций замешает водород в ППК и нейтрализует свободные органические и минеральные кислоты почвенного раствора. Существует несколько способов расчёта норм извести: по гид-

ролитической кислотности, по обменной кислотности, по сдвигу рН при внесении CaCO_3 , по буферной способности почвы. Наибольшее распространение получил метод расчёта по гидролитической кислотности, основанный на том, что для нейтрализации 1 мг-экв ионов H^+ /100 г требуется 50 мг CaCO_3 . Потребность в известковании можно определить по степени насыщенности основаниями. При V более 80% почвы не нуждаются в известковании, при V менее 50% потребность высокая; в промежутке — средняя и слабая.

При определении дозы извести по обменной кислотности (табл.10) учитывается гранулометрический состав и содержание гумуса. Почвы тяжёлого гранулометрического состава и более гумусированные требуют более высокую дозу извести, поскольку обладают повышенной буферностью к сдвигу рН.

Таблица 10

Дозы извести в зависимости от $\text{pH}_{\text{КС}}$ и гранулометрического состава, т/га CaCO_3

Гранулометрический состав	$\text{pH}_{\text{КС}}$					
	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

Уменьшению кислотности способствует систематическое применение навоза и компостов. Повышают почвенную кислотность физиологически кислые минеральные удобрения.

5.2. Щелочность почв

Щелочность почв – способность почв нейтрализовать вещества кислой природы и подщелачивать воду. Различают актуальную и потенциальную формы щелочности.

Актуальная щелочность обусловлена наличием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$), при диссоциации которых образуется гидроксильный ион. Различают общую щелочность от нормальных карбонатов и от гидрокарбонатов, по граничным значениям рН.

Потенциальная щелочность обусловлена наличием в ППК обменного натрия, который может вытесняться водородом уголекислоты, а образующаяся в почвенном растворе сода подщелачивает его.

Щелочность почв принято оценивать только по значениям актуальной щелочности, которую определяют в водной вытяжке или суспензии потенциометрически, при этом она выражается в единицах рН. В водной вытяжке актуальная щелочность определяется так же титрованием кислотой с различными индикаторами: общая щёлочность по метиловому оранжевому; щёлочность от нормальных карбонатов - в присутствии фенолфталеина. Выражаются они в мг-экв/100 г почвы.

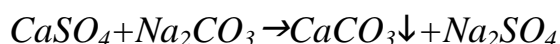
По величине рН различают слабощелочные почвы (рН 7,0-7,5), щелочные (рН 7,5-8,5) и сильнощелочные (рН 8,5 и выше). Щелочность снижает плодородие почв в большей степени, чем кислотность.

5.2.1. Почвы с щелочной реакцией среды и их мелиорация

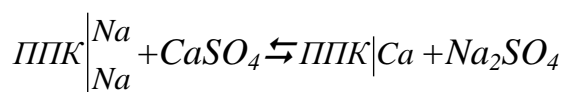
Формируются почвы с щелочной реакцией среды в регионах с дефицитом атмосферных осадков, где ограничен вынос из почв и почвообразующих пород продуктов выветривания и почвообразования. Щелочная реакция среды наблюдается у каштановых и светло-каштановых, бурых полупустынных и серо-бурых пустынных почв, сероземов, карбонатных разностей черноземов и темно-каштановых почв. Особенно высокая щелочность характерна для содовых солонцов и солончаков.

Почвы со щелочной реакцией среды (солонцы и солонцеватые почвы) характеризуются неудовлетворительными водно-физическими свойствами из-за пептизации коллоидов. Они бесструктурны, после дождей на поверхности образуется плотная корка. Урожай растений на почвах со щелочной реакцией среды резко снижается. Для снижения щёлочности применяют химические мелиорации - *гипсование или кислование* (внесение гипса, отходов серно- и азотнокислотного производства, сульфата железа, пиритных огарков, серы и других мелиорантов). Сущностью химических мелиораций является замена обменного натрия на кальций или водород мелиорантов.

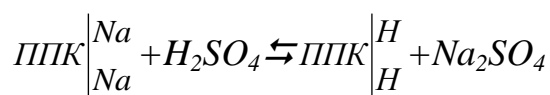
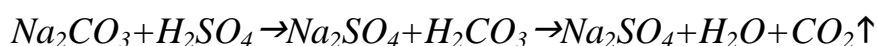
При внесении гипса в щелочные почвы происходит, с одной стороны, нейтрализация соды почвенного раствора:



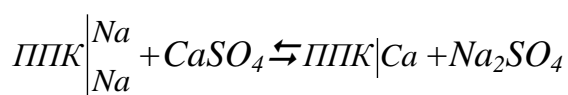
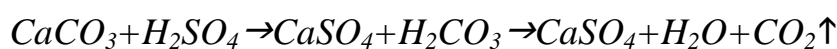
с другой – вытеснение обменного натрия из ППК:



Следует иметь в виду, что после гипсования содовых почв, а также в натуральных карбонатных почвах реакция среды будет находиться на уровне, определяемом наличием $CaCO_3$ и $MgCO_3$, (величина рН в пределах 8,2-8,6). При необходимости дальнейшего снижения рН применяют кислые мелиорирующие вещества, в частности серную кислоту. Кислование содовых почв является высокоэффективным приемом. При этом происходит не только полная нейтрализация щелочности, но и вытеснение натрия из ППК:



При внесении кислоты в солонцеватые карбонатные почвы, содержащие много свободного $CaCO_3$, протекает реакция с образованием гипса, кальций которого будет вытеснять из ППК обменный натрий:



Важным условием эффективного проведения химической мелиорации щелочных почв является удаление продуктов нейтрализации и обменных реакций. Чаще всего это сернокислый натрий. Хотя Na_2SO_4 менее вреден для растений, чем, например, сода, его присутствие в почве все же нежелательно. Кроме того, возможно обратное поглощение натрия ППК почвы. Для удаления обра-

зующихся при химической мелиорации легкорастворимых солей натрия применяются промывки почв.

5.3. Буферность почв

Буферностью называется способность почвы противостоять изменению реакции почвенного раствора под воздействием кислотных и щелочных агентов. Она определяется: по отношению к кислотам - титрованием растворами кислот; по отношению к щелочам - растворами едких щелочей; по отношению к соде - растворами соды.

Буферность почвы зависит от количества и состава высокодисперсных частиц (ила и коллоидов). Она увеличивается с утяжелением гранулометрического состава, с увеличением содержания гумуса, высокеемкостных минералов, ёмкости поглощения.

Почвы, ненасыщенные основаниями, имеющие в составе ППК обменные катионы водорода и алюминия (подзолистые, красноземы), обладают повышенной буферностью к подщелачиванию и пониженной к подкислению. Почвы, насыщенные основаниями (чернозёмы, каштановые солонцы), обладают повышенной буферностью к подкислению и пониженной к подщелачиванию.

Буферность почв определяется также наличием в почвах простых солей (карбонаты, гипс, сульфаты и др.), которые могут взаимодействовать с растворами и ослаблять сдвиг реакции. Буферность почв имеет большое агроэкологическое значение, она определяет устойчивость почв к агрогенным и техногенным воздействиям.

Буферность можно трактовать, как способность почвы противостоять изменению ее свойств и режимов, способность сохранять определенный уровень плодородия и выполнение экологических функций под воздействием природных и антропогенных факторов.

В тоже время необходимо учитывать, что буферность почвы обуславливает ее инертность по отношению к тем или иным приемам, направленным на изменение некоторых ее свойств, и известных как окультуривание.

6. Структура почвы

Совокупность агрегатов различной величины, формы и качественного состава называется структурой почвы. Способность почвы распадаться на агрегаты называется структурностью. Структура - важнейшая агрономическая характеристика почв. От неё зависят общие физические, физико-механические, водные, воздушные и тепловые свойства почв, окислительно-восстановительные условия и другие свойства и режимы почв.

Распределение структурных агрегатов в массе почвы в соответствии с их размерами называется структурным составом почвы.

Наиболее агрономически ценными (оптимальными) для культурных растений являются мезоагрегаты размером 0,25-10мм, обладающие высокой пористостью (более 45%), механической прочностью и водопрочностью. Механическая прочность и водопрочность обуславливает их устойчивость во времени при механических обработках, выпадении осадков и орошении. Агрегаты крупнее 10 мм называются макроагрегатами, а мельче 0,25мм - микроагрегатами.

Хорошо оструктуренной считается почва, если она содержит более 55% водопрочных пористых агрегатов размером 0,25-10мм.

Пористые и водопрочные агрегаты размером 0,25-0,01мм также оказывают положительное влияние на агрономические свойства многих почв (серо-коричневые, сероземы, коричневые и др.), микроагрегаты размером менее 0,01 мм затрудняют водо- и воздухопроницаемость.

Пористость агрегатов обуславливает возможности накопления и удерживания самой ценной для растений капиллярной влаги. Межагрегатные крупные поры заняты, как правило, воздухом; вода в них не удерживается и под действием силы тяжести просачивается вниз по профилю или с боковым внутрпочвенным стоком. Наличие воздуха в межагрегатном пространстве обеспечивает хороший доступ кислорода для почвенных микроорганизмов и корней растений. Для характеристики структуры введено понятие коэффициента структурности:

$$K_c = a/b,$$

где a - количество мезоагрегатов, b - сумма микро- и макроагрегатов.

Кроме того для характеристики структуры используют коэффициент дисперсности (иногда называют фактор дисперсности) по Качинскому:

$$K_{\delta} = a/b \cdot 100,$$

где a - содержание ила при гранулометрическом анализе, b - содержание ила при микроагрегатном анализе. В хорошо оструктуренных почвах коэффициент дисперсности составляет 3-5, в среднеоструктуренных - 6-10, а в слабооструктуренных 11-15, в бесструктурных почвах может увеличиваться до 50 и даже 80.

6.1. Факторы структурообразования

Образование структуры происходит под влиянием ряда факторов, которые можно объединить в следующие группы.

Физические факторы. Образование структуры происходит в результате изменения давления под действием замораживания - оттаивания, увлажнения - высушивания, давления корневых систем растений.

Физико-химические факторы. Главная роль в образовании водопрочных агрегатов принадлежит почвенным коллоидам, обладающим клеящей способностью. К ним относятся минеральные, органоминеральные и органические. Наиболее прочная структура формируется под воздействием гуматов кальция. Большая роль принадлежит алюмо- и железогумусовым и глинисто-гумусовым комплексам. Ряд ученых отмечает, что в образовании структуры ведущая роль принадлежит новообразованным гумусовым веществам и органоминеральным коллоидам, это подтверждается тем, что после механического разрушения структурных агрегатов структура не восстанавливается без поступления новых порций клеящих веществ.

Химические факторы. В образовании структуры принимают участие химические реакции, в результате которых происходит образование труднорастворимых соединений (углекислый кальций, гидроокись железа и др.)

Биологические факторы (корни растений, микроорганизмы, дождевые черви, насекомые). Им принадлежит одна из ведущих ролей в образовании и

возобновлении структуры. Чем разветвлённое корневая система растений, тем сильнее проявляется их оструктурирующая роль. Непосредственно вблизи корней сосредоточена обильная микрофлора, продукты жизнедеятельности которой являются цементирующими веществами. Клеящей способностью обладают корневые выделения.

Дождевые черви за тёплый период могут пропускать через кишечный тракт до 600 т/га почвенной массы, обогащая почву капролитами. Активное участие в структурообразовании принимает почвенная микрофауна: ногохвостки, мокрицы, термиты, муравьи и др. Их экскременты обладают клеящей способностью.

6.2. Утрата и восстановление структуры почвы

Структура почвы динамична. Она разрушается и восстанавливается под влиянием различных факторов. Управление ими позволяет поддерживать почву в необходимом структурном состоянии. Причины утраты структуры: механическое разрушение, физико-химические явления и биологические процессы.

Механическое разрушение структуры происходит под влиянием обработки почвы, передвижения по ее поверхности машин и орудий, людей, животных, под ударами капель дождя. Важнейшие пути уменьшения механического разрушения почвенной структуры - обработка почвы в состоянии ее спелости, а также минимализация обработок.

Физико-химические причины утраты структуры связаны с реакциями обмена двухвалентных катионов (кальция и магния) в ППК на одновалентные (натрий и аммоний) При этом коллоиды (главным образом гумусовые вещества), прочно цементирующие механические элементы в агрегаты, пептизируются при увлажнении, и структурные отдельности разрушаются. Поэтому приемы химической мелиорации почв (известкование, гипсование и др.), приводящие к обогащению ППК обменным кальцием, способствуют и улучшению структуры.

Биологические причины разрушения структуры связаны с процессами минерализации почвенного гумуса — главного клеящего вещества при образовании структуры.

Восстановление и сохранение структуры в условиях сельскохозяйственного использования почв осуществляется агротехническими методами. Улучшение структурного состояния почв возможно также с помощью искусственных структурообразователей (полимеров и сополимеров, производных акриловой, метакриловой и малеиновой кислот).

К агротехническим методам оструктурирования почв относятся посев многолетних трав, обработка почвы в спелом состоянии, известкование кислых почв, гипсование солонцов и солонцовых почв, внесение органических и минеральных удобрений. Прочная структура восстанавливается под воздействием как многолетних трав, так и однолетних сельскохозяйственных культур. Пшеница, подсолнечник, кукуруза образуют мощную корневую систему и могут оказывать достаточно сильное оструктурирующее влияние на почву. Лен, картофель, капуста, имеющие слабую корневую систему, обычно оказывают небольшое структурообразующее действие на почву. При высоком урожае многолетние травы (особенно бобово-злаковые травосмеси и бобовые) сильнее оструктурируют почву, чем однолетние сельскохозяйственные культуры. Это объясняется тем, что многолетние травы образуют мощную и сильноразветвленную корневую систему. Большое влияние на оструктурирование почвы оказывают органические удобрения — навоз, торфокомпоста, сидераты. Минеральные удобрения также улучшают структуру почвы, так как при этом растения развивают более мощную корневую систему и оставляют в пахотном слое много корневых и пожнивных остатков.

Орошение и ирригационная эрозия могут вызывать ухудшение структуры при избыточных поливах и при интенсивном дождевании.

Водная эрозия и дефляция приводят к разрушению и ухудшению структурного состояния почв под действием ливневых осадков, поверхностного стока и разрушения агрегатов ветровым потоком.

7. Физические свойства почвы

К общим физическим свойствам почвы относятся плотность почвы, плотность твердой фазы, пористость и удельная поверхность.

Плотность почвы (по устаревшей номенклатуре - объёмный вес, объёмная масса) - масса сухого вещества почвы в единице её объема ненарушенного естественного сложения, выражается в г/см^3 , обычно обозначается символом d_v . Плотность почвы зависит от гранулометрического и минералогического состава, структурного состояния, порозности, содержания органического вещества. Она варьирует от 0,04-0,4 г/см^3 в торфах до 1,8 г/см^3 в глеевых минеральных горизонтах (табл. 11).

Таблица 11

Плотность и плотность твердой фазы различных горизонтов почв (г/см^3)

Название горизонтов	Плотность	Плотность твердой фазы
Гумусовые суглинистые и глинистые	1,0-1,2	2,4-2,6
Минеральные суглинистые и глинистые	1,3-1,6	2,6-2,7
Минеральные иллювиальные и глеевые суглинистые и глинистые	1,6-1,8	2,6-2,7
Верховые торфа	0,04-0,1	1,4-1,6
Лесные подстилки и низинные торфа	0,2-0,4	1,4-1,8
Песчаные и супесчаные	1,4-1,6	2,6-2,7

Плотность пахотного слоя не постоянная во времени. При измерении сразу после вспашки она ниже, затем постепенно повышается и приходит в равновесное состояние (равновесная плотность).

По С.И.Долгову, пахотный слой считается рыхлым при плотности 0,9-0,95; нормальной плотности (оптимальной) - 0,95-1,15; уплотненным - 1,15-1,25 и сильно уплотненным, требующим рыхления - более 1,25 г/см^3 .

Плотность твердой фазы почвы (по устаревшей номенклатуре – удельный вес) – средняя плотность частиц, из которых состоит почва масса сухого вещества в единице объема твердой фазы почвы. Измеряется в г/см^3 или т/м^3 . Обычно обозначается символом d . Зависит она от плотности веществ, из которых состоит почва. Поскольку плотность преобладающих минералов в составе почв находится в диапазоне 2,5-3,0 г/см^3 (кварц - 2,56; полевые шпаты - 2,60-2,76; глинистые минералы - 2,5-2,7 г/см^3), то плотность минеральных горизонтов в среднем составляет 2,65-2,70 г/см^3 . Плотность органических веществ (гу-

мус, растительные остатки) значительно ниже минеральных, находится в пределах 1,4-1,8 г/см³. Поэтому плотность гумусовых горизонтов несколько ниже плотности минеральных и составляет примерно 2,4-2,6 г/см³ (табл. 14).

Порозность почв (синонимы: пористость, скважность) - суммарный объём пор между твердыми частицами, занятый воздухом и водой. Выражается порозность в % от общего объёма почвы; вычисляется по показателям плотности

$$P = \left(1 - \frac{d_v}{d}\right) \cdot 100.$$

почвы (d_v) и плотности твёрдой фазы (d):

Различают общую порозность, капиллярную (внутриагрегатную), некапиллярную (межагрегатную) и порозность аэрации. Капиллярные поры заняты водой полностью при влажности, соответствующей наименьшей влагоемкости. Такая вода удерживается менисковыми силами и является доступной для растений. Некапиллярные (крупные поры) заняты обычно почвенным воздухом (порозность аэрации), поскольку вода в них после дождей находится под действием гравитационных сил, свободно передвигается и не удерживается.

Наиболее значимы и востребованы исследователями и практиками общая порозность (P , в %) и порозность аэрации (P_a , в %).

$$P = (1 - d_v/d) \times 100,$$

где d_v — плотность почвы, г/см³; d — плотность твердой фазы, г/см³.

$$P_a = P - P_w$$

где P_w — порозность занятая водой или в упрощенной форме, учитывая плотность воды, это влажность почвы, выраженная в процентах.

Пористость почвы — величины динамичные, конкретно индивидуальные и генетически присущие тем или иным почвам. Однако общим для всех почв является закономерность: чем выше плотность почвы, тем меньше ее порозность и наоборот.

Наибольшая общая порозность (55-70%) наблюдается в гумусовых горизонтах, а в торфах и лесных подстилках может достигать 90%. В минеральных горизонтах она снижается до 35-50%, а в глеевых — до 25-30%. Порозность

оказывает большое влияние на рост и развитие растений, так как от нее зависит обеспеченность корней растений влагой и воздухом. Н.А. Качинский предложил следующую шкалу для оценки общей пористости пахотного слоя:

- более 70% - почва вспушена, избыточно пористая,
- 55-65 - отличная, культурный пахотный слой,
- 50-55 - удовлетворительная,
- менее 50 - неудовлетворительная,
- менее 40% - очень неудовлетворительная.

Для накопления оптимальных запасов влаги и хорошей аэрации необходимо, чтобы некапиллярная пористость составляла 55-65% от общей пористости. Поры, занятые воздухом - пористость аэрации должна составлять не менее 15-20% объема в минеральных почвах и 30-40% в торфяных.

Регулирование порозности проводят обработками почвы, а также внесением рыхлящих почву материалов: торфа, соломы, компостов.

Удельная поверхность - это суммарная поверхность (внутренняя и внешняя) всех частиц почвы. Она выражается в $\text{м}^2/\text{г}$ и варьирует от 1,5-2 $\text{м}^2/\text{г}$ в песчаных почвах, до 300-400 $\text{м}^2/\text{г}$ в суглинистых и глинистых. Удельная поверхность, наряду с гранулометрическим составом, позволяет судить о степени дисперсности почвы и ее адсорбционной способности.

8. Физико-механические свойства почв

К физико-механическим свойствам почвы относятся пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость и сопротивление при обработке.

Пластичность — способность почвы менять свою форму под действием внешних сил и сохранять полученную форму после прекращения механического воздействия. Различают: верхний предел пластичности (нижний предел текучести) - влажность, при которой стандартный конус погружается в почву на глубину 10 см под действием своей массы; нижний предел пластичности (предел раскатывания) — влажность, при которой образец почвы можно раскатать в сплошной шнур диаметром 3 мм.

Число пластичности — это разность между показателями верхнего и нижнего пределов пластичности. Глинистые почвы имеют число пластичности более 17; суглинистые — 7-17; супеси — менее 7; пески пластичностью не обладают.

Пластичность определяет консистенцию почвы — степень подвижности слагающих почву частиц под влиянием механического воздействия при различной влажности. Выделяют несколько форм консистенции: а) твердая — почва имеет свойства твердого тела, не пластична; б) полутвердая — переходное состояние между твердым и пластичным телом; в) вязкопластичная — почва обладает пластичностью, но не прилипает к другим телам; г) липкопластичная — почва обладает пластичностью и прилипает к другим телам; д) вязкотекучая — почва в состоянии растекаться толстым слоем; е) жидкотекучая — почва может растекаться тонким слоем.

В обычных условиях для почв характерны четыре первые формы консистенции. Однако в некоторых почвах с сильным переувлажнением в отдельные периоды наблюдаются и текучие состояния. Они определяют подвижность (ползучесть) почв — способность ее в переувлажненном состоянии течь под влиянием собственной массы. Текучесть почв активно проявляется в тундре, а также на склонах в зонах выклинивания грунтовых вод. При этом создаются специфические солифлюкционные формы рельефа. Частный случай текучести — *тиксотропность*, когда переувлажненные почвы приобретают текучесть при механическом воздействии и снова переходят в твердое состояние в покое. Подобное явление обуславливает высокую уязвимость тундровых ландшафтов, когда даже при небольших механических воздействиях происходит сползание тиксотропных масс по водоупорам и на поверхность выходят мерзлые неплодородные грунты. Определенное влияние оказывает текучесть (ползучесть) и на развитие эрозионных процессов на склонах.

Липкость - свойство влажной почвы прилипать к другим телам. Она определяется силой, требующейся для отрыва металлической пластинки площадью в 1 см^2 , и выражается в г/см^2 . В результате прилипания почвы к рабочим частям

машин и орудий увеличивается тяговое сопротивление и ухудшается качество обработки почвы.

Липкость определяет такое важное производственное свойство почв, как их физическая спелость. **Физическая спелость почв** обуславливается уровнем увлажнения, при котором исчезает способность почвенных «частиц» прилипать к сельскохозяйственным орудиям, но возникает способность самоагрегироваться. Нижний предел физической спелости для разных почв различен, следовательно, липкость почв определяет оптимальные сроки и условия проведения полевых работ на конкретных почвенных разностях. Раньше других достигают состояния физической спелости почвы легкого гранулометрического состава и гумусированные черноземы. Обычно физическая спелость наступает при содержании влаги 35-45% от массы почвы. Обычно физическая спелость наступает при содержании влаги 35-45% от массы почвы.

Липкость почв обусловлена гранулометрическим составом, содержанием гумуса и составом обменных катионов. Она наибольшая у глинистых и наименьшая у песчаных почв. Различают (по Н.А.Качинскому) предельно вязкие (более 15 г/см²); сильновязкие (5-15); средневязкие (2-5) и слабовязкие (менее 2 г/см²). Проявляется липкость при определённой степени влажности, достигает максимума и вновь уменьшается при переувлажнении почв.

Набухание — увеличение объёма почвы при увлажнении. Измеряется в процентах к исходному объёму почвы. Подобно усадке набухание зависит от минералогического и гранулометрического состава и состава поглощённых катионов. В наибольшей степени набухают глинистые почвы монтмориллонитового состава, насыщенные натрием, в наименьшей - каолиновые глины.

Усадка — уменьшение объёма почвы при её высыхании. Она выражается в процентах к первоначальному объёму почвы. Усадка зависит от минералогического состава илистой фракции, гранулометрического состава, степени гидрофильности коллоидов.

Связность — способность почвы сопротивляться внешнему усилию, стремящемуся разъединить почвенные частицы. Вызывается связность силами

сцепления между частицами почвы. Степень сцепления обусловлена механическим и минералогическим составом, структурным состоянием почвы, влажностью и характером ее сельскохозяйственного использования.

Наибольшей связностью характеризуются глинистые почвы, наименьшей - песчаные. Малоструктурные почвы в сухом состоянии имеют максимальную связность. Выражается она в килограммах на 1 см^2 ($\text{кг}/\text{см}^2$).

Твёрдость почвы — сопротивление, которое она оказывает проникновению в неё какого-либо тела (шара, конуса, цилиндра и др.) под давлением. Измеряется в $\text{кг}/\text{см}^2$. Зависит от влажности, гранулометрического состава, структуры, содержания гумуса и изменяется в очень широких пределах — от 5 до 45 $\text{кг}/\text{см}^2$. Высокая твердость — признак плохих физико-химических и агрофизических свойств почв. В этих условиях требуются большие затраты энергии на обработку, затрудняется прорастание семян, корни плохо проникают в почву. Она хуже пропускает влагу и воздух. На почвах со значительной твердостью растения развиваются плохо. Твердость почвы зависит от ее увлажнения. По мере уменьшения влажности она резко возрастает. С твердостью связана такая важная технологическая характеристика почвы, как сопротивление ее обработке. В обычном интервале влажности сопротивление почвы при обработке находится в прямой зависимости от твердости почвы

Удельное сопротивление почвы — усилие, затраченное на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность. Выражается в $\text{кг}/\text{см}^2$ поперечного сечения пласта почвы, поднимаемого плугом. Зависит от гранулометрического состава (лёгкие и тяжёлые почвы), физико-химических свойств, содержания гумуса, структуры почвы и влажности, состояния корневых систем растений/ Удельное сопротивление в различных почвах колеблется от 0,2 до 1,2 $\text{кг}/\text{см}^2$. Оно учитывается при конструировании плугов и других почвообрабатывающих орудий, составлении норм выработки.

Оптимизация физических и физико-химических свойств почвы достигается при проведении целого ряда почвоулучшающих мероприятий: известкования, гипсования, осушения, орошения, внесения мелиоративных доз торфа,

рыхлящих почву материалов (соломы, компостов), пескования тяжелых почв, глинования легких почв, травосеяния и др.

9. Почвенная вода, водные свойства и водный режим почв

Почва как многофазная, полидисперсная система способна поглощать и удерживать воду. В ней всегда находится определенное количество влаги. Содержание влаги в процентах к массе сухой почвы (высушенной при 105 °С) характеризует влажность почвы. Последнюю можно выражать также в процентах от объема почвы, в м³/га, в мм.

Почвенная вода - жизненная основа растений, почвенной фауны и микрофлоры, получающих воду главным образом из почвы. Растения расходуют воду в огромном количестве. Для создания 1 г сухого вещества потребляется от 200 до 1000 г воды. С водой в растения поступают питательные вещества. От содержания воды в почве зависят интенсивность протекающих в ней биологических, химических и физико-химических процессов, передвижение веществ в почве, водно-воздушный, питательный и тепловой режимы, ее физико-механические свойства, то есть важнейшие показатели почвенного плодородия. Следовательно, почвенная вода оказывает прямое и косвенное влияние на развитие растений.

9.1. Почвенная вода

Воде принадлежит важнейшая роль во многих процессах, протекающих в почвах. Это выветривание и образование новых минералов, гумусообразование и бесчисленное множество химических и физико-химических реакций в почвенных растворах, теплорегулирование и т. д.

Вода в почве может находиться в трех состояниях: твердом (лед), жидком и парообразном.

Твердая вода- лед - потенциальный источник жидкой и парообразной воды. Эту воду непосредственно не используют растения, хотя она и может служить резервом доступной влаги. Лед переходит в жидкое и парообразное состояние при температуре выше 0⁰С.

Жидкая и парообразная вода в почве подвергается воздействию различных природных сил: сорбционных, капиллярных, осмотических, гравитационных. Под их влиянием изменяются свойства почвенной воды, ее подвижность и доступность растениям.

Парообразная вода содержится в почвенном воздухе, в порах, свободных от воды

9.2. Формы воды в почве

А.А. Роде выделил пять форм воды: химически связанная, твердая, парообразная, сорбированная (физически связанная), свободная.

Химически связанная вода включает конституционную, которая представлена гидроксильной группой ОН химических соединений (гидроксиды железа, алюминия, глинистые минералы и др.) и кристаллизационную, представленную целыми водными молекулами кристаллогидратов (например, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - гипс). Химически связанная вода входит в состав твердой фазы почв. Растениям не доступна.

Твердая вода - представлена в виде льда, который является потенциальным источником жидкой влаги, в том числе доступной для растений.

Парообразная вода содержится в порах в почвенном воздухе. Относительная влажность почвенного воздуха близка к 100%. Она перемещается в порах при изменении температуры и вместе с током почвенного воздуха может конденсироваться и сорбироваться твердой фазой почвы. Конденсируясь, пар переходит в жидкую воду, которая может усваиваться растениями.

Сорбированная (физически связанная) вода за счёт сорбционных сил подразделяется на прочносвязанную и рыхлосвязанную.

Прочносвязанная сорбированная вода сорбируется почвой из воздуха. При низкой относительной влажности воздуха (20-50%) сорбированная влага образует тонкую плёнку толщиной в 1-2 молекулы. Такая влага получила название - **гигроскопическая**. При влажности воздуха близкой к 100% сорбируется 3-4 слоя молекул воды. Эта влага называется **максимальная гигроскопическая (МГ)**.

Наибольшее количество прочносвязанной, строго ориентированной воды, удерживаемой *сорбционными* силами, характеризует максимальная адсорбционная влагоёмкость (МAB). Она составляет около 60-70% МГ. Прочносвязанная вода по физическим свойствам приближается к твёрдым телам: ее плотность достигает 1,5-1,8 г/см³, замерзает при низких температурах, не растворяет электролиты, не доступна растениям.

Гигроскопическая влажность, МAB и МГ, зависят от минералогического и гранулометрического состава и степени гумусированности. Чем выше в почвах содержание илистой и коллоидной фракций, тем выше показатели прочносвязанной влаги. Так, значения МГ колеблются от 0,5-1% - в песчаных и супесчаных, 2-10 - в суглинистых, до 15-20 - в глинистых и 30-50% в торфах. Показатели МAB ниже на 30-40%, а гигроскопической влажности - на 50 -80%, по сравнению с МГ.

Рыхлосвязанная сорбированная (пленочная) вода представлена полимолекулярной плёнкой толщиной в несколько десятков или сотен диаметров молекул воды. Она удерживается *молекулярными* силами, менее прочно связана с твердой фазой почв и может частично передвигаться. Верхний предел рыхлосвязанной воды характеризует максимальная молекулярная влагоёмкость (ММВ). В глинистых почвах она может достигать 25-30%, в песчаных - 5-7%. Она частично доступна для растений.

Капиллярная вода является свободной, не зависит от сорбционных сил, а удерживается и передвигается в почве капиллярными (менисковыми) силами.

Менисковые силы начинают проявляться в порах с диаметром менее 8 мм, а наиболее сильно - с диаметром от 100 до 3 мкм. Поры диаметром менее 3 мкм заполнены связанной водой. Капиллярная вода растворяет вещества, вместе с ней передвигаются соли и коллоиды. Капиллярная вода является доступной и наиболее ценной для растений. Она подразделяется на капиллярно-подвешенную, капиллярно-подпертую.

Капиллярно-подвешенная вода заполняет капиллярные поры при увлажнении почв сверху (атмосферные осадки, оросительные воды), она висит над

сухим слоем почвы и не имеет связи с грунтовыми водами. Капиллярно-подвешенная вода может передвигаться как в нисходящем направлении, так и вверх, если влага испаряется с поверхности. Поэтому существует ряд агротехнических мероприятий (боронование, прикатывание и др.), направленных на снижение испарения и сохранение капиллярно-подвешенной влаги.

Нормы орошения не должны превышать запасы капиллярно-подвешенной влаги.

Стыковая капиллярно-подвешенная влага преобладает в песчаных и супесчаных почвах с крупными порами. Она находится в местах стыка твёрдых частиц и удерживается капиллярными силами.

Капиллярно-подпертая вода заполняет капиллярные поры при увлажнении снизу, от горизонта грунтовых вод. Она передвигается вверх по капиллярам и подпирается снизу грунтовыми водами. Слой почвы над грунтовыми водами, содержащий капиллярно-подпертую влагу, называется *капиллярной каймой*.

В суглинистых и глинистых почвах этот слой достигает 2-6 м, а в песчаных и супесчаных - только 0,4-2,0 метра. Мощность капиллярной каймы характеризует *водоподъемную способность почв*. Капиллярно-подпертая влага принимает участие в снабжении водой растений в полугидроморфных и гидроморфных почвах и является существенным дополнением к атмосферным осадкам, особенно в почвах лесостепной и степной зоны, где грунтовые воды не засолены.

9.3. Водные свойства почвы

Капиллярно-подпертая вода характеризуется **капиллярной влагоёмкостью (КВ)**- наибольшее количество капиллярно-подпертой воды, которое может удерживаться в слое почвы, находящемся в пределах капиллярной каймы. Она зависит от того, на какой высоте от уровня грунтовых вод её определяют — чем выше, тем ниже показатели КВ. Капиллярная влагоёмкость зависит также от гранулометрического состава. При близком залегании грунтовых вод

(1,5-2,0 м) для среднесуглинистых почв, в пределах почвенного профиля, она составляет 30-40%.

Наименьшая влагоёмкость (НВ) - характеризует наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги, которое может удерживать почва после стекания избытка влаги при отсутствии подпора грунтовых вод (глубоком залегании). Она зависит от гранулометрического состава, структурного состояния, плотности. В хорошо оструктуренных суглинистых и тяжелосуглинистых почвах НВ составляет 30-45%, в легко- и среднесуглинистых - 20-30, в песчаных и супесчаных - 5-20%.

Термину **наименьшая влагоемкость** соответствует ряд терминов, предложенных разными авторами: **предельно-полевая влагоемкость (ППВ)** широко используется в мелиорации, **полевая влагоёмкость (ПВ)** - используется в ряде зарубежных стран. Наименьшая влагоёмкость является верхним пределом оптимальной влажности для растений.

Влажность разрыва капилляров (ВРК) - характеризует запасы воды в почве, соответствующие разрыву сплошности капилляров, связанному с испарением и потреблением растениями. Эта влага теряет подвижность (не передвигается под действием капиллярных сил). Она является нижним пределом оптимальной влажности для растений. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 60-70% от НВ.

Влажность устойчивого завядания (ВЗ) - влажность, при которой растения теряют тургор и погибают. Это нижний предел продуктивной влаги. Влага в интервале ВЗ-ВРК является труднодоступной. ВЗ зависит от свойств почв и вида растений, ее можно рассчитать, используя показатели МГ, которые умножают на коэффициент - 1,5.

$$ВЗ = МГ \cdot 1,5$$

В среднем ВЗ составляет: в песчаных почвах - 1-3%, в супесчаных - 3-6, в суглинистых и глинистых - 6-15, в торфяных почвах - 50-60%. Показатели ВЗ используют для расчетов запаса продуктивной влаги. Запасы влаги в интервале

ВРК-ВЗ примерно соответствуют максимальной молекулярной влагоемкости (ММВ).

Полная влагоемкость (ПВ), или водовместимость — наибольшее количество воды, которое может вместить почва при полном заполнении всех пор водой. Она, примерно, соответствует общей порозности, поскольку 5-6% пор остается с заземленным почвенным воздухом. Полная влагоёмкость чаще составляет 40-50% от объема, с колебаниями от 30% в бесструктурных, уплотненных минеральных горизонтах до 80% — в обогащённых органическим веществом горизонтах почв. При полной влагоемкости, если отсутствует подпор грунтовых вод, влага в крупных межагрегатных порах передвигается под действием гравитационных сил. Такая вода называется *гравитационной*. Она может быть просачивающейся (после выпадения осадков, таяния снега) и в виде водоносных горизонтов (грунтовые, почвенно-грунтовые воды). Гравитационная вода доступна для растений, но непродуктивна, поскольку является избыточной.

Максимальная водоотдача (МВО) - разность между полной (ПВ) и наименьшей (НВ) влагоемкостью. В структурных почвах МВО составляет не менее 15-20%, что обеспечивает хорошие условия аэрации почв.

Почвенно-гидрологические константы - граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности воды переходят в качественные различия. В агрономической практике наиболее широко используются следующие почвенно-гидрологические константы: МАВ, МГ, ВЗ, ВРК, НВ, ПВ, которые характеризуют доступность воды для растений в почвах с разными водными свойствами (рис 10).

Почвенно-гидрологические константы используют для оптимизации влажности почв, в частности, при орошении. Если влажность почвы опускается ниже ВРК, необходим срочный полив. Оптимальные запасы влаги находятся в диапазоне ВРК-НВ. Норма полива не должна превышать НВ. В агрономической практике учитывается общий (ОЗВ), полезный (продуктивный) запасы влаги (ПЗВ) и запас труднодоступной влаги (ЗТВ).

$$ПЗВ = ОЗВ - ЗТВ$$



ОЗВ рассчитывается по фактической полевой влажности, ЗТВ - по влажности завядания. Измеряют запасы влаги в м³/га или в мм, 1 мм воды соответствует 10 м³/га. Оптимальные запасы влаги в метровом слое для большинства культур составляют 100-200 мм, в пахотном - 40-50 мм. Снижение запасов воды в пахотном слое ниже 20, а в метровом - ниже 50 мм резко сказывается на урожайности культур.

Водопроницаемость и водоподъемная способность почв

Водопроницаемость - способность почв и грунтов впитывать и пропускать через себя воду, поступающую с поверхности. При поступлении воды в почву выделяют два этапа: впитывание (заполнение пор) и фильтрация, которые различаются по скорости и характеризуются соответствующими коэффициентами впитывания и фильтрации. Водопроницаемость зависит от грануло-

метрического состава, трещиноватости, структурного состояния, влажности и длительности увлажнения. Водопроницаемость измеряется объёмом воды, протекающим через единицу площади поверхности почвы в единицу времени. Н.А.Качинский предложил следующую градацию водопроницаемости почв (мм/час, при напоре 5 см и температуре 10°С): 1000-500 - провальная, излишне высокая; 500-100 - наилучшая; 100-70 - хорошая; 70-30 - удовлетворительная; менее 30 - неудовлетворительная.

Водоподъёмная способность - свойство почвы вызывать восходящее передвижение влаги в ней за счёт капиллярных сил. Она растёт от песчаных почв к суглинистым и иногда может снижаться к глинистым, тонкопористым, поскольку в последних очень много мелких пор (менее 1 мкм), которые заполнены неподвижной связанной водой. Высота капиллярного поднятия в песках составляет 0,5-1 м; в супесях - 1-2; в суглинках - 2-4; в тяжелых суглинках и в глинах – до 6 м.

9.4. Водный режим почвы

Водный режим - совокупность явлений поступления, передвижения, изменения физического состояния и расхода воды в почвах. Поступление воды в почву и ее расход характеризуется водным балансом.

Статьи прихода воды в почву: атмосферные осадки, грунтовые воды, конденсация из паров воды, поверхностный боковой приток, внутрипочвенный боковой приток.

Статьи расхода воды из почвы: испарение, транспирация (десукция), фильтрация (грунтовый сток), поверхностный сток, внутрипочвенный боковой сток. Все величины прихода и расхода воды выражаются в мм или в м³/га. Обычно рассчитывается годовой баланс влаги.

Если не происходит прогрессирующего иссушения или увлажнения территории, то сальдо водного баланса близко к нулю, а имеющиеся отклонения объясняются погодными условиями года.

Типы водного режима формируются под воздействием основных статей водного баланса, ведущими из которых являются осадки и испаряемость. От-

ношение осадков к испаряемости характеризуется коэффициентом увлажнения (КУ), предложенным Г.Н.Высоцким и Н.Н.Ивановым.

В настоящее время принято выделять следующие типы водного режима.

Промывной водный режим формируется в гумидных областях (таежно-лесная зона, влажные тропики и субтропики), где осадки превышают испаряемость ($KУ > 1$). Атмосферные осадки ежегодно промачивают почвенно-грунтовую толщу до уровня почвенно-грунтовых вод, часто весной и осенью в таких почвах формируется верховодка. Для почв с промывным типом режима характерен вынос значительной части продуктов почвообразования за пределы почвенной толщи (подзолистые, красноземы, желтоземы и др.).

Периодически промывной водный режим формируется на границе влажных (гумидных) и полувлажных (семигумидных) областей ($KУ = 1,0$ при колебаниях 0,8-1,2). Для таких территорий характерно промачивание атмосферными осадками почвенно-грунтовой толщи до уровня грунтовых вод один раз в 10-15 лет. Для почв с периодически промывным типом водного режима характерен заметный вынос продуктов почвообразования за пределы почвенной толщи или в нижнюю часть почвенного профиля (серые лесные почвы, оподзоленные и выщелоченные чернозёмы).

Непромывной водный режим формируется в полувлажных (семигумидных) областях и полусухих (семиаридных) областях ($KУ 1,0-0,33$). Почвенная толща промачивается в пределах 1-2,5 м. Между промачиваемой толщей и капиллярной каймой грунтовых вод существует горизонт с постоянной в течение всего года низкой влажностью, близкой к ВЗ (мертвый горизонт, по Г.Н.Высоцкому). Для почв с непромывным водным режимом (чернозёмы степной зоны, каштановые почвы сухих степей) характерно накопление продуктов почвообразования в почвенном профиле.

Выпотной водный режим складывается в почвах семиаридного и аридного климата ($KУ < 0,55$) при не глубоком залегании грунтовых вод.

Капиллярная кайма грунтовых вод поднимается к поверхности почв, при этом влага испаряется, а растворённые в ней соли скапливаются в поверхност-

ных горизонтах. Таким образом, формируются гидроморфные солончаки и солончаковатые почвы. Выпотной водный режим подразделяется на собственно выпотной и периодически выпотной.

Десуктивно-выпотной водный режим формируется в почвах семиаридного и аридного климата ($KУ < 0,55$), но при более глубоком залегании грунтовых вод, чем у почв с выпотным режимом. Поэтому капиллярная кайма не достигает поверхности почвы, но охватывает зону распространения корневых систем и испаряется не физически, а десуктивно через посредство растений. В таких почвах (они называются полугидроморфными: лугово-черноземные, лугово-каштановые и др.) чередуются периоды с нисходящими (рано весной) и восходящими токами влаги (летом). Водорастворимые соли скапливаются не в поверхностных горизонтах, а на верхней границе капиллярной каймы. Если грунтовые воды не засолены, то при таком водном режиме формируются почвы с повышенным плодородием и лучшими условиями увлажнения по сравнению с почвами водоразделов с непромывным типом водного режима.

Мерзлотный водный режим характерен для областей вечной мерзлоты. В течение большей части года вода находится в форме льда, и только в летние месяцы почва оттаивает на небольшую глубину и формируется надмерзлотная верховодка.

Ирригационный водный режим создается при искусственном орошении. Он может существенно различаться в зависимости от норм и типа орошения, глубины залегания грунтовых вод, наличия и характера искусственного дренажа, водного режима природной зоны.

Регулирование водного режима осуществляется коренными мелиоративными мероприятиями (осушение, орошение, двустороннее регулирование влаги); лесомелиоративными и агротехническими (снегозадержание, глубокое рыхление, щелевание, введение черных паров и др.), направленными на сохранение

10. Почвенный воздух и воздушный режим почв

Почвенный воздух, или газовая фаза - важнейшая составная часть почвы, находящаяся в тесном взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами поч-

вы. Почвенным воздухом называется смесь газов и летучих органических соединений, заполняющих поры почвы, свободные от воды.

Главные источники газовой фазы почвы — атмосферный воздух и газы, образующиеся в самой почве. С атмосферным воздухом в почву поступает кислород, необходимый для дыхания корней растений, аэробных микроорганизмов, почвенной фауны. В процессе дыхания кислород потребляется с выделением углекислого газа. Большинство растений не может существовать без непрерывного притока кислорода к корням и вывода углекислого газа из почвы. Если изолировать почву от атмосферного воздуха, то кислород в ней израсходуется полностью через несколько суток. Следовательно, почвенный воздух обеспечивает живые организмы кислородом только при условии постоянного обмена с атмосферным воздухом *Процесс обмена почвенного воздуха с атмосферным называют газообменом или аэрацией*. Почвенный воздух находится в трех состояниях: свободном (в порах), адсорбированном (в твердой фазе), растворенном (в почвенном растворе).

10.1. Состав свободного почвенного воздуха, его динамика, оптимальные параметры

Свободный почвенный воздух состоит из тех же газов, что и атмосферный, но отличается от него ярко выраженной динамикой содержания кислорода и углекислого газа. Атмосферный воздух содержит (% от объема): 78,1 - азота, 20,9 - кислорода, 0,03 - углекислого газа и около 1% благородных газов (аргон, гелий, ксенон и криптон).

В почвенном воздухе содержится меньше кислорода – 10-20%, но больше углекислого газа – 0,03-9%, по сравнению с атмосферным. Кроме того, в почвенном воздухе постоянно присутствуют в небольших количествах аммиак, иногда закись азота, сероводород, метан. В пахотных, хорошо аэрируемых почвах содержание CO_2 в почвенном воздухе не превышает 1-2%, а O_2 – не опускается ниже 18%. В условиях избытка влаги и затрудненного газообмена содержание CO_2 повышается, а O_2 - снижается до десятых долей процента.

Основным источником углекислоты в почвах является органическое вещество (растительные и животные остатки, органические удобрения, частично гумус), которое разлагается и окисляется микроорганизмами. Значительное количество углекислоты, около одной трети, по оценке В.А.Ковды, в почве выделяется корнями растений. Небольшие количества CO_2 могут поступать в почву из грунтовых вод, в результате десорбции из твердой и жидкой фазы и при разложении карбонатов.

Выделение углекислоты из почвы в приземный слой атмосферы называется *дыханием почвы*. Количество выделяющейся углекислоты зависит от содержания и ежегодного поступления в почву свежих органических веществ, в том числе органических удобрений.

Между почвенным и атмосферным воздухом происходит постоянный газообмен. Имеются сведения, что более 90% углекислоты воздуха имеет почвенное происхождение. Глобальная роль почвенного покрова заключается в регулировании состава атмосферного воздуха.

Газообмен, или аэрация осуществляется через воздухоносные поры почвы (порозность аэрации). К факторам газообмена относятся: диффузия, изменение влажности, изменение температуры и атмосферного давления. **Диффузия** - перемещение газов в соответствии с парциальным давлением, которое определяется их концентрацией. Поскольку в почвенном воздухе более высокая концентрация CO_2 и ниже по сравнению с атмосферным воздухом - O_2 , диффузия определяет основные потоки этих газов – O_2 в почву, а CO_2 в атмосферу. Диффузия является основным фактором газообмена.

Изменение влажности почвы приводит к поглощению влаги воздуха при высыхании и его вытеснению в атмосферу при увлажнении.

Изменение температуры и атмосферного давления также вызывают обмен между почвенным и атмосферным воздухом из-за градиентов давлений и процессов расширения-сжатия при нагревании и охлаждении.

Диффузия газов в почве характеризуется коэффициентом диффузии, который равен количеству газа (в см^3), поступающего в секунду через 1 см^2 поверхности

при мощности слоя 1 см и градиенте концентрации, равном единице. По Лундгорду, коэффициент диффузии CO_2 менее $0,009 \text{ г/см}^2$ в сек – предел нормальной аэрации. При меньшем его значении газообмен затруднен. Состояние газообмена определяется воздушными свойствами почвы.

10.2. Воздушные свойства почвы

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать через себя воздух. Она измеряется количеством воздуха в мл, прошедшим под определенным давлением через 1 см^2 при толщине слоя в 1 см. Зависит от гранулометрического состава, структуры и влажности почвы и изменяется в широких пределах - от 0 до 1 л/с и выше. Чем полнее выражена воздухопроницаемость, лучше газообмен, тем больше в почвенном воздухе O_2 , меньше CO_2 .

Воздухоемкость – содержание воздуха в почве в объемных процентах. Зависит от влажности и порозности почв. Различают капиллярную и некапиллярную воздухоемкость, которые соответствуют понятиям капиллярной и некапиллярной порозности. Хорошую аэрацию почв обуславливают некапиллярные поры, которые, как правило, не заняты водой. Оптимальные условия для газообмена между почвенным и атмосферным воздухом создаются при порозности аэрации в минеральных почвах 20-25%, а в торфяных – 30-40%. Максимальная воздухоемкость характерна для сухих почв и равна общей пористости. Однако в природных условиях почвы всегда содержат то или иное количество воды, поэтому величина воздухоемкости очень динамична.

10.3. Воздушный режим почв и его регулирование

Воздушный режим – это совокупность всех явлений поступления, передвижения, изменения состава и физического состояния при взаимодействии с твердой, жидкой и живой фазами почвы, а также газообмен почвенного воздуха с атмосферным.

Воздушный режим подвержен суточной, сезонной (годовой) и многолетней динамике. Наиболее благоприятный воздушный режим складывается в структурных почвах, обладающих рыхлым сложением и хорошим газообменом.

Суточная динамика CO_2 и O_2 распространяется до глубины 30-50 см в соответствии с колебаниями температуры. Обновление состава почвенного воздуха в пахотном слое может происходить в течение суток полностью несколько раз.

Максимальное содержание CO_2 и минимальное O_2 приходится, как правило, на летний период, а осенью и зимой почва освобождается от накопленного углекислого газа. В почвах нормального увлажнения в нижней части почвенного профиля больше содержится CO_2 и меньше O_2 , а в почвах в затрудненном газообменом CO_2 скапливается в верхней и средней части профиля.

Регулирование воздушного режима проводят с помощью мелиоративных мероприятий (осушение, орошение), агротехнических (глубокие обработки, рыхление и др.), а также комплекса мероприятий, направленных на окультуривание почв.

11. Тепловые свойства и тепловой режим почв

11.1. Тепловые свойства почв

К тепловым свойствам относятся: теплопоглодательная (теплоотражающая) способность, теплоемкость и теплопроводность почв.

Теплопоглодательная (отражательная) способность почв – это способность почв поглощать лучистую энергию Солнца. Характеризуется значением *альбедо* – количество коротковолновой солнечной радиации, отраженное поверхностью почвы и выраженное в % от общей солнечной радиации, достигающей поверхности почвы. Чем меньше альбедо, тем больше почва поглощает солнечной энергии. Альбедо зависит от цвета почвы, влажности, выравнинности поверхности, характера растительного покрова. Чернозем сухой имеет показатель альбедо 14%, влажный – 8, песок белый сухой – 25-30, серый сухой – 15-18, влажный – 10-12%.

Теплоемкость – свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством тепла (в джоулях и калориях), необходимого для нагревания на 1°C единицы массы (удельная) или единицы объема (объемная). Теплоемкость зависит в основном от влажности, содержания органического вещества, пористости аэрации (табл. 11). Наиболее высокая теплоемкость у воды.

Теплоемкость составных частей почв

Вещество	Теплоемкость			
	Удельная		Объемная	
	Дж/(г·град)	Калорий/(г·град)	Дж/(см ³ ·град)	Калорий/(см ³ ·град)
Песок	0,82	0,196	2,16	0,517
Глина	0,98	0,233	2,42	0,577
Торф	2,00	0,477	2,56	0,611
Вода	4,19	1,000	4,19	1,000

Для повышения температуры влажной почвы требуется больше тепла, чем для сухой. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются. А поскольку глинистые, тяжелосуглинистые и торфяные почвы весной содержат много влаги, они медленнее прогреваются по сравнению с более сухими песчаными и супесчаными, их называют холодными. Осенью наблюдается обратная картина – легкие почвы быстрее охлаждаются, а тяжелые и торфяные – медленнее.

Теплопроводность – способность почвы проводить тепло. Она измеряется количеством тепла в Джоулях (калориях), которое проходит за 1 с. через 1 см² слоя почвы толщиной в 1 см. Минимальной теплопроводностью обладает воздух (табл. 12), более высокой – органическое вещество (гумус, торф), вода. Самая высокая теплопроводность у минеральной части почв. Она в 100 раз выше, чем у воздуха и примерно в 20 раз выше, чем у воды.

Теплопроводность плотных и влажных почв выше, чем рыхлых, хорошо оструктуренных и сухих.

Теплопроводность составных частей почвы

Вещество	Теплопроводность	
	Дж/(см·с·град.)	Калорий/(см·с·град.)
Воздух	0,000210	0,00006
Торф	0,001107	0,00027
Вода	0,005866	0,00136
Гранит	0,033620	0,00820
Базальт	0,021320	0,00520

11.2. Тепловой режим почв и его регулирование

Тепловой режим почвы – это совокупность и последовательность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла. Он характеризуется температурой на разных глубинах почвенного профиля, которая имеет суточный и годовой ход.

Суточный ход температуры почвы определяется зональным положением почвы, климатическими и погодными условиями, сезонностью, особенностями рельефа и растительного покрова, составом и свойствами почв. Наиболее резко суточный ход выражен в пределах 50-см слоя. Максимальные температуры наблюдаются на поверхности днем, минимальные – ночью. С глубиной в профиле почв характерно запаздывание изменения температуры.

Годовой ход температуры определяется, в первую очередь, климатическими условиями, имеет большую амплитуду и выражен на большую глубину, чем суточный.

Годовой ход температуры характеризуется проявлением двух периодов: летнего с потоком тепла от верхних горизонтов к нижним (период нагревания почвы) и зимнего – потоком тепла от нижних к верхним (период охлаждения почвы). В умеренных широтах максимум среднесуточной температуры почвы наблюдается обычно в июле - августе, а минимум – в январе - феврале.

Наиболее резко годовой ход температур проявляется в пределах 3-4-х метровой толщи почвы и почвообразующих пород. На глубине 6 м колебания температур не превышают 1°C. Максимальные температуры почв с глубиной отстают от максимальных температур воздуха. Различия во времени могут достигать 2-3 месяцев.

На годовой ход температур большое влияние оказывают растительный покров, высота снежного покрова, рельеф, хозяйственная деятельность. Замерзание почвы происходит после установления отрицательных температур воздуха и продолжается до января-февраля. Затем она постепенно оттаивает снизу за счет передачи тепла из нижних не промерзших слоев. Иногда оттаивание снизу продолжается до схода снега, при этом талая вода проникает в почву. В другие

годы, при раннем сходе снега, почва может оттаивать сверху и снизу, при этом в оттаявшем сверху слое образуется слой, насыщенный водой, и создаются условия для поверхностного стока и развития эрозионных процессов за счет талых вод. Для оценки теплообеспеченности почв и характеристики теплового режима используются следующие показатели: сумма активных температур (более 10°C) в почве на глубине 20 см; сумма отрицательных температур на глубине 20 см; средний из абсолютных минимумов температур на поверхности почвы; глубина промерзания почвы; глубина проникновения температур более 10°C (для лета) и др. показатели.

Сумма активных температур почвы (больше 10°C) на глубине 20 см в тундре примерно на 100°C ниже или соответствует сумме активных температур воздуха; в таежно-лесной зоне активные температуры почвы превышают температуры воздуха на $100-200^{\circ}\text{C}$; в степной зоне – на $300-500^{\circ}\text{C}$ и в субтропиках – примерно на 1000°C .

Для характеристики процессов трансформации солнечной энергии рассчитываются радиационный, тепловой балансы почвы и энергетический баланс почвообразования, которые соответственно учитывают приход-расход солнечной радиации, тепла и количество энергии, расходуемой на работу почвообразовательного процесса.

11.3. Типы теплового (температурного) режима почв

В зависимости от динамики температуры почвы, длительности и глубины промерзания В.Н.Димо (1968) выделила 4 типа температурного режима почв.

Мерзлотный – характерен для территорий с многолетней мерзлотой. Среднегодовая температура почв отрицательная. Сезонное замерзание и оттаивание прослеживается до верхней границы многолетнемерзлого слоя.

Длительно-сезоннопромерзающий тип характерен для территорий с положительной среднегодовой температурой профиля почвы. Длительность промерзания – не менее 5 мес. Глубина промерзания – более 1 м. Сезонное промерзание не смыкается с многолетнемерзлыми породами, если они присутствуют.

Сезоннопромерзающий тип характерен для территорий с положительной среднегодовой температурой профиля почвы. Глубина промерзания не более 2 м, длительность – от нескольких дней до 5 мес.

Непромерзающий тип характерен для территорий, где температура на глубине 20 см в самом холодном месяце положительная. Промерзание почвы отсутствует, а отрицательные температуры почвы отсутствуют или держатся не более нескольких дней.

Длительно-сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима характерны для преобладающей части территории России, непромерзающий занимает небольшую площадь на Северном Кавказе и Черноморском побережье Кавказа.

11.4. Регулирование теплового режима

К приемам, регулирующим приток солнечного тепла к поверхности почвы, относятся затенение почвы растительностью, мульчей, некоторые приемы обработки почвы (рыхление и прокатывание поверхности почвы), гребневые и грядковые посевы.

Растительный покров затеняет поверхность почвы, осияет приток к ней солнечного тепла и способствует понижению температуры. Поэтому в жарких районах ряд культур (табак, кофе) возделывают с затенением под потом древесных пород. В этих же целях создают кулисы из высокостебельных растений и устраивают легкие навесы.

Мульчирование поверхности почвы торфом, соломой, мульчбумагой и другими материалами широко применяют для регулирования температуры почвы, особенно в овощеводстве. Мульчирование светлоокрашенной мульчей 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, и расход тепла. Мульчирование поверхности почвы торфом, соломой, мульчбумагой и другими материалами широко применяют для регулирования температуры почвы, особенно в овощеводстве. Мульчирование светлоокра-

шенной мульчей 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 и расход тепла.

Полив — эффективный прием регулирования температуры почвы. При этом заметно снижается температура поверхностных слоев почвы.

Радикальным приемом регулирования теплового режима в холодный период являются снежные мелиорации. Снегозадержание — одновременно важное средство накопления в почве влаги. Его широко применяют в засушливых и континентальных районах страны - на юге и юго-востоке европейской части России.

Снегозадержание проводят с помощью лесных полос, кулис, высокой стерни, снегопахотой, установкой щитом и другими приемами, по возможности в ранние сроки.

12. Почвенный раствор и окислительно-восстановительные процессы в почве

12.1. Почвенные растворы

Почвенный раствор представляет собой жидкую фазу почв, которая формируется путем взаимодействия атмосферных осадков, поверхностного стока и грунтовых вод (при неглубоком залегании последних) с твердой, газообразной и живой фазами.

Почвенный раствор содержит минеральные, органические и органоминеральные вещества в ионной, молекулярной, коллоидной форме и иногда в виде взвесей. Он также содержит растворенные газы: кислород, углекислый газ, аммиак. Количество почвенного раствора зависит от влажности почвы и колеблется в широких пределах - от долей и единиц до десятков процентов в минеральных почвах, до сотен процентов в торфяных.

Методы выделения почвенных растворов:

- отпрессовывание, вытеснение жидкостями или газами, центрифугирование и замещение (вытеснения) другой жидкостью;

- улавливание почвенных растворов специальными приёмниками разных конструкций (лизиметрический метод);

- метод водных вытяжек (наиболее часто применяемое соотношение почва - вода 1:5);

- стационарный метод изучения почвенных растворов в естественном состоянии с помощью специальных приборов (наиболее часто применяются ионометрические методы с использованием специальных электродов для измерения pH, Eh, концентрации целого ряда катионов и анионов (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , NO_3^- и др.).

Концентрация почвенного раствора невелика и обычно не превышает нескольких граммов вещества на литр раствора. Исключение составляют засоленные почвы, в которых содержание растворенных веществ может достигать десятков и даже сотен граммов на литр.

В почвенных растворах преобладают катионы Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , всегда присутствуют K^+ , NH_4^+ , H^+ , в почвах с кислой реакцией среды - Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} . Из анионов преобладают CO_3^{2-} , Cl^- , SO_4^{2-} ; присутствуют NO_3^- , NO_2^- , H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} . Железо, алюминий содержатся, в основном, в виде устойчивых комплексов с органическими веществами.

Содержание органических веществ в почвенных растворах измеряется десятками и сотнями мг/л, повышенные концентрации их наблюдаются в подзолистых и болотных почвах таёжно-лесной зоны. Органические вещества представлены в основном фульвокислотами и простыми органическими кислотами. Наиболее высокие концентрации органических веществ характерны для верхних горизонтов – лесная подстилка и гумусовые горизонты.

Реакция среды почвенных растворов (актуальная кислотность и щелочность) изменяется от кислой и слабокислой в подзолистых почвах северной и средней тайги, нейтральной в зоне чернозёмных почв до слабощелочной и местами щелочной в почвах аридных областей. Наиболее высокая щелочная реакция обусловлена содовым засолением, в меньшей степени хлоридным и затем сульфатным. С концентрацией и степенью диссоциации водорастворимых со-

лей тесно связано осмотическое давление почвенного раствора. Оно наиболее высокое у засоленных почв. Если осмотическое давление равно или выше осмотического давления клеточного сока растений, то прекращается поступление воды в растения, и они погибают. Это является основной причиной бесплодия засоленных почв. Существует выраженная динамика концентрации почвенных растворов (годовая, сезонная, суточная), связанная с изменением влажности и температуры.

12.2. Окислительно-восстановительные процессы в почвах

В почве широко развиты окислительно-восстановительные процессы, и в этом отношении ее можно рассматривать как сложную окислительно-восстановительную систему.

Реакции окисления всегда сопровождаются реакциями восстановления и протекают сопряженно. Окисление рассматривается как присоединение — отдача кислорода к веществу, или потеря веществом водорода, или отдача электрона. Реакции восстановления — как противоположные явления потере кислорода, присоединение водорода или электрона. Способность почвы вступать в окислительно-восстановительные реакции измеряется окислительно-восстановительным потенциалом. Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) — разность потенциалов, возникающая между почвенным раствором и электродом из инертного металла (платины). Измеряется ОВП при помощи потенциометра. ОВП по отношению к водороду обозначается символом Eh, измеряется в милливольтгах.

Окисленные и восстановленные формы соединений образуют окислительно-восстановительные системы, представленные набором пар элементов с переменной валентностью: $\text{Fe}^{3+} - \text{Fe}^{2+}$; $\text{Mn}^{4+} - \text{Mn}^{3+} - \text{Mn}^{2+}$; $\text{NO}_3^- - \text{NO}_4^{3-}$; $\text{SO}_4^{2-} - \text{H}_2\text{S}$; $\text{H}_2 - 2\text{H}^+$ и др., а также органическими системами. Преобладающие в количественном отношении окисленные и восстановленные формы носят название потенциалопределяющей системы. От неё в основном зависит величина Eh.

Основным окислителем в почве является молекулярный кислород почвенного воздуха и почвенного раствора. Основными восстановителями — про-

дукты анаэробного распада органического вещества и жизнедеятельности микроорганизмов. Поэтому большая часть окислительно-восстановительных реакций в почвах имеет биохимическую природу. Главными условиями, определяющими интенсивность и направленность окислительно-восстановительных процессов в почвах, является состояние увлажнения и аэрации почв, содержание кислорода в почвенном растворе, содержание легкоразлагаемого вещества и температура почвы.

Величина Eh в подзолистых и дерново-подзолистых почвах нормального увлажнения составляет 450-600мВ, в серых лесных, чернозёмах и каштановых почвах - 500-650. Наиболее низкие значения Eh (ниже 200мВ) характерны для болотных почв. Снижение Eh ниже 350-450 мВ свидетельствует о начале смены окислительных условий на восстановительные, а до значения 200 мВ и ниже - об интенсивном развитии восстановительных процессов с типичными признаками глеевого процесса.

Величина Eh зависит от pH раствора. Как правило, в кислой среде окисление идёт при более высоких значениях Eh по сравнению со щелочными условиями. Для получения сравнимых данных в средах с различной величиной pH У.М.Кларк предложил использовать показатель водородного потенциала rH_2 :

$$rH_2 = (Eh/30) + 2 pH$$

При rH_2 выше 27 преобладают окислительные процессы, при 22-25 - восстановительные и при rH_2 ниже 20 происходят интенсивные восстановительные процессы.

Для характеристики окислительно-восстановительных условий введены понятия окислительно-восстановительной ёмкости (максимальное количество окислителя (восстановителя), которое может быть связано почвой) и окислительно-восстановительной буферности (способность почв противостоять изменению ОВП). Более высокой окислительно-восстановительной ёмкостью и буферностью обладают чернозёмные почвы (по сравнению с дерново-подзолистыми).

Окислительно-восстановительный режим почв - это соотношение окислительно-восстановительных процессов в почвенном профиле в годичном цикле. И.С.Кауричев и Д.С.Орлов предложили выделять следующие типы окислительно-восстановительного режима:

- почвы с абсолютным господством окислительных процессов - автоморфные почвы семигумидных - экстрааридных областей (чернозёмы, каштановые и др.);

- почвы с преобладанием окислительных процессов — автоморфные почвы гумидных и экстрагумидных областей (подзолистые, краснозёмы и др.);

- почвы с контрастным окислительно-восстановительным режимом - полугидроморфные (глееватые и глеевые) почвы различных областей;

- почвы с устойчивым восстановительным режимом - болотные (гидроморфные).

13. Общая схема почвообразовательного процесса

13.1. Образование почв

Почвообразование начинается с момента поселения живых организмов на скальных породах или на продуктах выветривания и переотложения – водноаккумулятивных (флювиальных), гляциальных, эоловых, гравитационных. На первых стадиях процесса, на скальных горных породах магматических или осадочных, *первичный почвообразовательный процесс* по существу совпадает с *выветриванием* и формируется на плотной скальной породе; почва физически совмещена с корой выветривания. В дальнейшем на более зрелых стадиях земной поверхности *выветривание* и *почвообразование* разделяются в пространстве и во времени, а почва формируется лишь в самой верхней зоне коры выветривания горных пород, часто после её образования и переотложения. При этом надо иметь в виду, что абиотический период развития земной поверхности в далеком геологическом прошлом Земли протекал без почвообразования и на земной поверхности существовали коры выветривания, но не было почв. Разделение процессов выветривания и почвообразования и, соответственно, коры выветривания и почвы как природных тел имеет принципиальное значение. И

хотя факторы (агенты и условия) выветривания и почвообразования одни и те же и протекают эти процессы в одних и тех же термодинамических условиях земной поверхности с их соответствующей глобальной дифференциацией, как сами процессы, так и конечные результаты, продукты этих процессов разные.

Кора выветривания горных пород – это продукт разрушения, трансформации минеральных компонентов и их переотложения.

Почва – это результат новообразования специфического биокосного тела отличающегося от коры выветривания наличием гумуса, характеристической морфологией (специфическим строением), иерархической структурой, глобальными функциями.

С того момента, когда на смену абиотическому выветриванию, пришло выветривание с участием организмов, можно констатировать, что почвенное выветривание стало доминирующим, главенствующим в процессе преобразования литосферы. По существу мы имеем дело с биогеохимическим выветриванием. В данном процессе почва принимает как *косвенное*, так и *непосредственное* участие.

Косвенное. Косвенная роль заключается в том, что без почвы, являющейся основной средой обитания организмов суши, активное биохимическое изменение литосферы было бы по существу невозможно; живые организмы и их метаболиты без почвы не представляли бы глобального фактора преобразования лика Земли.

Непосредственное участие почвы многопланово. Почва выступает как поставщик органических кислот специфической и неспецифической природы, возникающих в процессе гумусообразования. Важными агентами разрушения и изменения минералов литосферы являются попадающие в почву продукты жизнедеятельности обитающих в ней микроорганизмов и т. д.

13.2. Почвообразовательный процесс

Почвообразовательный процесс или почвообразование, это достаточно сложный природный процесс, который можно отнести к категории биофизико-химических процессов.

По А.А.Роде (1972) *почвообразовательным процессом* называется совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, протекающих в почвенной толще. *Агентами почвообразования* являются живые организмы и продукты их жизнедеятельности (продукты их распада), а также вода, кислород воздуха и углекислота при участии солнечной энергии. ***На что действуют агенты почвообразования?*** На минеральные соединения горных пород. Поглощение живыми организмами минеральных элементов из окружающей среды и выделение ими различных органических и минеральных соединений, которые воздействуют на эту среду и которые изменяют её, представляют *два главных противоположных и взаимосвязанных комплекса* биохимических, химических, физических, физико-химических процессов, которые в своем единстве составляют *сущность любого почвообразовательного процесса*.

В качестве примера можно назвать следующие пары противоположно направленных почвенных процессов, свойственных почвообразованию:

1 пара:

- а) поглощение живыми организмами из почвы минеральных соединений и синтез органического вещества;
- б) выделение живыми организмами в почвенный раствор и почвенную атмосферу органических и минеральных соединений.

2 пара:

- а) разрушение первичных минералов почвообразующей породы;
- б) синтез вторичных минералов и органо-минеральных комплексов.

Таких примеров можно привести достаточно много, вместе с тем наиболее важные слагаемые почвообразовательного процесса являются:

1. *превращение* (трансформация) минеральной горной породы, из которой образуется почва (а в дальнейшем и самой почвы);
2. *накопление* в ней органических остатков и их постепенная трансформация;
3. *взаимодействие* минеральных и органических веществ с образованием сложной системы органо-минеральных соединений;

4. *накопление* (аккумуляция) в верхней части почвы ряда биофильных элементов и, прежде всего, элементов питания;

5. *передвижение* продуктов почвообразования с током влаги в профиле формирующейся почвы.

Почвообразование в определенном смысле можно рассматривать как *соотношение процессов выноса и аккумуляции*, причем выносу из охваченной почвообразованием толщи подвергаются одни вещества, а аккумуляции другие.

Процессы, протекающие в почве, могут иметь различную природу и вызывать изменения которые могут охватывать всю почвенную толщу или отдельные её части.

Генезис любой почвы состоит как минимум из 3 последовательных стадий:

1 стадия: Начало почвообразования, называемое *первичным почвообразовательным процессом*.

2 стадия: Стадия *развития* почвы, на которой субстрат материнской породы последовательно приобретает характерные почвенные признаки. Отсутствие равновесия на данной стадии – причина развития почвообразовательного процесса. Поэтому под *развитием* почвы понимают формирование почвы от нуль-момента до зрелой почвы одного типа.

3 стадия: Стадия *сформированной (зрелой)* почвы, на которой преобладают циклически обратимые процессы. На данной стадии свойства почвы и уровни биопродуктивности соответствующих биогеоценозов относительно стабильны вследствие близости почвы к равновесию с факторами среды.

В связи с большим возрастом почвы, когда планетарные условия в отдельных частях Земли менялись, направленность почвообразовательного процесса может изменяться многократно, что свидетельствует о *полигенетичности почвы*.

На каком-то этапе стадия сформированной зрелой почвы (климаксное состояние) сменяется эволюцией почвы. *Эволюция* – смена одного типа почв другим.

Примеры эволюции одних типов почв в другие многочисленны, они хорошо известны:

1. При *обсыхании* территории происходит формирование луговых почв из болотных.
2. При *остепнении* – переход луговых почв в каштановые или черноземы.
3. При *рассолении* солончак переходит в солонец.
4. При *повышении уровня грунтовых вод* происходит заболачивание автоморфных почв.

Почвообразовательный процесс обладает свойством непрерывности, но интенсивность, как отдельных слагающих его явлений, так и всего процесса в целом может значительно меняться. Характерной особенностью почвообразовательного процесса является его *цикличность*.

14. Факторы почвообразования

Под *факторами почвообразования* понимаются внешние по отношению к почве компоненты природной среды, под воздействием и при участии которых формируется почвенный покров земной поверхности.

Основатель генетического почвоведения В.В. Докучаев положил начало учению о факторах почвообразования. Функциональную взаимосвязь между почвенным покровом и главнейшими факторами почвообразования он выразил формулой:

$$П = f(K, O, Г, Р)Т,$$

где: П – почва; К- климат; О – организмы; Г – горные породы; Р – рельеф;
Т – время.

К этим естественным факторам (условиям) почвообразования на значительных территориях в последние тысячелетия истории почвенного покрова присоединился ещё один существенный фактор – хозяйственная деятельность человека (антропогенный фактор).

В процессе формирования почвы все факторы являются равнозначными и незаменимыми. Отсутствие одного из них исключает возможность почвообра-

зовательного процесса. На определенных стадиях формирования почвы в качестве определяющего может выступать какой-либо один из факторов.

Закономерности пространственного изменения почвенного покрова могут быть различного порядка:

Топографические – измеряется кв.м. или гектарами (пересечение речной долины, междуречья). Они могут быть показаны на крупномасштабной топографической карте.

Географические – пересечение целой страны, континента (зональность, провинциальность).

14.1. Климат

Климат оказывает сложное и многообразное воздействие на почву. С ним связана: энергетика почвообразования, тепловой, водный режимы, накопление продуктивной влаги, продолжительность промерзания, ветровая (дефляционная) деятельность и т.д.

Климат и погода характеризуются одними и теми же метеорологическими показателями. Погода охватывает ежедневные изменения этих элементов. Климат – изменение их на протяжении достаточно длительного времени. Влияние климата может быть прямое и косвенное (в основном через растительность).

Два важнейших составляющих климата, как фактора почвообразования – тепло и влага. *Главный источник энергии* для биологических и почвенных процессов – солнечная радиация. *Основной источник увлажнения* – атмосферные осадки.

Температура. Наблюдается закономерное нарастание поступления солнечной энергии от полюсов к экватору и зависит от многих факторов – от широты местности, характера подстилающей поверхности, степени увлажнения территории. В соответствии с поступлением тепла на поверхность Земли формируются термические пояса планеты (таб. 13).

Так как пояса характеризуются не только климатическими показателями, но и определенными типами растительности и почв они получили название почвенно-биоклиматические пояса.

Таблица 13

Обеспеченность теплом географический поясов северного полушария

Географический пояс	Сумма температур > 10°C	
	на западе Евразии	на востоке Евразии
Полярный (холодный)	400-600	400-600
Бореальный (умеренно холодный)	600-2400	600-1800
Суббореальный (умеренно теплый)	2400-4000	1800-3200
Субтропический (теплый)	4000-8000	3200-7000
Тропический (жаркий)	>8000	>7000

Увлажнение. В целом поступление осадков резко нарастает от полюса к экватору. Однако внутри континентов их выпадение не подчиняется закону зональности, выпадают они чрезвычайно пестро и во многом зависят от местных причин: особенностям атмосферной циркуляции; размером и строением материков; наличием горных цепей и низменностей; близостью расположения местности от побережья морей и океанов; наличием холодных и теплых морских течений.

Режим увлажнения определяется абсолютными и относительными показателями. *Абсолютные* – характеризуют годовое или сезонное количество осадков. *Относительные* – количественно отражают отношение выпавших осадков к испаряемости на данной территории.

Этот относительный показатель получил название *коэффициент увлажнения (КУ)* и впервые был установлен Высоцким, а позднее применен к классификации климатов земного шара Ивановым (таб. 14).

Территории почвенно-биоклиматических поясов существенно отличаются по условиям увлажнения, что позволяет выделять внутри них ряд областей. С градацией климата по атмосферному увлажнению сопряжены: водный режим

почв при одинаковом положении их в рельефе; ОВП почв; степень выветрелости и выщелочности при равных термических условиях.

Таблица 14

Группы климата по величине отношения годового количества выпадающих осадков к испаряемости

Группа	Климат	КУ(по Иванову)	Высоцкому-
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	

На основе учета термических параметров выделяются *почвенно-климатические фацции*:

1. По суммам активных температур (больше 10 град.) почвы на глубине 20 см., как основному показателю энергообеспеченности почвообразовательных процессов;
2. По длительности температур ниже 0 град. в почве на глубине 20 см., как основному показателю холодного периода (и периода промерзания почвы).

В современной классификации в каждом почвенном типе выделяются *фациальные подтипы*, для которых вводятся номенклатурные обозначения, связанные с их термическим режимом: жаркие, теплые, умеренно-теплые, холодные, умеренно-холодные, промерзающие, непромерзающие почвы и т. д.

По мере продвижения с запада на восток возрастает континентальность климата.

Континентальность климата характеризуется годовой амплитудой температуры, выраженной в процентах от средней планетарной величины, а также рядом других показателей. Величина показателя степени континентальности климата (К) по Н.Н. Иванову в 100% обозначает уравновешенное влияние кон-

тинентов и океанов на климат. Величина менее 100% указывает на преобладание океанических, а более 100% - континентального влияния.

Тип континентальности	К
Океанический	менее 100
Слабоконтинентальный	100 - 300
Среднеконтинентальный	131 - 165
Умеренноконтинентальный	166 – 205
Очень континентальный	206 – 250
Резкоконтинентальный	более 250

Природные зоны, в которых соотношение тепла и влаги близко к соразмерному, т.е. радиационный индекс сухости близок к единице, отличаются наибольшей продуктивностью биомассы и максимальной мощностью почвенного профиля, которая может рассматриваться как показатель интенсивности почвообразовательного процесса.

14.2. Роль почвообразующей (материнской) породы как фактора почвообразования

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

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

пегматиты) имеют высокое содержание кремнезема (более 63% SiO_2), до 7-8% оксидов калия и натрия и только 2-3% оксидов кальция и магния. Основные магматические породы (базальты, периодиты, дуниты, габбро) характеризуются низким содержанием SiO_2 (40-60%), повышенным содержанием CaO и MgO (до 20%), оксидов железа (до 10-20%) и менее 3% K_2O и Na_2O . Магматические горные породы составляют 95% общей массы пород, слагающих литосферу, но в качестве почвообразующих они занимают небольшие площади, главным образом в горных областях.

Метаморфические горные породы - вторичные массивно-кристаллические породы, образовавшиеся в недрах Земли в результате перекристаллизации магматических и метаморфических пород под действием высоких давлений и температур. К ним относятся гнейсы, мрамор, кварциты и др. Они состоят из минералов группы силикатов, алюмосиликатов, карбонатов. В качестве почвообразующих метаморфические горные породы занимают небольшие площади.

Осадочные породы — отложения продуктов выветривания массивно-кристаллических пород или остатков различных организмов. Они подразделяются на *обломочные, химические осадки и биогенные*. Среди осадочных пород химического и биогенного происхождения важную роль в почвообразовании играют карбонатные отложения — известняки, мергели, доломиты, мел.

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

Хемогенные отложения образовались в результате выпадения солей из водных растворов в морских заливах, озерах, в условиях сухого жаркого климата или в результате химических реакций. К ним относятся галоиды (каменная и калийная соль), сульфаты (гипс, ангидрид), карбонаты (известняковый туф, известняк, доломит, мергель), силикаты (кремневый туф, или гейзерит) и фосфаты (фосфорит).

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

К карбонатным породам относятся биогенные известняки и мел. Примером кремнистых пород является доломит, состоящий из остатков диатомовых водорослей. Углеродистые породы имеют высокое содержание органических веществ и обладают горючестью. К ним относятся ископаемые угли, торф, сапропель, а также нефть и газы. Известно их большое практическое значение.

По происхождению они подразделяются на *морские и континентальные*. По возрасту осадочные породы подразделяются на *древние и четвертичные*.

Морские отложения четвертичного возраста мало распространены и с поверхности сильно изменены или перекрыты континентальными образованиями.

Древние осадочные породы, образованные в дочетвертичный период, со временем утратили рыхлость, пористость и являются преимущественно плотными породами. Древние осадочные породы и массивнокристаллические объединяют по возрасту в одну группу дочетвертичных, или коренных, пород. Молодые осадочные породы сформировались в четвертичный период в результате выветривания коренных пород и переотложения продуктов их разрушения водой, ветром, льдом. Их образование продолжается и в настоящее время. В отличие от плотных коренных пород они характеризуются благоприятными для почвообразования свойствами: рыхлым сложением, пористостью, водопроницаемостью, водоудерживающей и поглощательной способностью.

Из многих свойств почвообразующих пород, на качество почвы существенно сказываются следующие: гранулометрический (механический) состав; степень карбонатности; количество легкорастворимых солей; минералогический состав, особенно состав глинистых минералов почвообразующих пород.

Гранулометрический состав почвообразующей породы определяет в известной степени водно-тепловой режим почв. Песчаные породы и почвы легче промываются и освобождаются от солей и менее подвержены вторичному засолению. С другой стороны водопроницаемость песков создает возможность

большого выщелачивания почв, следствием чего может быть увеличение мощности профиля песчаных почв по сравнению и глинистыми. Вместе с тем бедность основаниями делает песчаные почвы менее гумусными.

Совершенно иные условия для почвообразования складываются на породах, представленных *тяжелыми глинами*. Вследствие малой проницаемости и высокой влагоемкости глинистые почвы характеризуются меньшей выщелоченностью и мощностью, а также накоплением подвижных продуктов почвообразования. Для почв на глинистых породах характерны явления солонцеватости на юге и заболачивания на севере.

Песчаные почвы легче в обработке, чем глинистые. Поэтому в сельскохозяйственной практике их называют «легкими» и «теплыми», а глинистые – «тяжелыми» и «холодными».

Почвообразующие породы и слагающие их минералы подвергаются под воздействием атмосферы, гидросферы и биосферы разнообразным и сложным количественным и качественным изменениям, получившим название «выветривание», а продукты выветривания получили название «**кора выветривания**». Под корой выветривания понимают наружную (подпочвенную) часть литосферы в пределах континентов, где происходит перераспределение химических элементов в соответствии с местными ландшафтно-геохимическими условиями. Верхняя граница коры выветривания соответствует горизонту С почвы.

В зависимости от природных условий, свойств горных пород, времени, течения процессов выветривания различают *современные и древние коры выветривания*. Современные – образовались в четвертичном периоде. Б.Б. Польшов (1934г.) ввел также понятие об *остаточных и аккумулятивных корах выветривания*.

Остаточные (элювиальные) коры выветривания, образованные (insitu) формируются в условиях тектонически спокойного рельефа, сложенного, как правило, массивными породами.

Аккумулятивные коры выветривания образуются в результате переотложения (водой, ветром) продуктов элювиальных кор выветривания. Это различ-

ного рода континентальные рыхлые отложения – механические осадки того или иного минералогического состава, обогащенные теми или иными подвижными компонентами, вынесенных из остаточных кор. Они слагают аккумулятивные равнины различного генезиса, делювиальные и пролювиальные конусы выноса, области речных долин и дельт.

14.2.1. Главные генетические типы четвертичных осадочных пород

Элювиальные отложения (элювий) - продукты выветривания массивно-кристаллических пород, оставшиеся на месте их образования. Элювий характеризуется разным составом и мощностью, в зависимости от состава исходных пород (элювий гранитов, базальтов и др.), длительности процесса выветривания, климатических условий, в которых происходило выветривание.

Делювиальные отложения (делювий) - продукты эрозии, отложенные временными водотоками дождевых и талых вод в нижней части склонов, прилегающих к горам, водоразделам, к понижениям и западинам на водоразделах. Они имеют хорошо выраженную дифференциацию вдоль склона. У подножья крутых склонов откладываются более крупные грубообломочные наносы, ниже - более отсортированные и тонкозернистые отложения. Как правило, делювиальные отложения имеют небольшую мощность до 2-5 м и залегают в виде пологих шлейфов.

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

Аллювиальные отложения (аллювий) образовались в результате переноса и отложения продуктов выветривания речными водами. Реками переносятся вещества, поступающие в них с поверхностным стоком. Различают русловый аллювий, содержащий более крупные гравелистые и песчаные материала-

лы; отложения стариц представлены супесями, суглинками, илами с примесью органических веществ. Центральная пойма сложена более тонким суглинистым материалом, поскольку скорость воды здесь не высокая.

Различают древнеаллювиальные отложения (ими сложены речные террасы) и современные - в поймах рек. Последние, продолжают формироваться в настоящее время.

Озерные отложения представляют собой донные отложения озер. Они сложены наиболее тонкими частицами мелкозема - глинами и илами с хорошо выраженной слоистостью (ленточные глины), отражающей сезонные и многолетние процессы их формирования. Илы с высоким содержанием органических веществ (15-20%) называются сапропелем, который используется как ценное органическое удобрение, обогащенное элементами питания для растений.

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

Ледниковые (гляциальные), или моренные отложения - продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледником.

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

слой реакцией среды, с большим количеством камней и валунов в верхних слоях и на поверхности. На карбонатной морене, в связи с наличием оснований кальция и магния, формируются более плодородные почвы с менее кислой и нейтральной реакцией среды.

Флювиогляциальные (водноледниковые) отложения временных водотоков и замкнутых водоемов, образовавшихся при таянии ледника.

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

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

Эоловые отложения образовались в результате деятельности ветра. К эоловым отложениям относят пески дюн, барханов, барханных гряд. Они образуются, преимущественно, при перевевании аллювиальных, морских, флювиогляциальных, озерных песков. Характерная особенность эоловых песков - подвижность, рыхлое сложение, хорошая сортировка, отшлифованная округленность песчинок, высокая водопроницаемость. Почвы, формирующиеся на песках, обладают слабой водоудерживающей способностью и низким плодородием. Распространены в пустынях Средней Азии и на побережье Балтийского моря.

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

14.3. Рельеф как фактор почвообразования

Одним из важнейших факторов почвообразования, оказывающих огромное влияние на генезис почв, структуру почвенного покрова, его контрастность и пространственную неоднородность, является рельеф местности.

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

нанорельеф – самые мелкие формы рельефа с колебаниями высот в пределах 30 см: кочки, неровности, связанные с обработкой почвы (борозды, гребни и др.).

Значение рельефа в формировании почв и развитии почвенного покрова велико и разнообразно. Рельеф выступает как главный фактор перераспределения солнечной радиации и осадков в зависимости от экспозиции и крутизны склонов и оказывает влияние на водный, тепловой, питательный, окислительно-восстановительный и солевой режимы. Элементы мезо- и микрорельефа и особенно склоны разной крутизны прежде всего перераспределяют влагу осадков на земной поверхности и регулируют соотношение вод, стекающих по поверхности, просачивающихся в почву, накапливающихся в понижениях. Различия в увлажнении вызывают изменения питательного, окислительно-восстановительного и солевого режимов.

Формы и виды мезорельефа

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

Сочетания элементов рельефа образуют положительные формы мезорельефа - холмы, бугры, гривы, увалы, гряды, дюны, барханы, озы, камы, друмлины - и отрицательные - балки, ложбины, лощины, овраги, карстовые понижения, промоины (рис. 12).

Холмом называется небольшое возвышение округлой формы с широким основанием, постепенно сливающимся с равниной. Высота холма 40-100 м, иногда до 200 м. *Бугор* характеризуется меньшей высотой (10-25 м) и более крутыми склонами. *Грива, гряда, увал* – удлиненные возвышения, отличающиеся от холма тем, что их длина в несколько раз превышает ширину. *Гряды*, имеющие форму длинных (до 30-40 км) узких валов моренного происхождения, называют озами. Их ширина 40-100 м, высота 25-30 м. *Друмлины* – моренные холмы продолговато-овального очертания длиной до 25 км, шириной 10-150 м, высотой 5-25 м.

Камы – холмы моренного происхождения высотой до 100 м. *Овраги* – линейно вытянутые понижения с крутыми или отвесными склонами, не задернованными растительностью, образовавшиеся в результате водной эрозии. Небольшие овраги глубиной до 1-2 м называются промоинами. *Балка* отличается от оврага пологими задернованными склонами. В верховьях балка сужается, становится мельче и переходит в лощину, которая, в свою очередь, переходит в плоское понижение, называемое ложбиной. Размеры оврагов и балок - до нескольких километров в длину, десятков метров в ширину и глубину.

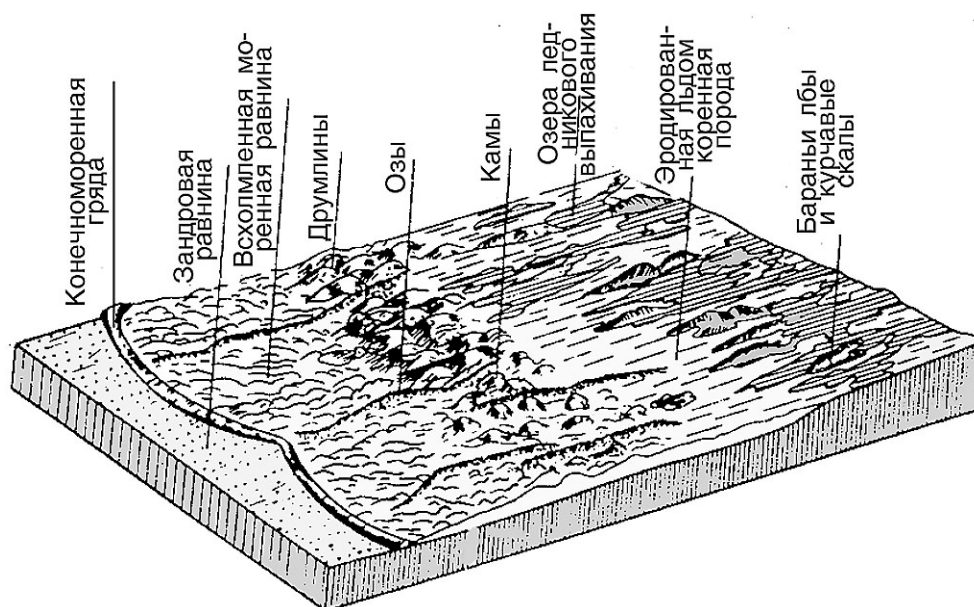


Рис. 12. Схема соотношения ледниковых и водно-ледниковых форм материковых отложений (Ганжара, 2001)

В зависимости от сочетаний перечисленных форм различают следующие виды рельефа: *холмистый* – чередование холмов и равнинных пространств; *гривистый, увалистый и грядовой* – пониженные пространства чередуются с гривами, увалами или грядами; *волнистый* – плоские повышения чередуются с плоскими узкими понижениями; *полого-волнистый* – плоские широкие повышения чередуются с плоскими широкими понижениями с постепенными переходами между ними.

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

По форме профиля выделяют склоны прямые, выпуклые, вогнутые, ступенчатые. Экспозиция склона оказывает влияние на поглощение солнечной радиации и температурные условия склонов. Мезо- и микроформы рельефа перераспределяют тепло и влагу в пределах склонов, повышений и понижений.

В настоящее время выделяют по положению в рельефе и по определяемому им перераспределению осадков следующие группы почв, которые называются *рядами увлажнения (рядами почвообразования)*:

- *Автоморфные почвы* (плакорные, нормальные) – формируются на ровных поверхностях и склонах в условиях свободного стока поверхностных вод, при глубоком залегании грунтовых вод (глубже 6 м.)
- *Полугидроморфные почвы* – формируются при кратковременном застое поверхностных вод или при залегании грунтовых вод на глубине 3-6 м. (капиллярная кайма может достигать корней растений).
- *Гидроморфные почвы* – формируются в условиях длительного поверхностного застоя вод или при залегании грунтовых вод на глубине менее 3м. (капиллярная кайма может достигать поверхности почвы).

Рельеф оказывает большое влияние на развитие эрозионных процессов. В условиях склоновых форм рельефа возможно проявление водной эрозии, т.е. смыва и размыва почвы. В настоящее время нет единой и обоснованной градации склонов по крутизне. Для сельскохозяйственной характеристики рельефа Сильвестров предлагает применять следующую градацию склонов: ровные участки – уклоны менее 1°; пологие склоны – 1-2°; покатые склоны – 3-4°; крутые склоны – 5-10° и более.

Заметный смыв почвы на пашнях наблюдается часто при крутизне склонов 2-3°, а территории с такими уклонами составляют около трети всех распашанных земель. Но особенно усиливается смыв почв, начиная с 3-4° крутизны. Распашка склонов в 8-10°, обычна уже не целесообразна из-за сильной смывистости

почв. При прочих равных условиях смыв почвы усиливается с увеличением длины склона.

14.4. Роль биологического фактора в процессе почвообразования

Живое вещество существенно изменило химический состав атмосферы, литосферы и гидросферы. Благодаря живому веществу сформировалась почва и главное ее свойство – плодородие.

В почвообразовании участвуют 3 группы организмов: зеленые растения; микроорганизмы; животные.

Воздействие биологического фактора как фактора почвообразователя происходит через биологический круговорот веществ. Он характеризуется следующими основными показателями:

1. *Величина биомассы (фитомассы)* – общее количество живого органического вещества в надземной и подземной сферах растительного сообщества (ц/га, т/га). Она может колебаться от 2-10 ц/га в пустынях и достигать 5000 ц/га в тропических и субтропических лесах, а в Амазонии до 15000-17000 ц/га. По подсчетам Ковды (1973г.) биомасса создаваемая всеми видами организмов на суше равна примерно $3 \cdot 10^{12} - 1 \cdot 10^{13}$ т., в том числе: леса – $n \cdot 10^{11} - n \cdot 10^{12}$; травы – $n \cdot 10^{10} - n \cdot 10^{11}$; животные – $n \cdot 10^9$; микроорганизмы – $n \cdot 10^8 - 10^9$.

2. *Мертвое органическое вещество* – количество органического вещества, заключенного в отмерших, но не упавших на почву растениях или их отдельных органах, а также накопившиеся в лесной подстилке, торфяной залежи, степном войлоке и др.(ц/га).

3. *Годичный прирост* – количество органического вещества, нарастающее за год в подземной и надземной сферах сообщества (ц/га).

4. *Опад* – количество ежегодно отмирающего органического вещества на единицу площади (ц/га).

5. *Интенсивность разложения органического вещества* – отношение подстилки к опадку зеленой части (минимальная величина отмечается для кустарничковой тундры – 0,2, максимальна – в тропических лесах – 0,1).

б. *Зольность* – содержание зольных элементов в растениях и их частях (%). 0,5-0,3 в хвойных лесах и до 20-50% в галофитных сообществах.

География растительных сообществ в значительной степени обуславливает географию почв.

Фитомасса, создаваемая высшими растениями сильно варьирует в зависимости от типа растительности и конкретных условий её формирования:

- Субтропические и тропические пустыни – менее 25 ц/га;
- Полярные пустыни, суббореальные пустыни, солончаки – 25-50 ц/га;
- Тундра – 125-250 ц/га;
- Лесотундра – до 500 ц/га;
- Тайга – до 3000-4000 ц/га;
- Влажные субтропические леса – до 4000-5000 ц/га;
- Влажные тропические леса – до 15000-17000 ц/га;
- Степи, горные луга, пампы, ксерофитные редколесья и саванны, а также мангры – от 125 до 1500 ц/га.

Совершенно иные закономерности были выявлены при анализе географического распределения годичной продукции (прироста) растительного покрова:

- Арктические пустыни, арктические тундры, субтропические и тропические пустыни – менее 10 ц/га;
- Тундра – 10-25 ц/га;
- Широколиственные леса – около 100 ц/га;
- Луговые степи – 100-150 ц/га;
- Умеренно-засушливые и засушливые степи 80-100 ц/га;
- Влажные субтропические леса, саванны – 150-300 ц/га
- Влажные тропические леса – 300-500 ц/га.

Таким образом, если наибольшее накопление фитомассы достигается в лесах, то высокая годичная продукция (прирост) характерна не только лесам, но и таким травянисто-древесным и травяным сообществам как саванны, пампы,

прерии, степи и, наконец, травяно-древесным зарослям пойменных ландшафтов.

Важно отметить, что в фитоценозах совершенно разных и далеко стоящих друг от друга типов создаются близкие по величине запасы фитобиомассы (например: тундры и степи; широколиственные леса и пампы; северо-таежные леса и сухие степи). Но химический состав органических веществ различных фитоценозов глубоко различен. Различна поэтому и биогеохимическая роль этой фитобиомассы (табл. 15).

Таблица 15

Показатели биологической продуктивности основных типов растительности (по Л.Е.Родину, Н.И.Базилевич, 1965)

Тип растительности	Биомасса		Прирост, ц/га	Опад, ц/га	Лесная подстилка (в степях степной войлок), ц/га	Отношение подстилки к опад у зеленой части
	Общее количество опада, ц/га	Корни, %				
Арктические тундры	50	70	10	10	35	14
Кустарничковые тундры	280	83	25	24	835	92
Ельники северной тайги	1000	22	45	35	300	17
Ельники средней тайги	2600	23	70	50	450	15
Ельники южной тайги	3300	22	85	55	350	10
Дубравы	4000	24	90	65	150	4
Степи луговые (остепненные луга)	250	68	137	137	120	1,5
Степи сухие	100	68	137	137	120	1,5
Пустыни полукустарничковые	43	87	12,2	12	-	-
Субтропические лиственные леса	4100	20	245	210	100	0,7
Саванны (Гана)	666	6	120	115	13	0,2
Влажные тропические леса	>5000	18	325	250	20	0,1

Однако прямой пропорциональности между биомассой и опадом не наблюдается. Так в луговых степях ежегодный опад в 2 с лишним раза выше опа-

да широколиственных лесов (137 и 65 ц/га), хотя биомасса первых в 16 раз меньше биомассы широколиственных лесов (250 и 4000 ц/га). Это несоответствие объясняется тем, что в травянистых сообществах в составе опада значительную роль играют корни.

Не всё ежегодно отмирающее органическое вещество подвергается преобразованию, часть накапливается в виде подстилки (в степях – степного войлока). В хвойных лесах бореального пояса лесная подстилка составляет 300 – 460 ц/га, во влажных тропических лесах – 20 ц/га, максимальна эта величина в кустарничковой тундре – 835 ц/га, что свидетельствует о низком уровне процессов разложения органического вещества, т.е. об ослабленном освобождении энергии. Таким образом, интенсивность разложения (Ин) органического вещества меняется в разных типах растительности. Минимальная, свойственна кустарничковым тундрам, максимальная – влажным тропическим лесам (отношение подстилки к опадку зеленой части 92 и 0,1 соответственно).

Роль древесной и травянистой, лесной и степной или луговой растительности в процессах почвообразования весьма различна. Под лесом опад, являясь главным источником гумуса, поступает преимущественно на поверхность почвы. Лесной опад вместе с грубым гумусом образует подстилки типа «мор». Разложение осуществляется преимущественно грибами, гумус имеет фульватный характер. Господствует подзолистый почвообразовательный процесс. В лиственных, широколиственных лесах опад более мягкий, содержит больше оснований и азота. Процесс минерализации ежегодного опада здесь, в основном, совершается в течение года. Большое участие в лесах подобного типа принимает и травянистая растительность. Синтезируется более насыщенный кальцием гумус гуматно-фульватного типа.

Иной характер поступления органических остатков и химических элементов в почву наблюдается под пологом травянистой степной или луговой растительности. Основной источник образования гумуса – масса отмирающих корневых систем и значительно меньше надземная масса. Опад характеризуется более тонкой структурой, меньшей механической прочностью, высокой зольно-

стью, богатством азотом и основаниями. Гидротермические условия степной зоны способствуют быстрому разложению органических остатков. Гумификация и гумусообразование протекает в более коротком цикле. Формируется «мягкий» насыщенный кальцием гумус типа «мюль» преимущественно гуматного состава. Почвообразовательный процесс, протекающий под влиянием травянистой растительности, носит название *дернового процесса*.

На европейской территории России отдельным растительным формациям соответствуют определенные почвенные типы и подтипы (таб. 16).

Нарушение человеком естественных фитоценозов приводит к образованию новых вторичных растительных ассоциаций. Однако полное соответствие между типом фитоценоза и почвенным типом наступает через довольно длительное время.

Таблица 16

Соответствие отдельных растительных формаций почвенным типам и подтипам

Растительные формации	Почвенные типы и подтипы
Арктические пустыни	Арктические почвы
Арктические тундры	Арктотундровые почвы
Тундры	Тундровые глеевые и тундровые иллювиально-гумусовые почвы
Северная редкостойная тайга	Глееподзолистые и подзолистые иллювиально-гумусовые почвы
Типичная темнохвойная тайга	Подзолистые почвы
Южная тайга (хвойно-широколиственные леса)	Дерново-подзолистые почвы
Широколиственные леса	Серые лесные почвы
Остепненные луга	Выщелоченные черноземы
Луговые степи	Типичные черноземы
Степи разнотравно-типчаково-ковыльные	Обыкновенные черноземы
Сухие степи типчаково-полынные	Каштановые почвы
Полупустыни и пустыни полынно-солянковые	Бурые полупустынные и серо-бурые пустынные почвы

Изменение характера растительного покрова происходит значительно быстрее, нежели изменение почвы.

Наряду с высшей растительностью большое влияние на процессы почвообразования оказывают многочисленные представители почвенной фауны – беспозвоночные и позвоночные, населяющие различные горизонты почвы и живущие на её поверхности.

По размерам особей представителей почвенной фауны можно разделить на 4 группы (G. Vacheler, 1963):

1. *Микрофауна* – организмы размером менее 0,2 мм (протозоа, нематоды, ризоподы, эхинококки, живущие во влажной почвенной среде);
2. *Мезофауна* – животные размером от 0,2 до 4 мм (микроартроподы, мельчайшие насекомые, некоторые мириаподы и специфические черви, приспособленные к жизни в почве, имеющей достаточно влажный воздух);
3. *Макрофауна* – животные размером от 4 до 80 мм (земляные черви, моллюски, насекомые: муравьи, термиты и др.);
4. *Мегафауна* – животные размером крупнее 80 мм (крупные насекомые, крабы, скорпионы, кроты, змеи, черепахи, мелкие и крупные грызуны, лисы, барсуки и др. животные, роющие в почвах ходы и норы).

Среди почвенных животных абсолютно преобладают беспозвоночные. Их суммарная масса в 1000 раз больше общей биомассы позвоночных.

Первая функция и тех и других очень важна: разрушение, измельчение, поедание органических остатков. Исключительно интенсивное воздействие на почву оказывают дождевые черви. На площади 1 га черви ежегодно пропускают через свой кишечник в разных почвенно-климатических зонах от 50 до 600 тонн мелкозема. Большая работа производится насекомыми и их личинками и др. животными.

Вторая функция – накопление в их телах элементов питания, которая проявляется главным образом в синтезе азотсодержащих соединений белкового характера. После жизненного цикла животного происходит распад тканей и возврат в почву накопленных в телах веществ и энергии.

Деятельность роющих животных оказывает большое влияние на перемещение масс грунта и почвы, на формирование своеобразного микро и нанорельефа. Причем этот процесс может идти настолько интенсивно, что в номенклатуру почв вводится специальное определение (карбонатный перерытый чернозем).

Если высшие растения являются главными продуцентами биологической массы, то микроорганизмам принадлежит основная роль в глубоком и полном разрушении органических веществ. При этом численность микроорганизмов и их видовой состав отражают важнейшие свойства почвы (запасы органического вещества, количество и качество гумуса, содержание питательных элементов, реакцию среды, влагообеспеченность, степень аэрированности, агрегатированность и т.д.).

Главная масса микроорганизмов сосредоточена в пределах верхней 20 см. толщи почвы, наиболее густо пронизанной корнями и заселенной мезофауной.

Биомасса грибов и бактерий в пахотном слое почвы составляет до 5 т/га, а численность бактерий достигает миллиардов клеток в 1 грамме почвы, а длина грибных гиф до 1000 м. В 1 га почвы (И.П. Бабьева, Г.М. Зенова, 1983 г.). Клубеньковые бактерии, образующие симбиотическое сообщество с бобовыми растениями накапливают от 60 до 300 кг азота на гектар в год. При этом 2/3 усвоенного азота берется из воздуха за счет фиксации его клубеньковыми бактериями.

14.5. Время, как фактор почвообразования

В числе других факторов почвообразования Докучаевым было названо *время или возраст страны*. Он определял почву как естественно-историческое тело, подчеркнув тем самым идею изменения почв во времени.

Под *развитием* понимают постепенное образование из почвообразующей породы полностью сформированной (зрелой) почвы, достигшей динамического равновесия с данным комплексом факторов почвообразования. Так подзолистая почва по наблюдениям О. Тамма на террасах Балтийского моря развивается

за 1000-1500 лет по данным В.А. Ковды в пойменно-дельтовых условиях для развития из свежего аллювия лугово-дерновых почв достаточно 100-150 лет.

Факторы почвообразования находятся в постоянном развитии, что находит свое отражение в эволюции почв во времени. Под *эволюцией* почв понимают изменение уже сформированных почв в новые типы или подтипы, связанное с эволюцией всей природной среды.

Близкие к понятиям развитие и эволюции почв являются понятия абсолютного и относительного возраста почв. *Абсолютный возраст* - время, прошедшее с начала формирования почвы до настоящего времени. *Относительный возраст* – характеризует скорость почвообразовательного процесса, быстроту смены одной стадии развития почвы другой. Он связан с влиянием состава и свойств пород, условий рельефа на скорость и направление почвообразовательного процесса.

Почва, проходя путь от начальной («молодой») фазы до зрелой почвы изменяются в своих свойствах и признаках в связи с изменением природных условий. В связи с этим в профиле почв могут сохраняться реликтовые признаки.

В эволюции почв можно различать несколько циклов:

1. *Биологический (биогеогенный)*, который является результатом борьбы двух противоположно направленных процессов: биологической аккумуляции веществ (биологического круговорота) и геологического выноса (геологического круговорота);
2. *Биогеоморфологический цикл*, в котором почва участвует вместе со всем ландшафтом в результате эволюции рельефа земной поверхности.
3. *Биоклиматический цикл*, связанный со сменой климата и природной обстановки в течение геологических эпох.

14.6. Роль хозяйственной деятельности человека в почвообразовании

Хозяйственная деятельность человека влияет на почвенный покров как непосредственно, так и косвенно (через другие факторы почвообразования).

Прямое воздействие – осуществляется в процессе земледельческого использования почв. Хозяйственная деятельность человека обычно включает та-

кие мероприятия, как обработка почв, внесение минеральных и органических удобрений, препаратов химической защиты растений, известкование, гипсование, их осушение и орошение, промывание засоленных почв, борьба с водной и ветровой эрозией, трансформация территорий (вырубка леса, превращение его в луг или выгон), пастьба скота и т.д.

Природные целинные почвы за время их использования в сельскохозяйственном производстве подверглись таким значительным преобразованиям, происходит изменение их внешнего морфологического облика, под влиянием окультуривания меняется их водный, воздушный, пищевой и другие режимы.

В настоящее время в зависимости от характера изменения почв выделяют несколько групп:

Освоенные – мало отличаются от целинных, либо недавно распаханых, либо почв, которые использовались при низкой агротехнике.

Окультуренные – являются переходным звеном между естественными или освоенными почвами и типом культурных почв. Освоенные и окультуренные почвы по классификации Почвенного института (1977) входят на уровне подтипов в тип подзолистых почв вместе с целинными почвами.

Культурные – формируются в условиях длительного и интенсивного окультуривания. При регулярном (ежегодном) внесении больших количеств навоза и систематическом известковании почвы, как правило, утрачивают морфологический облик естественного типа и характер внутренних свойств.

Преобразованные – возникают в результате коренных мелиораций (осушение, орошение, глубокого плантажирования), которые изменяют основные режимы почв, нарушают систему генетических горизонтов.

Антропогенные – почвы, весь профиль которых как бы заново создается человеком в результате коренных мелиораций или это культурно-поливные почвы староорошаемых оазисов, почвы рисовых полей.

Антропогенно-преобразованные почвы в новой классификации почв России рассматриваются как определенный этап естественно-антропогенной эволюции почв, сопровождающийся генетически обусловленным изменением ре-

жимов, процессов, строения и свойств на всех стадиях преобразований. Выделяется на уровне типа и опирается на те же принципы, что и выделение типов естественных почв.

14.7. Взаимосвязь и взаимозависимость факторов почвообразования

Из разбора роли отдельных факторов почвообразования видно, что различные факторы характеризуются как прямым (непосредственным) действием на почвы, на ход почвообразования, так и косвенным влиянием, т.е. не непосредственно, а путем влияния на другие факторы. Например: климат, прежде всего, определяет характер растительности, но и последние в свою очередь изменяют климатическую обстановку, что сказывается на микроклимате, а, следовательно, на гидротермический режим почв. Рельеф, перераспределяя элементы климата и растворенные в почвенно-грунтовых водах вещества, существенно влияет на распределение растительности, но и последняя в свою очередь также влияет на развитие форм рельефа (растительность и формирование рельефа песков, растительность и эрозионные формы рельефа). Таких примеров можно привести много. Все они подчеркивают, что при изучении факторов почвообразования необходимо помнить, что они взаимосвязаны и находятся в тесном взаимодействии друг с другом. Более того, взаимообусловленность существует не только между факторами почвообразования, но также между ними и почвой, т.е. почва, являясь следствием комплекса взаимодействия факторов, в свою очередь влияет на них. Состав и свойства почвы влияют на состав растительности, состав и передвижение почвенных грунтовых вод, на развитие рельефа (скорость смыва и размыва) и т.д. Поэтому важнейшей задачей является познание сложной и многосторонней взаимосвязи, которая существует между факторами, определяя их роль в почвообразовании, так и между факторами и самой почвой.

Факторы почвообразования оказывают специфическое воздействие на образование почвы не могут быть заменены друг другом. В этом смысле они *равнозначимы*. Однако, указывая на «равноправное» участие различных факторов в почвообразовании Докучаев неоднократно подчеркивал, что «равнопра-

вие» факторов совершенно не означает одинаковое влияние каждого фактора на процесс почвообразования при всяких условиях. Напротив, он всегда указывал, что при обязательном и постоянном действии всех факторов (их совокупности) характер изменения каждого из них или относительная роль отдельных факторов в почвообразовании может существенно изменяться.

15. Плодородие почвы

Под плодородием следует понимать способность почв удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла и благоприятней физико-химической средой для нормального роста и развития. Оно является главным функциональным свойством почвы, которое обуславливается составом, свойствами и режимами почв. Измеряется плодородие почв продуктивностью фитоценозов и урожайностью сельскохозяйственных культур. Однако, продуктивность и урожайность зависят не только от почвенного плодородия, но и от других факторов жизни растений, которые можно разделить на космические (свет и тепло), атмосферные (количество и режим атмосферных осадков, перераспределение тепла, влажность воздуха, состав почвенного воздуха), литосферные (рельеф, грунтовые воды, почвообразующие породы), биосферные (фитоценоз, взаимоотношения в биоценозах) и антропогенные. Все перечисленные факторы влияют на растение непосредственно (интенсивность фотосинтеза, участие в питании, обеспечении влагой и др.) и через свойства почв и их плодородие, которое формируется под воздействием этих факторов.

Различные растения (группы растений) предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям. Поэтому при оценке плодородия почвы по показателям ее свойств и режимов необходимо учитывать требования конкретных растений.

Продуктивность фитоценозов и урожайность культур могут быть низкими и высокими, соответственно и плодородие может быть низким и высоким, но прямой зависимости между ними нет в связи с действием других факторов на растение. Например, на очень плодородных почвах – черноземах – в засуш-

ливые годы может быть очень низкий урожай. В этом случае проявляется действие погодного фактора. При анализе урожайности и продуктивности необходим комплексный подход с учетом всех факторов жизни растения.

15.1. Виды плодородия

Различают следующие виды плодородия: естественное (природное), искусственное, потенциальное, эффективное или экономическое.

Естественное (природное) плодородие – это плодородие, которым обладает почва в естественном состоянии. Оно характеризуется продуктивностью естественных фитоценозов.

Искусственное плодородие – плодородие, которым обладает почва в результате хозяйственной деятельности человека. По многим показателям оно наследует естественное. В чистом виде – характерно для тепличных грунтов, парниках и т.д.

Потенциальное плодородие – способность почв (ландшафтов и агроландшафтов) обеспечивать определенный урожай или продуктивность естественных ценозов. Оно характеризуется общими запасами элементов питания растений, формами их соединений и сложным взаимодействием всех других свойств, определяющих способность почвы в благоприятных условиях обеспечения растений другими земными факторами (водой, воздухом, теплом). Высоким потенциальным плодородием обладают, например, черноземные почвы, низким - подзолистые.

Эффективное плодородие. При сельскохозяйственном использовании почв искусственное плодородие в совокупности с естественным проявляется как эффективное, или экономическое, плодородие. Оно реализуется в урожае сельскохозяйственных культур при определенных климатических (погодных) и агротехнологических условиях. Эффективное плодородие зависит как от свойств почв, так и от хозяйственной деятельности человека, вида и сорта выращиваемых культур.

15.2. Факторы, лимитирующие плодородие почв

К факторам, лимитирующим плодородие почв, относятся показатели состава, свойств и режимов почв, снижающие урожай культурных растений и биопродуктивность естественных фитоценозов. В первом приближении их можно обозначить как отклонения от оптимальных показателей (таб. 17).

Таблица 17

Оптимальные параметры состава, свойств и режимов почв (Ганжара, 2001)

Состав, свойства и режимы почв	Оптимальные параметры
Минералогический состав	Наличие полевых шпатов, роговых обманок, глинистых минералов с высокой ЕКО, кальцита
Гранулометрический состав	От супесчаных до глинистых в зависимости от условий увлажнения
Химический состав	Полиэлементный с отсутствием дефицита и избытка кальция и магния, загрязнения тяжелыми металлами, радионуклидами и другими токсикантами. Содержание гумуса, превышающее критическое на 1% и более. Содержание ЛОВ более 0,2-0,4%
Физико-химические свойства	ЕКО более 10 мг-экв для супесчаных и более 15 мг-экв для суглинистых. Преобладание в составе ППК кальция и магния. Степень насыщенности основаниями более 55-70%. Реакция среды – близкая к нейтральной
Агрохимические свойства	Оптимальное содержание элементов питания в соответствии с зональными группировками
Общие физические свойства	Общая порозность 55-65%, плотность 1,0-1,3 г/см ³
Структура	Содержание агрономически ценных водопрочных агрегатов (0,25-10 мм с порозностью более 45%) более 55% массы почвы
Водные свойства и запасы влаги	Запасы воды в диапазоне ВРК–НВ, 30-50 мм в пахотном слое, 100-200 – в метровом
Воздушные свойства и состав почвенного воздуха	Порозность аэрации более 20% объема почвы. Содержание СО ₂ 0,03-2(3)%; О ₂ – 19-20%
Окислительно-восстановительные условия	ОВП (Еh) 400-600 мВ

Различают общепланетарные лимитирующие факторы, характерные для почв всех природных зон, внутризональные (региональные), характерные для

определенных зон и регионов, и местные, характерные для небольших территорий.

К *общепланетарным* можно отнести: недостаточную обеспеченность элементами питания, повышенную плотность, неудовлетворительную структуру, пониженное содержание легкоразлагаемого органического вещества.

К *внутризональным* (региональным) – повышенную кислотность, повышенную щелочность, недостаток и избыток влаги, эродированность и дефлированность почв, каменистость, засоленность, солонцеватость и др.

К *местным* факторам, лимитирующим почвенное плодородие, можно отнести локальное загрязнение почв радионуклидами и тяжелыми металлами, нефтепродуктами, нарушение почвенного покрова горными выработками и др.

Библиографический список

1. Александрова Л.Н. Органическое вещество почв и процессы его трансформации. –Л.: Наука, 1980. –286 с.
2. Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. – МГУ. 1989.
3. Вильямс В.Р. Почвоведение. Земледелие с основами почвоведения. –М.: Сельхозгиз. 1947.
4. Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв. – М.: Высшая школа. 1974.
5. Ганжара Н.Ф., Борисов Б.А. Гумусообразование и агрономическая оценка органического вещества почв. –М.: Агроконсалт. 1997.
6. Ганжара Н.Ф. Почвоведение.- М.: Агроконсалт, 2001
7. Ганжара Н.Ф. Борисов Б.А, Байбеков Р.Ф. Практикум по почвоведению. М.: Агроконсалт, 2002
8. Гедройц К.К. Избранные сочинения, Т. I-III. –М.: Сельхозгиз. 1955.
9. Геология и ландшафтоведение / под ред. Ганжары Н.Ф.-М.: Т-во научн. изданий КМК. 2007
- 10.Генадиев А.Н. Почвы и время: модели развития. –М.: Изд-во МГУ. 1990.
- 11.Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. –М.: Высш.шк.. 1981.
- 12.Горбунов М.И. Минералогия и физическая химия. –М.: Наука. 1978.
- 13.Гришина Л.А. Гумусообразование и гумусовое состояние почв. –М.: МГУ. 1986.
- 14.Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах. –М.: Наука. 1990.
- 15.Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. –М.: Изд-во МГУ. 1984.
- 16.Дюшофур Ф. Основы почвоведения. –М.: Прогресс. 1970.
- 17.Звягинцев Д.С. Почва и микроорганизмы. –М.: Изд-во МГУ. 1987.
- 18.Зонн С.В. История почвоведения России в XX веке. Части I и II. –М.: Ин-т Географии РАН. 1999.
- 19.Кауричев И.С., Орлов Д.С. Окислительно-восстановительные процессы и их роль в генезисе и плодородии почв. –М.: Колос. 1982.
- 20.Ковда В.А. Основы учения о почве. Кн. I и II. –М.: Наука. 1981.
- 21.Ковриго В.П., Кауричев И.С., Бурлакова Л.М. Почвоведение с основами геологии. –М.: Колос. 2000.
- 22.Кирюшин В.И. Экологизация земледелия и технологическая политика. –М.: Изд-во МСХА. 2000.
- 23.Кирюшин В.И., Ганжара Н.Ф., Кауричев И.С., Орлов Д.С., Тилянова А.А., Фокин А.Д. Концепция оптимизации органического вещества в агроландшафтах. –М.: Изд-во МСХА. 1993.
24. Кирюшин В.И. Агрономическое почвоведение.-М.: КолосС, 2010

25. Кононова М.М. Органическое вещество, его природа, свойства и методы изучения. –М.: Изд-во АН СССР. 1963.
26. Ларешин В.Г., Ерошкина А.Н. Минералы, их диагностика и роль в почвообразовании. – М.: Изд-во РУДН. 2000.
27. Ларионов Г.Аю Эрозия и дефляция почв: основные закономерности и оценка.- М.: Изд-во МГУ. 1993
28. Муха В.Д., Карамышев Н.И., Кочетов И.С., Муха Д.В. Агрочвоведение. –М.: Колос. 2000.
29. Мамонтов В.Г., Панов Н.П., Кауричев И.С. Игнатъев Н.Н. Общее почвоведение.- М.: Колос, 2006
30. Наумов В.Д. География почв .М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. 2010
31. Орлов Д.С. Химия почв. –М.: Изд-во МГУ. 1985.
32. Почвоведение / Под ред. А.С.Фатьянова и С.Н. Тайчинова. –М.: Колос. 1972.
33. Почвоведение / Под ред. И.С.Кауричева. –М.: Агропромиздат. 1989.
34. Почвоведение / Под ред. В.А.Ковды и Б.Г.Розанова. Ч I и II. –М.: Высш.шк. 1988.
35. Роде А.А., Смирнов В.Н. Почвоведение. –М.: Высш.шк. 1972.
36. Родин Л.Е., Базилевич Н.И. Динамика органического вещества и биологический круговорот веществ в основных типах растительности. –М.; Л.: Наука. 1965.
37. Соколова Т.А. Глинистые минералы в почвах гумидных областей
38. Соколова Т.А. Глинистые минералы в почвах гумидных областей СССР. –Новосибирск: Наука. 1985.
39. Тюрин И.В. Органическое вещество почвы и его роль в плодородии. – М.: Наука. 1965.

Учебное издание

**Наумов Владимир Дмитриевич
Каменных Наталья Львовна**

**ПОЧВОВЕДЕНИЕ И ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ.
ЧАСТЬ 1. ПОЧВОВЕДЕНИЕ**

Учебное пособие

Ответственный редактор Е.Е. Рытова

Подписано для размещения в Электронно-библиотечной системе
РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева 8.04.2022 г.

Оригинал-макет подготовлен Издательством РГАУ-МСХА
127550, Москва, Тимирязевская ул., 44
Тел. 8 (499) 977-40-64