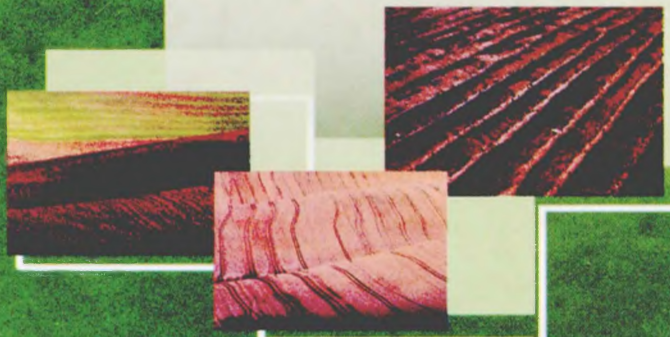
УЧЕБНЫЙ КУРС

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников



«Учебный курс»

В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев,
С.И. Колесников

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Учебник для вузов

Рекомендовано Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов высших учебных заведений





Издательский центр «МарТ»
Москва – Ростов-на-Дону

2004

40 3я73

ББК 26
В 16

Отв. редактор:
доктор биологических наук, профессор *В.Ф. Вальков*

Рецензенты:
доктор биологических наук, профессор *О.С. Безуглова*,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор *Е.В. Полуэктов*

Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И.

В 16 Почвоведение: Учебник для вузов. — Москва: ИКЦ «МарТ», Ростов н/Д: Издательский центр «МарТ», 2004. — 496 с. (Серия «Учебный курс»).

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений биологического, географического, педагогического и сельскохозяйственного профиля. Он соответствует государственному образовательному стандарту по почвоведению и состоит из четырех частей: «Состав и свойства почв», «Образование почв», «Классификация и география почв», «Охрана и рациональное использование почв».

Издание адресовано студентам, аспирантам и специалистам в области сельского хозяйства, биологии, землеустройства, агроэкологии и т. д.

ISBN 5-241-00405-X **ББК 26**

© Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И., 2004
© Оформление: Издательский центр «МарТ», 2004
© Оформление: ИКЦ «МарТ», 2004

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 8
Введение 9
Понятие о почве 9
Роль почвы в природе и обществе 10
Почвоведение в системе наук 15

Часть I
СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ

1.1. Морфология и структура почв 21
1.1.1. Морфология почв 21
1.1.2. Полевое исследование почв 36
1.2. Гранулометрический и скелетный состав почв 40
1.2.1. Понятия и классификации 40
1.2.2. Генетическое и экологическое значение гранулометрического состава 42
1.2.3. Генетическое и экологическое значение скелетности почв 48
1.3. Происхождение и состав минеральной части почв 51
1.3.1. Первичные минералы почв 51
1.3.2. Вторичные минералы почв 53
1.4. Химический состав почв 58
1.4.1. Содержание химических элементов в почвах 58
1.4.2. Формы химических элементов в почвах 59
1.4.3. Изменения химического состава почв в процессах генезиса 62
1.5. Органическое вещество почв 64
1.5.1. Неспецифические органические соединения почв 64
1.5.2. Гумус почв как комплекс специфических органических веществ 68
1.5.3. Экологическое значение органических веществ почвы 75
1.6. Вода в почве 82
1.6.1. Формы состояния почвенной влаги 83
1.6.2. Почвенно-гидрологические константы 85
1.6.3. Экологическое значение почвенной воды 88

1.7. Газовая фаза почв 94
1.7.1. Формы почвенного воздуха 94
1.7.2. Состав почвенного воздуха 96
1.7.3. Свойства воздушной фазы 97
1.7.4. Экологическая значимость почвенного воздуха 99
1.8. Биологическая фаза почв 102
1.8.1. Фауна почв 102
1.8.2. Микрофлора 108
1.8.3. Ферменты в почвах 114
1.8.4. Биологическая активность почвы 117
1.9. Поглотительная способность почв 120
1.9.1. Виды поглотительной способности 121
1.9.2. Почвенные коллоиды и физико-химическая поглотительная способность 123
1.9.3. Физическое состояние почвенных коллоидов 128
1.9.4. Экологическое значение поглотительной способности почв 130
1.10. Кислотность и щелочность почв 135
1.10.1. Природа почвенной кислотности и щелочности 135
1.10.2. Экологическое значение кислотности и щелочности почв 139
1.11. Общие физические и физико-механические свойства почв 146
1.11.1. Общие физические свойства почв 146
1.11.2. Экологическое значение плотности почв 150
1.11.3. Физико-механические свойства почв 152
1.12. Почвенный раствор 156
1.12.1. Методы выделения почвенного раствора 156
1.12.2. Состав, свойства и экологическая значимость почвенных растворов 158
1.13. Экологические функции почв 161
1.13.1. Экосистемные (биогеоценотические) функции почвы 161
1.13.2. Глобальные (биосферные) функции почвенного покрова 165
1.13.3. Сельскохозяйственные функции почв 167

Часть II
ОБРАЗОВАНИЕ ПОЧВ

2.1. Факторы почвообразования ... 171
2.1.1. Методология системного подхода к изучению почв ... 171
2.1.2. Атмосфера и климатические условия как фактор почвообразования ... 175
2.1.3. Организмы как фактор почвообразования ... 180
2.1.4. Почвообразующие породы как фактор почвообразования ... 186
2.1.5. Рельеф как фактор почвообразования ... 190
2.1.6. Грунтовые и поверхностные воды как фактор почвообразования ... 192
2.1.7. Время почвообразования и возраст почв ... 195
2.2. Процессы почвообразования ... 204
2.2.1. Концепция процессов почвообразования в общей теории генезиса почв ... 204
2.2.2. Преобразование и накопление органических веществ в почвах ... 207
2.2.3. Преобразование почвенной массы ... 208
2.2.4. Преобразование и миграция почвенной массы ... 218

Часть III
КЛАССИФИКАЦИЯ, ГЕОГРАФИЯ, СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВ

3.1. Классификация, таксономия и номенклатура почв ... 225
3.2. Закономерности географического распространения почв ... 234
3.3. Почвы полярного пояса ... 241
3.3.1. Почвы полярных пустынь ... 241
3.3.2. Почвы тундровой зоны ... 243
3.4. Почвы бореального пояса ... 252
3.4.1. Подзолистые почвы ... 255
3.4.2. Дерновые почвы ... 261
3.4.3. Дерново-подзолистые почвы ... 263
3.4.4. Мерзлотно-таежные почвы, подбуры и иллювиально-гумусовые железистые подзолы ... 266
3.4.5. Болотно-подзолистые почвы ... 269

3.4.6. Болотные почвы 269
3.4.7. Использование земельного фонда таежно-лесной зоны 273
3.5. Почвы суббореального пояса 279
3.5.1. Серые лесные почвы 279
3.5.2. Бурые лесные почвы 286
3.5.3. Черноземы 293
3.5.4. Бруниземы 317
3.5.5. Каштановые почвы 320
3.5.6. Бурые полупустынные почвы 330
3.6. Почвы субтропического пояса 335
3.6.1. Красноземы и желтоземы 335
3.6.2. Коричневые почвы 340
3.6.3. Красновато-черные почвы 345
3.6.4. Серо-коричневые почвы 347
3.7. Почвы тропического пояса 349
3.7.1. Почвы тропических лесов 350
3.7.2. Почвы саванн 354
3.7.3. Черные слитые почвы 357
3.7.4. Особенности растениеводства в тропиках 362
3.8. Засоленные почвы и солоди 364
3.8.1. Солончаки 364
3.8.2. Солонцы 373
3.8.3. Солоди 384
3.9. Гидроморфные почвы 389
3.9.1. Почвы надпойменных террас и степных западин 389
3.9.2. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт 393
3.9.3. Рисовые почвы 398
3.9.4. Мочары 400
3.9.5. Марши и польдеры 403
3.9.6. Мангры 404
3.9.7. Использование земельного фонда гидроморфных почв 406
3.10. Почвы пустынь 409
3.11. Высокогорные почвы 417
3.12. Пески и песчаные почвы 424

3.13. Почвы урболандшафтов и техноземы 426
3.13.1. Почвы урболандшафтов 426
3.13.2. Техноземы 429

Часть IV
ПЛОДОРОДИЕ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

4.1. Плодородие почв 435
4.1.1. Понятие о плодородии почв 435
4.1.2. Виды и формы плодородия почв 437
4.1.3. Экологическая конкретность плодородия почв ... 438
4.1.4. Плодородие почв и продуктивность биогеоценозов 444
4.1.5. Плодородие почв и продуктивность агроценозов 447
4.2. Оценка плодородия почв 452
4.2.1. Земельный кадастр и земельный фонд Российской Федерации 452
4.2.2. Агропроизводственные группировки почв 454
4.2.3. Бонитировка и таксономическая оценка земли ... 456
4.3. Деградация почв 462
4.3.1. Классификация деградационных процессов 462
4.3.2. Водная и ветровая эрозия почв 464
4.3.3. Промышленная эрозия почв и рекультивация 470
4.3.4. Дегумификация почв 471
4.3.5. Вторичное засоление, осолонцевание и слитизация почв 472
4.3.6. Загрязнение почв при неправильном использовании удобрений 475
4.3.7. Загрязнение почв тяжелыми металлами и другими продуктами техногенеза 476
4.3.8. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами ... 479
4.3.9. Загрязнение почв пестицидами 481
4.3.10. Радиоактивное загрязнение почв 484
4.3.11. Биологическое загрязнение почв 487
Литература 491

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник предназначен для студентов высших учебных заведений биологического, географического, педагогического и сельскохозяйственного профиля. Учебник соответствует государственному образовательному стандарту по почвоведению и состоит из четырех частей: «Состав и свойства почв», «Образование почв», «Классификация и география почв», «Охрана и рациональное использование почв».

Особое внимание в издании уделено экологическим и биологическим свойствам, плодородию, охране и рациональному использованию почв, поскольку эти аспекты природопользования приобретают в настоящее время особую актуальность, чему было уделено много внимания на последнем Всероссийском съезде (Суздаль, 2000) и Международном конгрессе почвоведов (Бангкок, 2002).

В создании книги принимали участие: С.А. Тищенко (подраздел 3.9.4), С.Н. Горбов и С.А. Тищенко (3.13), Т.В. Денисова (4.3.10), С.С. Тащиев (4.3.11).

Авторы выражают глубокую признательность рецензентам: д.б.н., профессору О.С. Безугловой и д.с.-х.н., профессору Е.В. Полуэктову, а также с благодарностью примут и учтут все замечания и пожелания по форме и содержанию учебника.

Прежде всего про четыре
узнай мирозданья начала:
воздух, огонь,
жизнетворную почву и влагу.

Эмпедокл, греческий философ

ВВЕДЕНИЕ

Понятие о почве

Почвоведение *— наука о почве, ее строении, составе, свойствах и географическом распространении, закономерностях ее происхождения, развития, функционирования и роли в природе и обществе, путях и методах ее мелиорации, охраны и рационального использования в хозяйственной деятельности человека.*

Наука о почве — почвоведение — возникла в нашей стране. Основоположник этой науки — великий русский ученый Василий Васильевич Докучаев. В 1883 г. увидела свет его книга «Русский чернозем». В ней было открыто особое царство природы — почвы. До Докучаева знали о растительном и животном мире, царстве минералов. Талантливый исследователь впервые показал новый мир — мир почв, который вбирает в себя и мертвые минералы, и живые организмы, и продукты их жизнедеятельности.

Почвы представляют собой самостоятельную, сложную, особую биокосную оболочку земного шара, покрывающую сушу материков. Поверхностные горизонты горных пород, подвергаясь воздействию многих поколений живых организмов, испытывая длительное влияние атмосферы и гидросферы, преображаются в почвенный покров. Почвенный покров — ***педосфера*** — является продуктом взаимодействия литосферы, атмосферы, гидросферы и биосферы.

Основатель почвоведения В.В. Докучаев дал первое научное обоснование почвы. Он определил, что почва есть результат совокупной деятельности и влияния ряда факторов: а) материнской породы, б) растительных и животных организмов, в) климата, г) рельефа местности и д) возраста страны.

Профессор Павел Андреевич Костычев и академик Василий Робертович Вильямс, уточняя определение почвы, указывали на одно

из важнейших ее свойств — способность почвы активно взаимодействовать с корневыми системами и обеспечивать их урожай, т. е. обладать плодородием.

На основе идей В.В. Докучаева, П.А. Костычева, В.Р. Вильямса и др. ученых в современном почвоведении принято следующее определение понятия почвы. ***Почва** — это обладающая плодородием сложная полифункциональная и поликомпонентная открытая многофазная система в поверхностном слое коры выветривания горных пород, являющаяся комплексной функцией горной породы, организмов, климата, рельефа и времени.* Полифункциональность почвы заключается в том, что она является одновременно природным телом, средой обитания многих живых организмов, средством сельскохозяйственного производства и т. д. Поликомпонентность почвы определяется огромным разнообразием входящих в ее состав органических и неорганических веществ. Эти вещества представлены различными физическими фазами (многофазность): твердой (минеральные и органические частицы), жидкой (почвенный раствор), газообразной (почвенный воздух) и особо выделяемой живой фазой (организмы). Почва является открытой системой, поскольку постоянно обменивается веществом и энергией с окружающей ее средой.

Роль почвы в природе и обществе

Почвы имеют особый органо-минеральный состав. В процессе почвообразования происходит накопление гумуса и других сложных органических соединений. Почвы обогащаются также биогенными вторичными алюмосиликатными минералами, биофильными элементами и, таким образом, приобретают особое свойство — плодородие. Как следствие плодородия почвенный покров обладает способностью обеспечивать рост и продуктивность растений, т. е. производить урожай. Это свойство почвы является одним из условий существования человека и возникновения сельского хозяйства со всеми его отраслями.

Каждая почва отличается особым строением. В связи с тем, что почва возникла и развивается в результате совместного воздействия на горные породы воды, воздуха, солнечной энергии, живых организмов, строение почвы отражает местные особенности природных условий.

Почвенный покров и растительность представляют собой неразделимое единство — мировую почвенно-экологическую систему, в которой растения и почвы живут совместно. Растительность на суше появилась около полумиллиарда лет назад. Тогда же возник почвообразовательный процесс, который прошел очень сложную историю, тесно связанную с историей всего живого на нашей планете.

Почвенный покров суши в настоящее время насчитывает около двухсот типов почвообразования. Наблюдаемые современные подзолы, серые и бурые лесные почвы, черноземы, красноземы и другие почвы имеют различный возраст и возникли вместе с развитием живой природы в разные геологические эпохи. Они появлялись и исчезали на Земле, суша сменялась морем, морское дно становилось сушей, пустыни замещались лесами, ледники выпахивали громадные площади. Однако почвообразовательные процессы следовали за растительными сообществами, исчезая и возникая вновь, сменяя друг друга вместе с изменением всей географической среды.

Солнце — главнейший источник энергии в биосфере. Нормальное функционирование биосферы зависит от поступления солнечной энергии и фотосинтеза растений. Этот важнейший процесс, связывающий солнечную энергию в растительном органическом веществе, немыслим без огромной роли почвенного покрова и его плодородия.

Запасы фитомассы на нашей планете громадны. Они составляют 99% от всего живого вещества Земли. Большая часть этого вещества сосредоточена в почвенных горизонтах. Например, травы на 60–80% состоят из корней. Как подземная часть растений, так и надземная масса служат источником питания растительноядных животных, а те, в свою очередь, становятся добычей хищников или после отмирания поедаются другими животными и дальше — микроорганизмами.

В конечном итоге все органическое вещество так или иначе попадает в почву. Именно здесь наблюдается наибольшая концентрация организмов. Почва — незаменимый аккумулятор биологической энергии в биосфере. Преобладающая масса живого вещества суши и потенциальной биологической энергии сосредоточена в почвенном покрове Земли.

В итоге биологического преобразования растительных и животных остатков в почвах происходит накопление особых органических веществ — почвенного гумуса. В нем консервируются многие жизненно

необходимые элементы, закрепляется энергия солнца, которая когда-то вначале была накоплена зелеными растениями.

Однако гумус не вечен. Он медленно и постепенно разлагается микроорганизмами, освобождая закрепленные элементы, необходимые растениям, тем самым обеспечивая их питание. Также постепенно высвобождается закрепленная в нем энергия. В.А. Ковда назвал гумусовые горизонты почв гумосферой, непрерывной оболочкой суши. Это важнейший общепланетарный результат почвенного биогенного превращения горных пород.

В почвах происходят различные явления интенсивного разрушения химических соединений как органической, так и минеральной природы. Результатом всех биологических превращений органических веществ растительных, животных остатков и почвенного гумуса является их минерализация, т. е. переход в почвенные растворы неорганических соединений — солей, кислот, углекислого газа и т. д. Разрушаются также силикатные и алюмосиликатные минералы почвы, которые достались ей в наследство от материнской породы. Много процессов участвует в этом разрушении. Почвоведение дает им сложную классификацию. Но главнейший результат всех этих явлений — появление простых химических соединений, переход в почвенные растворы химических элементов, которые входили в состав минералов почвы.

В биосфере вряд ли можно найти место, где биогеохимические процессы разрушения веществ разной природы происходят столь интенсивно. Это обусловлено тем, что в почве происходит сложный контакт и взаимодействие всех природных сил: живое вещество, вода, воздух, температура, взаимодействие различных химических соединений и т. д. Но главное — всепобеждающее действие живых организмов и продуктов их жизнедеятельности во всех явлениях. И в итоге всех этих процессов в подвижное (миграционное) состояние переходят практически все химические элементы, а в почве присутствуют практически все элементы периодической системы Менделеева. Почва — единство противоречий. Ее функционирование определяется как обязательным закреплением и аккумуляцией сложных химических веществ разной природы, так и обязательным переходом в растворимое подвижное состояние очень многих химических элементов.

Сложна и многообразна судьба в почве различных химических элементов и их соединений. Одни из них, которые необходимы для

жизни, сразу же перехватываются и усваиваются растениями. Они требуются в различных количествах. Много нужно для живых организмов кислорода, азота, фосфора, калия, кальция, кремния, магния и т. д. Это макроэлементы. Но обязательно важно присутствие в небольших количествах и многих других элементов — микроэлементов: йод, молибден, кобальт, бор, цинк, медь, фтор и т. д.

Соотношение химических элементов в живом веществе и в горных породах различно. В почвах постоянно аккумулируются, закрепляются и переходят в подвижное состояние те химические элементы, которые обеспечивают жизнь. Избирательное накопление элементов в почвах возможно только при участии растений. Их корни ищут эти элементы глубоко в породах, перехватывают каждую частицу вещества, необходимого для жизни. В этом заключается процесс биологической аккумуляции химических элементов жизни.

Растения, накапливая в своем веществе элементы-биофилы, затем передают их почвенному гумусу и другим соединениям, тем самым постоянно улучшая среду обитания. Почвы закрепляют нужные для жизни химические элементы и становятся начальным звеном последующего усвоения и миграции этих элементов по цепям питания многих групп организмов. Но в конце концов они снова приходят к почве.

Не все химические элементы почвенных растворов усваиваются растениями. Они часто находятся в избыточных количествах и под влиянием нисходящих потоков воды, промывающих почвы ежедневно, вовлекаются в миграционные потоки. То есть почвенный покров — начальное звено миграции многих химических элементов. С почвенными растворами они появляются в родниках. Химический состав воды наших рек в конечном итоге зависит от химического состава почвенных растворов тех территорий, откуда текут реки.

Речные артерии — наиболее распространенные пути миграции химических веществ, покинувших почвенный профиль. Они могут заканчиваться или во внутренних замкнутых обширных озерах континентов, таких как Аральское, Каспийское, некоторые озера в Африке, или же, большей частью, в морях и океанах. Соленая вода морей и океанов нашей планеты во многом обязана многомиллионолетнему стоку вод, прошедших через почвенные горизонты.

Почвенный покров выполняет в биосфере еще одну важнейшую роль. Он, как и Мировой океан, — очиститель (пурификатор) планеты. В почве завершается разрушение многих органических и органо-

минеральных соединений. Почва — приемник разнообразных отходов хозяйства и жизнедеятельности. Благодаря высокой концентрации жизни в почвах и проявляется это свойство утилизировать, разлагать то, что оставляют после себя живые организмы. Способность почвы как пурификатора используется в некоторых городах для очистки канализационных и промышленных вод. Создаются специальные поля орошения, на которые поступают сточные воды и эффективно в почвенной среде проходят биологическую очистку.

Почва по отношению к человеческому обществу имеет двойственную природу. Во-первых, это базис, физическая среда, жизненное пространство для сооружения, размещения жилищ, населенных пунктов, промышленных предприятий, дорог, мест отдыха и т. д. Во-вторых — экономическая основа существования людей, основное средство производства в сельском хозяйстве, выступающее как предмет и орудие труда одновременно.

В заключение отметим, что необходимо различать понятия «почва» и «земля», как это характерно для других языков (лат. solum-terra, англ. soil-land и т. д.). Земля — понятие более сложное, включающее в себя не только почву, но и определенную часть земной поверхности в определенном географическом пространстве. Это окружающая нас географическая обстановка: ландшафты, поселки, города, леса, луга, сады, пашни, водные пространства и т. д. И, конечно, Земля — название одной из планет Солнечной системы, на которой мы живем.

Исходя из вышеизложенного можно определить особенности почвы как природного тела, ее биосферные функции и сельскохозяйственное значение.

Особенности почвы как природного тела:

1. Почва занимает определенное место на нашей планете — это поверхностный горизонт земной коры, образующий небольшой по мощности слой. Почвенный покров Земли образует педосферу. Верхняя граница почвы — поверхность раздела между почвой и атмосферой; нижняя граница — глубина проникновения почвообразовательных процессов (определение нижней границы почвы достаточно условно). Почва — неотъемлемая часть наземных биогеоценозов.
2. Почва — глобальный результат возникновения и эволюции жизни на Земле, взаимодействия биоты с горными породами, выходящими на поверхность суши.

3. Процессы в почве включены в сложные круговороты вещества и энергии на Земле (геологический и биологический).
4. Почва — природное образование, уникальное по сложности вещественного состава.
5. Для почв характерна сложная пространственная организация и дифференциация признаков, свойств и процессов.
6. Общее и важнейшее качество почв — плодородие.

Биосферные функции почвы:

1. Обеспечение существования жизни на Земле (почва — следствие жизни и одновременно условие ее существования).
2. Обеспечение постоянного взаимодействия большого геологического и малого биологического круговоротов (циклов) веществ на земной поверхности.
3. Регулирование химического состава атмосферы и гидросферы.
4. Регулирование биосферных процессов, в частности плотности жизни на Земле.
5. Аккумуляция органического вещества и связанной с ним химической энергии.

Сельскохозяйственное значение почвы состоит в том, что она является основным средством сельскохозяйственного производства, предметом труда и в известной степени продуктом этого труда. В настоящее время благодаря почвенному плодородию человечество получает 98% продуктов питания, а также древесину, несинтетические продукты для разнообразных производств и многое другое.

Почвоведение в системе наук

Почвоведение принадлежит к наукам о природе, т. е. является естественнонаучной дисциплиной. Оно тесно соприкасается с фундаментальными науками (математика, физика, химия), естественно-историческими (биологией, геологией, географией), разного рода прикладными науками (земледелие, растениеводство, агрохимия, лесоводство, мелиорация, землеустройство, инженерное строительство, экономика сельского хозяйства, здравоохранение, охрана окружающей среды и др.).

В то же время само почвоведение является целым комплексом наук и включает в себя следующие разделы: *морфология почв*

(изучает внешнее строение почвы), *физика почв* (изучает физические свойства почв), *энергетика почв* (изучает энергетические процессы в почве), *химия почв* (изучает химический состав и химические свойства почв), *минералогия почв* (изучает минералогический состав почв), *биология почв* (изучает живые организмы и биологические свойства почв), *систематика почв* (разрабатывает систему названий (номенклатуру) и классификацию почв), *география почв* (изучает закономерности географического распространения почв), *экология почв* (изучает почву как среду обитания живых организмов), *бонитировка почв* (оценивает качество почвы по уровню плодородия), *мелиорация почв* (разрабатывает мероприятия по улучшению агрономических и других свойств почв), *охрана почв* (разрабатывает мероприятия по рациональному использованию почв) и др.

Как любая другая наука, почвоведение имеет свои методы исследований, адекватные предмету исследований.

Прежде всего следует выделить *системный (комплексный) подход* к изучению почвы, который подразумевает ее исследование в неразрывной взаимосвязи и взаимообусловленности с окружающими ее объектами и явлениями, т. е. исследование почвы как составной части (подсистемы) большей системы (биогеоценоза, биосферы). В то же время почва сама образована меньшими подсистемами.

Профильно-генетический метод требует обязательного изучения почвы с поверхности на всю ее глубину последовательно по генетическим горизонтам с последующим сопоставлением их свойств или параметров.

Морфологический метод позволяет изучать почвы и различать их по внешним (морфологическим) признакам: строению почвенного профиля, мощности почвы и ее отдельных горизонтов, окраске, гранулометрическому составу, структуре, сложению, новообразованиям, включениям и т. д. Различают три вида морфологического анализа: макроморфологический — изучение почвы невооруженным глазом, мезоморфологический — с помощью лупы и бинокуляра, и микроморфологический — с использованием микроскопов. Морфологический анализ почвы является обязательным начальным этапом всех почвенных исследований.

Сравнительно-географический метод основан на изучении связей между пространственным изменением свойств и состава почв с

географией факторов почвообразования. Использование этого метода позволяет делать обоснованные заключения о генезисе (происхождении) почв и закономерностях их географии.

Сравнительно-исторический метод базируется на принципе актуализма, что дает возможность исследовать прошлое почв на основании изучения их современного состояния. На основе изучения погребенных почв и почвенных горизонтов, реликтовых признаков почв и их сопоставления с современными процессами можно судить о прошлом почв.

Биогеоценотический (экологический) метод подразумевает одновременное сопряженное изучение всех компонентов биогеоценоза: почвы, растений, животных, микроорганизмов, атмосферы, природных вод, горных пород с учетом конкретных условий географической среды.

Метод моделирования заключается в исследовании сложных объектов, явлений и процессов путем их упрощенного имитирования (натурного, математического, логического). В почвоведении широко используется постановка модельных экспериментов в лабораторных условиях или создание математических моделей тех или иных почвенных процессов.

Метод почвенных ключей основан на детальном исследовании небольших репрезентативных участков-ключей и интерполяции полученных результатов на крупные территории с однотипной структурой почвенного покрова, что позволяет изучать большие территориальные единицы с экономией средств и ресурсов.

Аэрокосмические методы включают инструментальное или визуальное изучение фотографий земной поверхности или ее прямое исследование с самолетов и космических аппаратов.

Физические, физико-химические, химические и биологические аналитические методы используются для изучения состава и свойств почв.

В зависимости от места проведения почвенные исследования бывают *полевые* и *лабораторные*. Полевые почвенные исследования включают *экспедиционные* и *стационарные* методы изучения почв.

Метод почвенных монолитов базируется на принципе физического моделирования почвенных процессов (передвижения влаги, солей и т. д.) на почвенных колонках (монолитах) ненарушенного строения, взятых особым образом из почвенного разреза.

Метод вегетационных сосудов широко используется для исследования взаимосвязей в системе почва-растение.

Метод почвенных вытяжек основан на гипотезе о том, что каждый растворитель (вода, растворы разных кислот, щелочей или солей разной концентрации, органические растворители — спирт, ацетон, бензол и т. п.) экстрагирует из почвы при контролируемых условиях взаимодействия какую-то определенную группу соединений интересующего исследователя элемента.

Радиоизотопные методы применяются для изучения процессов миграции тех или иных элементов и их соединений в почвах и в экосистемах на основе меченых атомов (радиоактивных изотопов).

Часть I

СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВ

1.1. МОРФОЛОГИЯ И СТРУКТУРА ПОЧВ

1.1.1. Морфология 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 степени выраженности почвообразовательного процесса. Главные морфологические признаки почвы: строение почвенного профиля, мощность почвы и ее отдельных горизонтов, окраска, структура, гранулометрический состав, сложение, новообразования и включения.

Строение почвенного профиля

Общий вид почвы со всеми почвенными горизонтами называется строением почвы. Это результат генезиса почвы, постепенного развития ее из материнской породы, которая дифференцируется на горизонты в процессе почвообразования. Совокупность генетических горизонтов образует генетический профиль почвы.

Почвенный профиль — определенная вертикальная последовательность генетических горизонтов почвы. Почвенный профиль специфичен для каждого типа почвообразования.

Генетические почвенные горизонты — это однородные, обычно параллельные поверхности слои почвы, составляющие почвенный профиль и различающиеся между собой по морфологическим признакам.

Наиболее распространенным в нашей стране является использование следующих символов генетических горизонтов почв:

Горизонт A_0 — лесная подстилка или степной войлок. Представляет собой опад растений на различных стадиях разложения — от свежего до полностью разложившегося. Это самая верхняя часть почвенного профиля. Встречается только в естественных почвах.

Горизонт А — гумусовый горизонт. Чаще всего наиболее темноокрашенный горизонт в верхней части почвенного профиля, в котором происходит накопление органического вещества в форме гумуса, тесно связанного с минеральной частью почвы. Цвет этого горизонта варьируется от черного, бурого, коричневого до светло-серого, что зависит от состава и количества гумуса. Мощность гумусового горизонта колеблется от нескольких сантиметров до 1,5 м и более.

Горизонт Т — торфяный горизонт. Содержание органического вещества — более 70% со степенью разложенности менее 50%. Поверхностный органогенный горизонт с содержанием органического вещества от 30 до 70%, состоящий из разложенных органических остатков (степень разложения — больше 50%) и гумуса с примесью минеральных компонентов, называют перегнойным горизонтом.

Горизонт $А_д$ — дерновый. Горизонт, в котором живых корней растений более 50%.

Горизонт $А_п$ или $А_{пах}$ — пахотный. Горизонт, измененный продолжительной сельскохозяйственной обработкой, сформированный из различных почвенных горизонтов на глубину вспашки — обычно 25–30 см. Встречается только в пахотных почвах.

Горизонт $А_1$ — минеральный гумусово-аккумулятивный. Встречается в почвах, где происходит разрушение алюмосиликатов и образование подвижных органо-минеральных веществ. Верхний темноокрашенный горизонт, содержащий наибольшее количество органического вещества.

Горизонт $А_2$ — элювиальный (подзолистый или осолоделый). Формируется под влиянием кислотного или щелочного разрушения минеральной части. Это сильно осветленный, бесструктурный или слоеватый рыхлый горизонт, обедненный гумусом и другими соединениями, а также илистыми частицами за счет вымывания их в нижележащие слои и относительно обогащенный остаточным кремнеземом.

Горизонт В — переходный или иллювиальный. В первом случае (черноземный тип почвообразования) в этом горизонте не наблюдается существенных перемещений веществ в почвенной толще, горизонт В является переходным слоем к почвообразующей породе, характеризуется постепенным ослаблением процессов аккумуляции гумуса, разложения первичных минералов. Во втором случае (подзолистый тип почвообразования) горизонт В располагается под элювиальным горизонтом и представляет собой бурый, охристо-бурый, красновато

бурый, уплотненный и утяжеленный, хорошо оструктуренный горизонт, характеризующийся накоплением глины, окислов железа, алюминия и других коллоидных веществ за счет вмывания их из вышележащих горизонтов.

Горизонт G — глеевый. Характерен для почв с постоянно избыточным увлажнением (болотных, тундровых, аллювиальных и др.), которое вызывает восстановительные процессы в почве и придает горизонту характерные черты — сизую, серовато-голубую или грязно-зеленую окраску, наличие ржавых и охристых пятен, слитость, вязкость и т. д.

Горизонт С — материнская (почвообразующая) горная порода. Из этой породы сформировалась данная почва. На этой глубине порода уже не затронута специфическими процессами почвообразования (аккумуляцией гумуса, элювиированием и т. д.).

Горизонт Д — подстилающая горная порода. Эта порода залегает ниже материнской (почвообразующей) и отличается от нее по своим свойствам (главным образом по литологии). Встречается только в случае перекрывания горных пород.

Кроме указанных горизонтов выделяются переходные горизонты, для которых применяются двойные обозначения, например A_1A_2 — горизонт, прокрашенный гумусом и имеющий признаки оподзоленности; A_2B — горизонт, имеющий черты подзолистого горизонта (A_2) и иллювиального (В); ВС — переходный горизонт от переходного к материнской породе и т. д. Второстепенные признаки обозначаются индексом с дополнительной малой буквой, например B_{Ca} — переходный горизонт с видимыми вторичными выделениями карбонатов в виде налетов, прожилок, псевдомицелия, белоглазки, редких конкреций; Bg — иллювиальный горизонт с пятнами оглеения, B_t — метаморфический горизонт, характеризующийся аккумуляцией глины без заметных следов ее перемещения и др. То есть индексы при обозначении генетических горизонтов ставятся в зависимости от степени выраженности того или иного процесса, протекающего в данном горизонте.

Каждому почвенному типу свойственно свое сочетание горизонтов. Поэтому некоторые из них могут в том или ином профиле отсутствовать.

Типы строения почвенного профиля. По характеру соотношения генетических горизонтов выделяют ряд типов почвенных профилей.

Тип профиля определяется типом почвообразования, возрастом почвы, нарушенностью природными или антропогенными педотурбациями. Различают простое и сложное строение почвенного профиля.

Простое строение почвенного профиля включает пять типов.

Примитивный профиль имеют молодые почвы, когда почвообразованием затронута лишь поверхностная часть породы. Мощность такого профиля составляет несколько сантиметров и он слабо дифференцирован на горизонты.

Неполноразвитый профиль свойственен почвам, формирующимся на массивно-кристаллических плотных породах или крутых склонах. Мощность профиля — несколько десятков сантиметров. При этом представлен полный набор генетических горизонтов, присущих данному типу почвообразования, но с небольшой их мощностью. Такие профили часто имеют горные почвы.

Нормальный профиль 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 ферраллитные коры выветривания). Генетические горизонты слабо выражены, выделяются с трудом и очень постепенно сменяют друг друга.

Нарушенный (эродированный) профиль имеют эродированные почвы, верхняя часть профиля которых уничтожена эрозией.

Сложное строение почвенного профиля также включает пять типов.

Реликтовый профиль содержит различные по генезису погребенные горизонты (иногда целые профили) или горизонты, характерные для предшествующих фаз почвообразования.

Многочленный профиль свойственен почвам, формирующимся на многочленных породах при их смене в пределах почвенной толщи.

Полициклический профиль формируется в условиях периодического отложения почвообразующего материала (речного аллювия, вулканического пепла, эоловых наносов).

Нарушенный (перевернутый) профиль образуется при перемещении нижних горизонтов на поверхность почвы. Причины могут быть

как антропогенные (например, при плантажной вспашке), так и природные (ветровал в лесу, деятельность землероев).

Мозаичный профиль образуется при большой пространственной неоднородности сочетания генетических горизонтов.

С другой стороны, почвенные профили разделяют по характеру распределения веществ.

Аккумулятивный профиль имеют почвы с максимальным накоплением тех или иных веществ с поверхности и снижением их содержания с глубиной (например, распределение гумуса). При этом кривая распределения вещества может быть вогнутой (регрессивно-аккумулятивный профиль), выпуклой (прогрессивно-аккумулятивный) и прямой (равномерно-аккумулятивный).

Элювиальный профиль характеризуется минимумом вещества на поверхности и увеличении его содержания с глубиной (например, распределение карбоната кальция). Кривая распределения вещества может быть вогнутой (регрессивно-элювиальный профиль), выпуклой (прогрессивно-элювиальный) и прямой (равномерно-элювиальный).

Элювиально-иллювиальный профиль наблюдается при минимуме вещества в верхней части и максимуме в средней или нижней.

Грунтово-аккумулятивный профиль отличается накоплением веществ из грунтовых вод в нижней и средней части профиля.

Недифференцированный профиль характеризуется равномерным содержанием вещества по всей почвенной толще.

Мощность почвы и ее отдельных горизонтов

Мощность почвы — это толщина ее от поверхности вглубь до слабо затронутой почвообразовательными процессами материнской породы. У разных почв мощность неодинакова, от 40–50 см до 150–200 см и более.

Мощность почвенного горизонта — это толщина горизонта от поверхности почвы или вышележащего горизонта до нижележащего горизонта. Границы почвенных горизонтов и подгоризонтов устанавливают по совокупности всех признаков (цвет, структура, сложение, плотность и др.).

Характер перехода между горизонтами почвы

Граница между почвенными горизонтами характеризуется по двум признакам. По форме она может быть *ровной, волнистой, карманной,*

языковатой, затечной, размытой, пильчатой, полисадной. По степени выраженности обычно различают три типа переходов: *резкий переход* — смена одного горизонта другим происходит на протяжении 2–3 см; *ясный переход* — смена горизонтов происходит на протяжении 5 см; *постепенный переход* — очень постепенная смена горизонтов на протяжении более 5 см.

Окраска почвы

Цвет почвы — наиболее доступный для наблюдения морфологический признак. Он широко используется в почвоведении для присвоения названий почвам (чернозем, краснозем, желтозем, серозем и др.). Окраска почв зависит от ее химического состава, условий почвообразования и влажности.

Наиболее важны для окраски почв три группы веществ. Гумусовые вещества придают почве черную, темно-серую и серую окраску; соединения железа — красную, оранжевую и желтую, а соединения железа — сизую и голубоватую окраску; кремнезем, карбонат кальция, каолинит, а также гипс и легкорастворимые соли — белую и белесую окраски. Различное сочетание указанных групп веществ определяет большое разнообразие почвенных цветов и оттенков.

Верхние горизонты окрашены гумусом в темные цвета. Чем большее количество гумуса содержит почва, тем темнее окрашен горизонт. Наличие железа и марганца придает почве бурые, охристые, красные тона. Белесые, белые тона предполагают наличие процессов оподзоливания (вымывания продуктов разложения минеральной части почв), осолодения, засоления, окарбоначивания, т. е. присутствие в почве кремнезема, каолина, углекислого кальция и магния, гипса и других солей.

Почвы редко бывают окрашены в какой-либо один чистый цвет. Обычно окраска почв довольно сложная и состоит из нескольких цветов (например, серо-бурая, белесовато-сизая, красновато-коричневая и т. д.), причем название преобладающего цвета ставится на последнем месте.

При определении окраски почвы в полевых условиях необходимо учитывать влажность почвы и степень освещенности почвенного разреза. Влажная почва имеет более темную окраску, чем воздушно-сухая. В тени почва выглядит темнее, чем на солнце.

Влажность почвы

Влажность почвы не является морфологическим признаком, но от этого показателя зависит проявление практически всех морфологических свойств. Также влажность не является устойчивым признаком почвы. Она зависит от многих факторов: метеорологических условий, уровня грунтовых вод, гранулометрического состава почвы, характера растительности и т. д. Например, при одинаковом содержании влаги в почве песчаные (легкие) горизонты будут казаться влажнее глинистых (тяжелых).

При описании почвенного разреза используют пять степеней влажности почв: 1) *сухая почва* пылит, присутствие влаги в ней на ощупь не ощущается, не холодит руку; влажность почвы близка к гигроскопической (влажность в воздушно-сухом состоянии); 2) *влажноватая почва* холодит руку, не пылит, при подсыхании немного светлеет; 3) *влажная почва* — на ощупь явно ощущается влага; почва увлажняет фильтровальную бумагу, при подсыхании значительно светлеет и сохраняет форму, приданную почве при сжатии рукой; 4) *сырая почва* при сжимании в руке превращается в тестообразную массу, а вода смачивает руку, но не сочится между пальцами; 5) *мокрая почва* — при сжимании в руке из почвы выделяется вода, которая сочится между пальцами; почвенная масса обнаруживает текучесть.

Степень влажности влияет на выраженность других морфологических признаков почвы, что необходимо учитывать при описании почвенного разреза. Например, влажная почва имеет более темный цвет, чем сухая. Кроме того, степень влажности оказывает влияние на сложение, структуру почвы и т. д.

Гранулометрический состав

Твердая фаза почв и почвообразующих пород состоит из частиц различной величины — механических элементов. В зависимости от размера механических элементов выделяют две большие фракции: *физический песок* (>0,01 мм) и *физическая глина* (<0,01 мм).

Гранулометрический состав — относительное содержание в почве твердых частиц (механических элементов) разной величины. В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено соотношение в ней физического песка и физической глины. По

гранулометрическому составу почва бывает: *песчаная* (рыхло-песчаная, связно-песчаная), *супесчаная*, *суглинистая* (легкосуглинистая, среднесуглинистая, тяжелосуглинистая), *глинистая* (легкоглинистая, среднеглинистая, тяжелоглинистая). Песчаные и супесчаные почвы легко поддаются обработке и называются *легкими*, а тяжелосуглинистые и глинистые почвы — *тяжелыми*.

В полевых условиях возможно определение гранулометрического состава визуально и на ощупь. Наиболее удобен «мокрый» способ определения гранулометрического состава.

Структура

Структура почвы — взаимное расположение структурных отдельностей (агрегатов) определенной формы и размеров.

Выделяются три группы структурных отдельностей в почвах (мм):

микроагрегаты	< 0,25
мезоагрегаты	0,25–7 (10)
макроагрегаты	> 7 (10)

Агрегаты состоят из соединенных между собой частиц (механических элементов). Они удерживаются в сцепленном виде в результате коагуляции коллоидов, склеивания, слипания под действием сил Ван-дер-Ваальса, остаточных валентностей и водородных связей, адсорбционных и капиллярных явлений в жидкой фазе, а также с помощью корневых тяжей, гифов грибов и слизи микроорганизмов.

Различают три основных типа структуры (табл. 1, рис. 1), каждый из которых в зависимости от характера ребер, граней подразделяются на роды, а в зависимости от размера — на виды.

Почва может быть структурной и бесструктурной. При структурном состоянии масса почвы разделена на отдельности той или иной формы и размеров. Бесструктурное состояние имеют почвы, в которых механические элементы либо не соединены между собой в более крупные агрегаты (рыхлый песок), либо залегают сплошной сцементированной массой.

В песчаных и супесчаных почвах механические элементы обычно находятся в раздельно-частичном состоянии. Суглинистые и глинистые почвы могут быть структурными и бесструктурными.

Различные генетические горизонты имеют определенную структуру. Так, дерновым и гумусовым горизонтам присуща комковатая и

Таблица 1

Классификация структурных отдельностей почв (С.А. Захаров)

Типы	Роды	Виды	Размеры
I. Кубовидный (равномерное развитие структуры по трем взаимно перпендикулярным осям)	А. Грани и ребра выражены плохо, агрегаты большей частью сложны и плохо оформлены:		Ребро куба
	1) глыбистая	Крупноглыбистая	> 10 см
		Мелкоглыбистая	10–5 см
	2) комковатая	Крупнокомковатая	5–3 см
		Комковатая	3–1 см
		Мелкокомковатая	1–0,5 см
	3) пылеватая	Пылеватая	< 0,5 мм
	Б. Грани и ребра хорошо выражены, агрегаты ясно оформлены:		
	4) ореховатая	Крупноореховатая	> 10 мм
		Ореховатая	10–7 мм
		Мелкоореховатая	7–5 мм
	5) зернистая	Крупнозернистая.	5–3 мм
		Зернистая (крупитчатая)	3–1 мм
		Мелкозернистая (порошистая)	1–0,5 мм
II. Призмовидный (развитие структуры главным образом по вертикальной оси)	А. Грани и ребра плохо выражены, агрегаты сложны и мало оформлены:		Диаметр
	6) столбовидная	Крупностолбовидная	> 5 см
		Столбовидная	5–3 см
		Мелкостолбовидная	< 3 см
	Б. Грани и ребра хорошо выражены:		
	7) столбчатая	Круппостолбчатая	> 5 см
		Столбчатая	5–3 см
		Мелкостолбчатая	<3 см
		Крупнопризматическая	>5 см
	8) призматическая	Призматическая	5–3 см
		Мелкопризматическая	< 3 см
			Толщина

Окончание табл. 1

III. Плитовидный (развитие структуры по горизонтальным осям)	9) плитчатая	Сланцеватая	> 5 мм
		Плитчатая	5–3 мм
		Пластинчатая	3–1 мм
		Листоватая	< 1 мм
	10) чешуйчатая	Скорлуповатая	> 3 мм
		Грубочешуйчатая	3–1 мм
		Мелкочешуйчатая	< 1 мм

зернистая структура, элювиальным — пластинчато-листоватая, иллювиальным — ореховатая.

Существуют агрономическое (агрофизическое) и морфологическое (морфолого-генетическое) понимание структуры. В агрономическом смысле почва считается структурной, если в ее составе преобладают агрономически ценные мезоагрегаты, т. е. отдельности размером от 0,25 до 7 (10) мм. Иные почвы считаются бесструктурными.

Для определения агрономической ценности структуры почвы используют коэффициент структурности почвы K:

$$K = a/b,$$

где a — количество мезоагрегатов; b — сумма макро- и микроагрегатов в почве.

Таким образом, с агрономической точки зрения структурной считается почва, в которой комковато-зернистые водопрочные агрегаты размером от 0,25 до 7(10) мм (т. е. мезоагрегаты) составляют более 55%.

Сложение почвы

Сложение почвы — взаимное расположение в пространстве и соотношение механических элементов, структурных отдельностей и связанных с ними пор в почве. Это внешнее выражение плотности и пористости почвы. Сложение почвы зависит от ее структуры, гранулометрического и химического состава и от влажности почвенных горизонтов.

По плотности в сухом состоянии сложение бывает слитое, плотное, рыхлое и рассыпчатое.

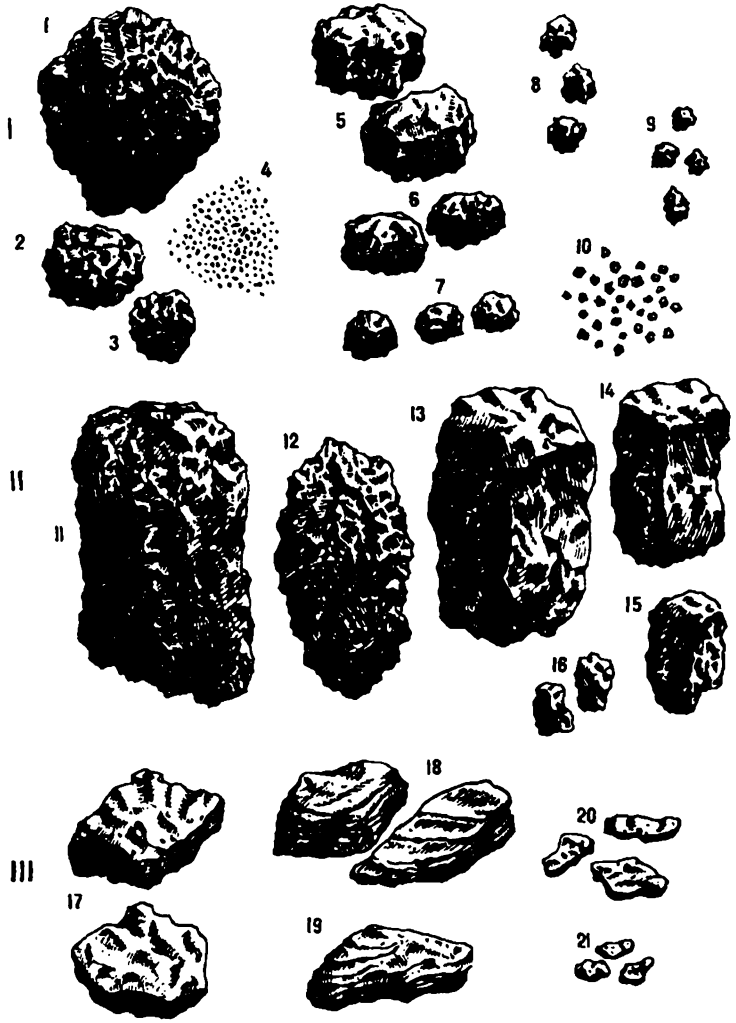


Рис. 1. **Типичные структурные элементы почв (по С.А. Захарову).**
I тип: 1) крупнокомковатая, 2) среднекомковатая, 3) мелкокомковатая, 4) пылеватая, 5) крупноореховатая, 6) ореховатая, 7) мелкоореховатая, 8) крупнозернистая, 9) зернистая, 10) порошистая. *II тип:* 11) столбчатая, 12) столбовидная, 13) крупнопризматическая, 14) призматическая, 15) мелкопризматическая, 16) тонкопризматическая. *III тип:* 17) сланцевая, 18) пластинчатая, 19) листовая, 20) грубочешуйчатая, 21) мелкочешуйчатая.

Слитое (очень плотное) сложение — лопата или нож при сильном ударе входят в почву на незначительную глубину, не более 1 см; характерно для слитых черноземов, иллювиальных горизонтов солонцов.

Плотное сложение — лопата или нож при большом усилии входят в почву на глубину 4–5 см и почва с трудом разламывается руками; типично для иллювиальных горизонтов суглинистых и глинистых почв.

Рыхлое сложение — лопата или нож легко входят в почву, почва легко разламывается руками, почва хорошо оструктурена, но структурные агрегаты слабо сцементированы между собой; наблюдается в хорошо оструктуренных гумусовых горизонтах.

Рассыпчатое сложение — почва обладает сыпучестью, отдельные частицы не сцементированы между собой; характерно для пахотных горизонтов супесчаных и песчаных почв.

Пористость почвы характеризуется формой и размерами пор внутри структурных отдельностей или между ними. **По пористости** различают следующие типы сложения почв:

1. По расположению пор внутри структурных отдельностей: *тонкопористое* — почвенная масса пронизана порами диаметром менее 1 мм; *пористое* — почвенная масса пронизана порами в 1–3 мм; *губчатое* — в почве много пустот от 3 до 5 мм; *ноздреватое* (*или дырчатое*) — почвенная масса содержит полости от 5 до 10 мм; *ячеистое* — пустоты крупнее 10 мм; *трубчатое* — почва пронизана каналами, прорытыми крупными землероями.

2. По расположению пор между структурными отдельностями в сухом состоянии: *тонкотрещиноватое* — полости шириной менее 3 мм; *трещиноватое* — полости размером 3–10 мм; *щелеватое* — полости шириной более 10 мм.

Сложение имеет большое практическое значение, так как оно характеризует почву с точки зрения трудности ее обработки. Давно установлено, что глинистые и тяжелосуглинистые (тяжелые) почвы требуют значительно больше усилий при обработке, чем среднесуглинистые и песчаные (легкие). Также от сложения зависят водно-физические свойства почвы, легкость проникновения воды и корней растений в почву.

Новообразования

Новообразования — скопления веществ различной формы и химического состава, которые образуются и откладываются в горизонтах почвы в результате почвообразовательных процессов. По происхождению различают новообразования химического и биологического происхождения.

Новообразования химического происхождения делят по форме и по химическому составу.

По форме химические новообразования разделяют на следующие группы: 1) *выцветы и налеты* — химические вещества, которые выступают на поверхности почвы или на стенке разреза в виде тончайшей пленочки (например, растворимые соли); 2) *корочки, примазки, потеки* — вещества, которые, выступая на поверхности почвы или по стенкам трещин, образуют слой небольшой толщины; 3) *прожилки и трубочки* — вещества, заполняющие ходы червей или корней, поры и трещины почвы; 4) *конкреции и стяжения* — скопления различных веществ более или менее округлой формы; 5) *прослойки* — вещества, накапливающиеся в больших количествах, пропитывая отдельные слои почвы.

По составу химические новообразования подразделяют на следующие группы.

1. *Скопления легкорастворимых солей* ($NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$, Na_2SO_4 и т. п.). Белого цвета. Встречаются в засоленных почвах и породах, чаще в условиях сухой полупустынной и пустынной степи. Наиболее характерные формы скопления — налеты и выцветы, корочки и примазки, крупинки и отдельные кристаллы солей.

2. *Скопления гипса* ($CaSO_4$). Белого цвета. Отмечаются в тех же почвах, что и легкорастворимые соли в форме выцветов, налетов, прожилок. А также в глубоких горизонтах черноземов южных и каштановых почв в виде особых сростков, называемых «земляными сердцами», которые чаще всего располагаются в подпочвенных горизонтах в лессовидных породах.

3. *Скопления карбоната кальция* ($CaCO_3$). Белого и грязно-белого цвета. Залегают в форме карбонатной плесени, карбонатных трубочек, «белоглазки» и др. Новообразования углекислой извести встречаются в почвах почти всех зон, но наиболее типичные формы

образуются в черноземах и каштановых почвах, где повсеместно можно встретить в горизонте С «белоглазку» — бесформенные белые плотные пятна извести величиной 1—2 см.

4. *Скопления окислов и гидратов окислов железа, марганца и фосфорной кислоты.* Красно-бурые, ржаво-охристые, розовые, желтые и др. Образуют налеты, пленки, выцветы, примазки, пятна, трубочки, конкреции и т. д. Эти образования наиболее характерны для почв дерново-подзолистой зоны и влажных субтропиков, а в условиях избыточного увлажнения нередко встречаются и в почвах других зон.

5. *Закисные соединения железа.* Встречаются в виде сизоватых или сизовато-серых пленок, пятен, корочек Они образуются в условиях избыточного увлажнения почв при анаэробных процессах, поэтому встречаются главным образом в болотных и заболоченных почвах.

6. *Скопления кремнекислоты.* Встречаются в виде кремнеземистой присыпки (белесый налет), прожилок и пятен (скопления кремнезема округлой формы). Эти образования характерны, главным образом, для почв подзолистого типа почвообразования и солодей.

7. *Выделения и скопления органических веществ.* Черного или тесно-серого цвета. Образуют гумусовые потеки и корочки, которые покрывают поверхность структурных отдельностей и стенки трещин, или гумусовые пятна, карманы, языки, связанные с проникновением перегнойных веществ по трещинам в нижележащие горизонты.

Новообразованиям биологического происхождения делят по происхождению на следующие группы: 1) *червороины (червоточины)* — извилистые ходы и канальцы червей; 2) *капролиты* — зернистые клубочки экскрементов червей, представляющие собой кусочки земли, прошедшие через пищеварительный аппарат червей и пропитанные их выделениями; 3) *кротовины* — пустые или заполненные ходы роющих животных (сусликов, сурков, кротов и др.); 4) *корневины* — полости, образующиеся после перегнивания крупных корней растений; 5) *дендриты* — «узоры» от перегнивания мелких корешков на поверхности структурных отдельностей.

Перечисленные новообразования химического и биологического происхождения дают возможность судить о генезисе и плодородии почв.

Включения

Включения — присутствующие в почве тела органического и неорганического происхождения, образование которых не связано с почвообразовательным процессом.

По происхождению включения можно разделить на четыре группы. *Литоморфы* — обломки почвообразующей породы, рассеянные в почве (камни, валуны, галька). *Криоморфы* — различные формы льда, связанные с сезонной или вечной мерзлотой (конкреции, линзы, прожилки). *Биоморфы* — включения, образование которых связано с деятельностью живых организмов: 1) остатки корней, стеблей, стволов растений; 2) кости животных; 3) раковины моллюсков; 4) окаменелости — окремнелые, обызвесткованные, загипсованные или ожелезненные остатки растений. *Антропоморфы* — предметы, связанные с деятельность человека (фрагменты кирпича, стекла, металлические предметы, черепки и т. п.). К последним относятся археологические находки, позволяющие судить о возрасте почв.

Микроморфология почв

Помимо макроморфологических признаков почвы, различимых невооруженным глазом, почва обладает микроморфологическим признаками, исследовать которые можно только при помощи микроскопа.

В почвенной микроморфологии пользуются следующими понятиями. ***Матрица почвы*** — каркас почвы, состоящий из твердых частиц (или их микроагрегатов) с порами между ними. Матрица почвы включает скелет, плазму и поры. ***Скелет почвы*** — частицы крупнее 2 мкм[1], относительно устойчивые и нелегко перемещаемые во время почвообразовательных процессов (минеральные зерна, устойчивые кремневые и органические компоненты крупнее коллоидного размера). ***Плазма почвы*** — частицы менее 2 мкм, легко перемещаемые в процессе почвообразования (глинистые минералы, свободные полуторные окислы, гумус). ***Микросложение почвы*** — пространственное соотношение матрицы (скелета, плазмы и пор), а также микроновообразований в почве. Для изучения микросложения

[1] Скелет почвы в микроморфологии не следует путать со скелетом почвы как частью гранулометрического состава.

почв готовят почвенные шлифы — образцы почвы с ненарушенным сложением, которые исследуют под поляризационным микроскопом. В зависимости от соотношения и взаимного расположения в пространстве скелета, плазмы и пор выделяют следующие типы микростроения почвы: песчаное, плазменно-песчаное, песчано-пылеватое, песчано-плазменное, плазменно-пылеватое, пылевато-плазменное, плазменное.

1.1.2. Полевое исследование почв

В полевых условиях изучают и определяют почвы и дают им названия по морфологическим признакам. По морфологическим (внешним) признакам почву можно определить так же, как определяется минерал, растение или животное.

Типы почвенных разрезов

Для изучения и определения почв в природе, установления границ между различными почвами, взятия образцов для анализов закладывают специальные ямы, которые принято называть почвенными разрезами. Они бывают трех типов: полные (основные) разрезы, полуямы (контрольные), прикопки (поверхностные).

Полные, или основные, разрезы делают с таким расчетом, чтобы были видны все почвенные горизонты и частично верхняя часть неизмененной или малоизмененной материнской породы. Их закладывают в наиболее типичных, характерных местах. Они служат для детального изучения морфолого-генетических признаков почв и отбора образцов по генетическим горизонтам для физико-химических, биологических и других анализов, определения окраски, структуры и т. д. Глубина основных почвенных разрезов сильно варьирует в зависимости от мощности почв и целей исследований. Обычно в практике полевых почвенных исследований и картирования почв почвенные разрезы закладывают на глубину 1,5–2 м.

Полуямы, или контрольные разрезы, закладывают на меньшую глубину — от 75 до 125 см, обычно до начала материнской породы. Они служат для дополнительного (контрольного) изучения основной части почвенного профиля — мощности гумусовых и других горизонтов, глубины вскипания и залегания солей, степени

выщелоченности, оподзоленности, солонцеватости, солончаковости и др.

Прикопки, или мелкие поверхностные разрезы, глубиною менее 75 см, служат главным образом для уточнения почвенных границ выявленных полными разрезами и полуямами.

Заложение почвенных разрезов

Разрез необходимо закладывать в наиболее характерном, типичном месте обследуемой территории. Почвенные разрезы не должны закладываться вблизи дорог, рядом с канавами, свалками, отстойниками на нетипичных для данной территории элементах микрорельефа (понижения, кочки).

На выбранном для почвенного разреза месте копают яму размером 0,8 × 1,5 × 2,0 м так, чтобы три стенки ее были отвесны, т. е. вертикальны, а четвертая — со ступеньками. Передняя «лицевая» стенка, которая предназначается для изучения почвенного разреза, должна быть обращена к солнцу. Почву из ямы необходимо выбрасывать на длинные боковые стороны, но ни в коем случае не в сторону «лицевой» стенки, так как это приводит к ее «загрязнению» и даже к разрушению верхней части стенки почвенного разреза. Когда яма готова, необходимо, в первую очередь, определить характер почвообразующей породы, ее гранулометрический состав, засоление, степень увлажнения и взять образец материнской породы для последующего изучения или анализа, так как в дальнейшем при препарировании нижняя часть «лицевой» стенки и дно ямы будут засорены осыпающейся почвенной массой из верхних горизонтов. После этого «лицевую» стенку гладко очищают лопатой и одну (правую) половину стенки препарируют стамеской или маленькой лопаткой, для того чтобы лучше рассмотреть морфолого-генетические признаки почв, а вторую (левую) половину стенки оставляют в гладко зачищенном виде для сравнения и контроля. Затем необходимо приступить к изучению морфолого-генетических признаков почв и описанию почвенного разреза.

Описание почвенных разрезов

По морфологическим признакам можно читать историю развития почв, выяснить ее генезис и до некоторой степени установить агрономическую ценность почв. Поэтому при изучении почв в поле

и морфологическом описании почвенного разреза очень важно правильно «прочитать» почвенный разрез.

Техника и последовательность работ при изучении и описании почвенного разреза и ведении дневника следующие.

1. Записать номер, дату и географическое положение разреза, отметить характер рельефа, точно указать, на каком элементе рельефа сделан разрез, описать угодье и его состояние; растительность (состав, густота и состояние); состояние поверхности (заболоченность, кочковатость, трещиноватость, засоленность, каменистость и другие характерные особенности); дать агрономическую оценку почв с учетом данных о сельскохозяйственной ценности почвы; отметить материнские и подстилающие породы и глубину грунтовых вод, если они обнаружены. Определить местоположение разреза и его привязку. Ознакомление с рельефом, растительностью, ее состоянием и другими характерными особенностями участка, на котором сделан разрез, проводится в тот промежуток времени, который необходим для копки предназначенного к изучению разреза.

2. Определить глубину и характер вскипания почвы от 10%-ного раствора соляной кислоты. Для этого на свежепрепарированной лицевой стенке разреза закрепляют клеенчатый сантиметр так, чтобы ноль совпал с поверхностью почвы, и последовательно сверху донизу капают на почву соляную кислоту, которая при наличии карбонатов кальция дает «вскипание» различной интенсивности (слабое, среднее, сильное или бурное). В той части стенки, где определялась глубина и характер вскипания от соляной кислоты, образцы почв для анализа брать нельзя.

3. Определить мощность каждого горизонта и подгоризонта почв с последующим подробным изучением их морфолого-генетических признаков: гранулометрического состава, физических свойств и других особенностей (окраска, структура, влажность, плотность, скважность, новообразования, включения, корневая система, характер перехода одного горизонта в другой).

4. В некоторых случаях для более полной характеристики почв (засоленные, переувлажненные и др.) произвести некоторые простые химические анализы (определение pH, хлористых и сернокислых солей, наличия железа, соды и др.); определить некоторые физические свойства (влажность, плотность и др.), не требующие сложного оборудования.

5. Дать полевое определение почвы, установить ее ценность. В названии почв необходимо отразить тип, подтип, вид, разновидность и материнскую породу, например: чернозем обыкновенный среднемощный тяжелосуглинистый на лессах. Наметить примерные границы ее распространения на изучаемой территории и, наконец, взять почвенные образцы для анализов, а при необходимости и монолит. Почвенный разрез после его изучения, описания и взятия образцов должен быть зарыт.

1.2. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ И СКЕЛЕТНЫЙ СОСТАВ ПОЧВ

1.2.1. Понятия и классификации

Твердая фаза почвы состоит из механических элементов различного происхождения. ***Механические элементы*** *— это разнообразные по величине обломки минералов и горных пород, органические вещества и органо-минеральные соединения.* Кристаллы льда и живое вещество к механическим элементам не относится.

Механические элементы в основном достаются почве в наследство от материнской породы. Но они не остаются неизменными в процессе почвообразования, так как в почве постоянно происходят разнообразные явления: дробление, растворение, гидролиз, осаждение, гумификация и др. Наблюдаются также процессы перемещения тонких механических элементов по профилю многих почв, обеднение ими верхних горизонтов и обогащение нижних.

Механические элементы неодинаковы по размеру. В России принята классификация, разработанная Н.А. Качинским:

Название механических элементов	*Диаметр элементов, мм*
Скелет почвы	
камни	более 3
гравий	1–3
Мелкозем почвы	
песок	1,0–0,05
пыль	0,001–0,05
ил	менее 0,001
песок физический	более 0,01
глина физическая	менее 0,01

Почвы с содержанием скелетных механических элементов называют каменистыми. Они могут быть валунными, галечниковыми и щебнистыми. Классифицируются почвы по степени каменистости следующим образом:

Содержание скелетных элементов, %	*Степень каменистости*
< 0,5	Некаменистые
0,5–5,0	Слабокаменистые
5,0–10,0	Среднекаменистые
> 10	Сильнокаменистые

Гранулометрический состав *— содержание в мелкоземе почвы механических элементов (фракций) различной крупности.* Почвы классифицируются по гранулометрическому составу в зависимости от содержания физического песка (частицы крупнее 0,01 мм) или физической глины (частицы менее 0,01 мм) (табл. 2).

Таблица 2

Классификация почв по гранулометрическому составу

Название почвы по гранулометрическому составу	Содержание физической глины (частиц менее 0,01 мм), %		
	Подзолистый тип почвообразования	Степной тип почвообразования красноземы и желтоземы	Солонцы и солонцеватые почвы
Песок рыхлый	0–5	0–5	0–5
Песок связный	5–10	5–10	5–10
Супесь	10–20	10–20	10–15
Суглинок легкий	20–30	20–30	15–20
Суглинок средний	30–40	30–45	20–30
Суглинок тяжелый	40–50	45–60	30–40
Глина легкая	50–65	60–75	40–50
Глина средняя	65–80	75–85	50–65
Глина тяжелая	более 80	более 85	более 65

В бытовой терминологии различают почвы глинистые, песчаные, суглинистые (глина, песок, суглинок). В научно-практических специальных исследованиях для более детального разделения почв по гранулометрическому составу используется содержание преобладающих фракций: песка (1–0,25 мм), пыли (0,25–0,001 мм), и ила (менее 0,001 мм). Так, могут выделяться черноземы среднеглинистые иловато-пылеватые или каштановые почвы суглинистые иловато-песчаные (иловато-пылеватые, пылеватые и т. п.). Детализированная классификация почв по гранулометрическому составу применяется редко.

1.2.2. Генетическое и экологическое значение гранулометрического состава

Гранулометрический состав — важнейшая характеристика почвы. От нее зависят очень многие свойства почвы и ее плодородие. 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.

Размеры частиц отражают различия в свойствах гранулометрических фракций, свойства которых напрямую зависят от удельной поверхности частиц и их химического и минералогического состава.

Песчаная фракция (1–0,25 мм) состоит из обломков разных горных пород и минералов, среди которых чаще всего преобладает кварц и полевые шпаты. Пески имеют очень высокую водопроницаемость, свободно фильтруют воду, не набухают, не пластичны. Эти их свойства повсеместно используются при заполнении различных выемок, например, канав и траншей, где недопустима усадка грунта.

Фракция крупной пыли (0,25–0,001 мм) по минералогическому составу мало отличается от песчаной, поэтому обладает многими свойствами песка: не пластична, очень слабо набухает, имеет низкую влагоемкость.

Средняя пыль (0,01–0,005 мм) в своем составе содержит много слюды. Слюды придают фракции некоторую пластичность и связанность. Средняя пыль уже более дисперсна, чем предыдущие крупные фракции. Например, 1 г частиц этой фракции имеет удельную поверхность около 2000 $см^2$. Поэтому средняя пыль лучше удерживает влагу и обладает слабой водопроницаемостью. Характерна неспособность частиц к коагуляции и структурообразованию. Почвы, в которых преобладает фракция средней пыли, легко распыляются, склонны к уплотнению и образованию сплошной корки.

Тонкая пыль (0,005–0,001 мм) характеризуется относительно высокой дисперсностью. Кусочки горных пород отсутствуют, характерно наличие минералов как первичных, так и вторичных. Заметно резкое уменьшение количества кварца. Появляются свойства, не присущие крупным фракциям: способность к коагуляции

и структурообразованию. Фракция тонкой пыли уже может содержать органические вещества. В неструктурных почвах присутствие этой фракции способствует развитию явлений набухания, усадки, низкой водопроницаемости, липкости, трещиноватости, плотного сложения.

Ил (< 0,001 мм) состоит преимущественно из вторичных глинистых минералов, гумусовых и органо-минеральных веществ. Все коллоиды почвы входят в состав этой фракции. Илистые частицы обладают громадной поверхностной энергией, так 1 г частиц имеет удельную поверхность около 20 000 $см^2$. Илистую фракцию называют ***плазмой почвы***. Это главный участник практически всех происходящих в почве процессов. Содержание ила предопределяет многие генетические характеристики почвы. Связь с илом характерна для запасов гумуса, поглощенных оснований, глубины появления карбонатов. В илистой фракции почв сосредоточен почти весь гумус. Здесь главным образом сконцентрированы азот и фосфор, а также многие жизненно необходимые для растений элементы. От количества ила, содержащегося в почвах, и его способности к агрегированию во многом зависят физические свойства почв, их влагоемкость и структурное состояние, водопроницаемость. Ил — главный поглотитель, абсорбент многих тонкодисперсных веществ, в том числе и загрязнителей окружающей среды, различных катионов, включая как элементы-биофилы, так и тяжелые металлы и радиоактивные элементы. Физические и водно-физические свойства фракции ила зависят от состояния дисперсности частиц. Скоагулированные оструктуренные частицы ила придают почвам в высшей степени экологически оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности биологических объектов. Наоборот, бесструктурный дезагрегированный ил превращается в твердую сплошную массу, где нет места ни свободному воздуху, ни доступной живым организмам влаги. Это сплошная, вязкая, липкая, набухающая при увлажнении и сильно растрескивающаяся при высыхании глинистая масса.

Таким образом, гранулометрический состав играет существенную роль при регулировании водного режима почв и проведении оросительных и осушительных мелиораций. Велико его влияние на скорость просыхания почв, он определяет различное сопротивление почв воздействию почвообрабатывающих орудий в связи с неодинаковой липкостью и плотностью песчанных и глинистых почв. Песчаные и

супесчаные почвы легко поддаются обработке и называются *легкими*, а тяжелосуглинистые и глинистые почвы — *тяжелыми*. Существенную роль играет гранулометрический состав в тепловых свойствах почв: легкие почвы относятся к более «теплым», т. е. быстрее оттаивают и прогреваются. Тяжелые почвы считаются «холодными». Это имеет большое значение на северной границе распространения земледелия. Гранулометрический состав почв часто определяет ландшафтный облик громадных территорий в различных природных зонах земли: глинистые такыры и песчаные барханы в пустынях, сосновые боры на песках таежного пояса и т. д.

Высокая значимость гранулометрического состава в почвообразовании и в плодородии почв определяет постоянное внимание к его изучению как ученых, так и практиков сельского хозяйства. Это важнейшее условие среды обитания растений. Его экологическая значимость прежде всего определяется тем, что с гранулометрическим составом связаны богатство или бедность почв. Обычно чем легче гранулометрический состав, тем меньше в почвах гумуса и элементов питания растений. По мере возрастания количества илистых частиц увеличивается и потенциальное плодородие. Однако потенциальное плодородие зависит не только от богатства почвы, но и от ее физического состояния. Так, очень тяжелые глинистые почвы хотя и могут содержать много гумуса и элементов питания, но снижают свое плодородие из-за ухудшения физических свойств. Это характерно для слитых почв черноземной полосы и долин рек, серых и бурых лесных почв, каштановых почв сухих степей. Негативное влияние высокого содержания глинистых частиц в почвах может быть компенсировано их хорошей оструктуренностью. Такие свойства типичны для черноземов, имеющих хорошую структуру при глинистом составе, для сероземов, обладающих карбонатной микроагрегатностью, для красных и желтых аллитных почв с железистой псевдопесчаной агрегатностью.

Впервые количественная оценка плодородия почв в зависимости от гранулометрического состава сделана Н.А. Качинским. Его материал дает общую ориентировочную оценку в целом для разных почвенных зон нашей страны (табл. 3). Данные приводятся для хлебных злаков, с учетом запасов питательных веществ в почвах, водного, воздушного и теплового режима, степени и трудности окультуривания почв различного гранулометрического состава. При проведении

кадастровых исследований в различных регионах страны обязательно учитываются местные условия. Например, в Ростовской области плодородие черноземов и каштановых почв различного гранулометрического состава несколько отличается от показателей, приводимых Н.А. Качинским (табл. 4). Оказывается, очень велико различие в уровне плодородия одного типа почвы в зависимости от гранулометрического состава.

Таблица 3

Оценка гранулометрического состава почв при бонитировке

Почвы	Гранулометрический состав и его оценка по 10-балльной системе						
	Глинистый	Тяжелосуглинистый	Среднесуглинистый	Легкосуглинистый	Супесчаный	Песчаный мелкозернистый	Песчаный крупнозернистый
Подзолистые	6	7	10	8	6	4	2
Серые лесные	8	10	9	7	6	4	2
Черноземы	10	10	8	7	5	3	1
Каштановые	8	10	9	7	6	3	1
Желтоземы, красноземы	10	9	7	6	4	-	-
Подзолисто-желтоземные	8	9	10	9	6	4	2
Сероземы	8	10	9	7	5	3	2

Таблица 4

Степень влияния гранулометрического состава на эффективное плодородие почв для зерновых культур (Гаврилюк, Вальков, Клименко)

Гранулометрический состав	Черноземы	Темно-каштановые почвы	Каштановые и светло-каштановые почвы
Глинистый	0,9	0,8	0,7
Тяжелосуглинистый	1,0	1,0	0,9
Среднесуглинистый	0,8	0,9	1,0
Легкосуглинистый	0,7	0,7	0,8
Супесчаный	0,5	0,6	0,6
Песчаный	0,3	0,3	0,3

Не все растения одинаково реагируют на гранулометрический состав почв (табл. 5). Несмотря на большую экологическую приспособленность к почвам различного гранулометрического состава, есть определенный оптимум для каждой группы культур, и это необходимо учитывать при разработке мероприятий по рациональному использованию земель. Например, черешня и картофель неплохо плодоносят на тяжелосуглинистых черноземах. Однако наибольшая урожайность, лучшее развитие наблюдается на супесчаных и легкосуглинистых почвах. Есть целая группа растений-псаммофитов, предпочитающих песчаные местообитания: житняк сибирский, кумарчик песчаный, саксаул, овес песчаный, сосна и др. Многие растения, такие как кукуруза, слива, вишня, ель, дуб и другие, не выносят песчаных почв.

Таблица 5

Оптимальный гранулометрический состав почв для различных растений

Почвы			
песчаные и супесчаные	**средне- и легкосуглинистые**	**структурные тяжелосуглинистые и глинистые**	**малоструктуренные и слитые тяжелосуглинистые и глинистые**
Озимая рожь	Сорго	Пшеница	Рис
Рожь	Овес	Ячмень	Кукуруза
Картофель	Просо	Кукуруза	Сахарный тростник
Маниок	Рожь	Рожь	Люцерна
Арахис	Гречиха	Соя	Фундук
Арбуз	Ячмень	Подсолнечник	Слива
Дыня	Соя	Кориандр	Вишня
Тыква	Подсолнечник	Клещевина	Гранат
Эспарцет	Кунжут	Пут	Хурма
Черешня	Клещевина	Фасоль	Фейхоа
Оливки	Фасоль	Лен	Пырей
Люцерна желтая	Горох	Сахарная свекла	Люцерна
Житняк сибирский	Томат	Сахарный тростник	Донник
Полынь песчаная	Картофель	Конопля	Ель
Овес песчаный	Яме	Хлопчатник	Дуб
Кумарчик песчаный	Маниок	Вика	Дикая яблоня
Полынь красная	Батат	Клевер	Дикая груша
Прутняк	Черешня	Слива	

Окончание табл. 5

Солодка	Яблоня	Абрикос	
Саксаул белый	Груша	Вишня	
Саксаул черный	Чай	Грецкий орех	
Тамарикс	Оливки	Гранат	
Песчаная акация	Виноград	Хурма	
Сосна	Грецкий орех	Фейхоа	
	Лавр	Лиственница	
	Мандарин	Дуб	
	Лимон	Клен	
	Айва	Ясень	
	Инжир		
	Табак		
	Кедр		
	Дуб		
	Клен		

Особенно важно учитывать гранулометрический состав почв при выборе участков под многолетние насаждения, так как ошибки, допущенные при закладке садов и виноградников, обнаруживаются слишком поздно и чреваты значительными затратами труда и средств.

Исследования на Северном Кавказе и в других регионах (Неговелов, Вальков) позволили установить степень пригодности почв различного гранулометрического состава под плодовые насаждения. В разных почвенно-климатических условиях сады относятся к гранулометрическому составу почв неодинаково. Так, легкие и тяжелые почвы с промывным водным режимом в большей степени неблагоприятны для садов, чем аналогичные почвы в условиях периодически промывного водного режима черноземной зоны. Зависимость уровня плодородия от гранулометрического состава выражается кривой с наибольшим пиком в пределах суглинистых почв. Плодородие снижается по мере облегчения и утяжеления гранулометрического состава. Оптимальное содержание физической глины колеблется в широких пределах 30–65%.

Для виноградной лозы типична следующая закономерность: урожай и качество винограда на легких почвах всегда выше, чем на тяжелых. Однако хорошо оструктуренные почвы тяжелого гранулометрического состава несколько улучшают условия для развития винограда.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что виноградники на песчаных почвах дают высокий урожай очень хорошего качества. В ягодах накапливается больше сахара, происходит снижение кислотности. Особенно хороши легкие почвы для белых сортов винограда. А тяжелые почвы более благоприятны для винограда с темно-окрашенными ягодами.

1.2.3. Генетическое и экологическое значение скелетности почв

Скелетные (каменистые и щебнистые) почвы, как правило, свидетельствуют о молодости в развитии почвенного покрова территории, о сравнительно недавних процессах разрушения предшествующих почвенных масс в результате различных экзогенных процессов (эрозия, дефляция, оползни и т. д.), об отсутствии накопления мелкоземлистых осадков. Более сухой и холодный климат, а также горный и пересеченный рельеф благоприятствуют развитию почвенного покрова со скелетными почвами.

Галечниковый скелет морского и речного происхождения может иметь как современный, так и древний возраст. Ледниковые валуны с очень большой натяжкой можно отнести к скелету почвы.

Скелетные почвы представлены зональными неполноразвитыми подтипами черноземов, серых и бурых лесных, коричневых почв, желтоземов и др. Наиболее часто скелетны интразональные перегнойно-карбонатные почвы, а также гидроморфные почвы горных долин и приморских террас. Скелет почвы может иметь различное происхождение: известняковый, мергелистый, гранитный, сланцевый, кварцитовый, галечниковый и т. д. Это придает почвам особую экологическую специфику. Например, кварцитовый, гранитный и галечниковый скелеты можно четко определять как балластные наполнения почвенной массы, а обломки мергеля и глинистых сланцев участвуют в биологическом круговороте химических элементов.

Увеличение количества скелета в почве приводит к уменьшению содержания мелкозема, снижает запас питательных веществ и продуктивной влаги. Возрастание скелета равносильно снижению мощности корнеобитаемого слоя и соответственно снижению плодородия. Особо следует подчеркнуть относительно большую сухость каменистых почв.

При характеристике каменистости почв учитывается:

1. почва некаменистая — каменистого материала < 0,5%; почва в отношении обработки считается нормальной;

2. почва слабокаменистая — каменистого материала 0,5–5,0%; при условии что этот материал представлен мелким щебнем или галькой, почва обрабатывается нормально, но при этом будет наблюдаться ускоренный износ рабочих поверхностей орудий обработки, особенно лемехов;

3. почва среднекаменистая — каменистого материала 5,0–10,0%; для нормальной обработки почвы необходимо вычесывание крупного каменистого материала;

4. почва сильнокаменистая — каменистого материала > 10%; для возделывания однолетних культур требуются тяжелые мелиорации по выбору и удалению каменистого материала с поля.

Во всех случаях окатанный каменистый материал при обработке почвы менее вредоносен, нежели щебнистый.

В названиях почв каменистость отмечается как фон гранулометрического состава (почвы суглинистые слабокаменистые или глинистые среднекаменистые и т. д.).

Характерна высокая зависимость между урожайностью зерновых культур и каменистостью почв. Уровень плодородия изменяется: некаменистые почвы — 1,0; слабокаменистые — 0,8; среднекаменистые — 0,6; сильнокаменистые — 0,5.

Скелетность почв не всегда оценивается как фактор неблагоприятный. Особо следует отметить виноградную лозу. Виноград, благодаря способности корней использовать трещиноватость и полости в твердых породах, глубоко проникает в их массу. Поэтому виноград как культурное растение обладает уникальной способностью давать удовлетворительный урожай на маломощных сильнокаменистых почвах, которые для других культур считаются бросовыми, слишком сухими. При этом получается продукция исключительно высокого качества. Такие плантации винограда наблюдаются в районе Новороссийска и Геленджика. Здесь, камни, уменьшая количество мелкозема в почве, снижают в некоторой степени ее плодородие (продуктивность виноградников снижается лишь при содержании мелкозема в корнеобитаемой толще менее 40% от веса), но обломки горных пород представляют собой постоянный запас питательных веществ. Корневая система виноградной лозы в каменистых щебенчатых почвах развивается

свободно, почва постоянно обогащается питательными веществами в результате выветривания скелета, что делает виноградную лозу на них долговечной, устойчивой и продуктивной. Лучшие по качеству продукции виноградники расположены на каменистых почвах. Имеет значение и размер каменистых включений. В одних и тех же климатических условиях урожайность виноградной лозы на почвах мелкоскелетных (хрящеватых) выше, чем на крупноскелетных (камни, гравий) при одинаковом объеме скелета.

1.3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ 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*.

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

1. первичные минералы, оставшиеся неизмененными 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[1], которые могут находиться в почвенном растворе и в сухих условиях переходить в твердую фазу почвы.

1.3.1. Первичные минералы почв

Первичные минералы — основная группа веществ почвы и коры выветривания, являющихся исходным материалом для образования тонкодисперсных вторичных минералов. Эта потенциальная часть почвы неустойчива в условиях зоны гипергенеза.

Первичные минералы почти целиком сосредоточены в гранулометрических фракциях размером более 0,001 мм. Это определяется исходными размерами минеральных зерен в плотных породах, а также

[1] Растворимые соли рассмотрены в разделах «Почвенный раствор», «Засоленные почвы» и др.

максимальными пределами их дробления при механических и температурных воздействиях.

По соотношению содержания главнейших групп породообразующих минералов рыхлые почвообразующие породы (и соответственно формирующиеся на них почвы) существенно отличаются от плотных пород. Обусловлено это тем, что рыхлые почвообразующие породы представляют собой продукт многократного переотложения и длительного изменения материала плотных пород под действием физических, химических и биологических агентов, что приводит к относительному накоплению более устойчивых к выветриванию минералов, и прежде всего кварца. В свою очередь, в зависимости от гранулометрии рыхлых почвообразующих пород участие первичных минералов в формировании их состава весьма различно: первичные минералы составляют 90–98% массы мелкозема песков, 50–80% суглинков и 10–12% глин.

В почвах и почвообразующих породах наиболее распространены следующие группы первичных минералов.

Полевые шпаты (алюмосиликаты) — большая группа широко распространенных и относительно устойчивых к выветриванию минералов. Они составляют около 60% массы земной коры, а в почвах их около 10–15%. Типичные представители полевых шпатов: ортоклаз — $KAlSi_3O_8$, альбит — $NaAlSi_3O_8$, анортит — $CaAlSi_2O_8$ и плагиоклазы как изоморфные смеси альбита и анортита.

Силикаты в литосфере содержатся в количестве около 20%: оливин — $(Mg,Fe)SiO_4$, авгит — $Ca(Mg,Fe)Si_2O_6$, роговая обманка — $MgSiO_3$ и др.

Кварц (SiO_2) — один их наиболее распространенных минералов многих магматических пород, осадочных отложений и почв. Преобладание кварцевых минералов в почвах обусловливает их низкое плодородие.

Слюды (3% от общего объема пород) являются важнейшими источниками питания растений калием, так как разрушаются сравнительно быстро. В числе слюд отмечаются мусковит — $KH_2Al_3(SiO_4)_3$ и биотит — $KH_2(Mg\ Fe)_3Al(SiO_4)_3$.

Апатит — очень прочный минерал изверженых пород, в состав которого входят фосфор, кальций, фтор, хлор — $3Ca_3P_2O_8$ и $Ca(F,Cl)_2$. Апатит — главнейший первоисточник фосфора в биосфере.

В изверженных породах установлено более 1000 различных минералов. Одни из них очень устойчивы, долго сохраняются в почвах и почвообразующих породах, давая возможность судить о длительности почвообразования. Это минералы группы эпидота, дистена, андалузита, граната, а также ставролит, циркон, турмалин. Доминирующими минералами, имеющими важное значение в почвообразовании, как считает В.А. Ковда, являются кварц, полевые шпаты, оливины, пироксены, амфиболы, слюды, апатит, роговые обманки.

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

В природе (в почвах, почвообразующих породах, в литосфере) первичные минералы встречаются в составе массивно-кристаллических, метаморфических и осадочных пород и эти породы представляются как ассоциации минералов. Широкое распространение в почвах и осадочных рыхлых отложениях имеют индивидуальные кристаллы первичных минералов. Таким образом, в почвах первичные минералы наблюдаются как в обломках (зернах) горных пород, так и в отдельно разобщенном состоянии. Обломки пород приурочены к крупнопесчаным и гравелистым фракциям гранулометрического состава, а индивидуальные минералы входят в состав тонкого песка и пыли.

1.3.2. Вторичные минералы почв

К вторичным минералам относятся глинистые минералы, минералы оксидов кремния, железа, алюминия и марганца, а также минералы простых солей.

Глинистые минералы составляют основную часть вторичных минералов. Названы они так в связи с тем, что преимущественно определяют минералогический состав глин. Важнейшая роль глинистых минералов состоит в том, что в силу присущей им поглотительной способности они определяют емкость поглощения почв и наряду с гумусом являются основным источником поступления минеральных элементов в растения.

Глинистые минералы являются вторичными алюмосиликатами с общей химической формулой n $SiO_2Al_2O_3$ и mH_2O и характерным

молярным отношением SiO_2: Al_2O_3, изменяющимся в пределах от 2 до 5.

Глинистые минералы образуются путем постепенного изменения первичных минералов в процессе выветривания и почвообразования, а также могут образоваться биогенным путем из продуктов минерализации растительных остатков.

К наиболее распространенным глинистым минералам относятся минералы групп монтмориллонита, каолинита, гидрослюд, хлоритов, смешаннослоистых минералов.

Глинистым минералам присущи общие свойства: слоистое кристаллическое строение, высокая дисперсность, поглотительная способность, наличие в них химически связанной воды. Однако каждая группа минералов имеет специфические свойства и значение в плодородии. Велика их роль в создании физических свойств, структуры и порозности почвы, водопроницаемости и влагоемкости.

Монтмориллонит, бейделит, нонтронит — группа трехслойных минералов с набухающей решеткой. Монтмориллонит и бейделит встречаются в почве самостоятельно и в смешаннослойных образованиях с гидрослюдами, хлоритами, вермикулитами. Нонтронит по химическому составу отличается повышенным содержанием железа. Монтмориллонит и бейделит весьма сходны. Различия в том, что в бейделите часть кремния замещена на алюминий, поэтому соотношение SiO_2: Al_2O_3 равно трем, вместо четырех в монтмориллоните. Соотношение групп атомов в минералах: монтмориллонит — $(Al, Mg)_2 (OH)_2 [Si_4O_{10}]unH_2O$, бейделит — $(K, Na, H_3O) Al_2(OH)_2 [Al Si_3O_{10}]un H_2O$, нонтронит — $Fe_2(OH)_2 [Si_4O_{10}]un H_2O$.

Между пакетами трехслойной структуры монтмориллонитовых минералов находятся молекулы воды и обменные катионы, определяющие особенности отдельных минералов группы. Межпакетные расстояния могут изменяться. В связи с этим для монтмориллонита характерно сильное набухание с увеличением объема в 1,5—3 раза и связанная с этим жирность, липкость, вязкость, высокая пластичность и гигроскопичность. Цвет монтмориллонита белый с сероватым, буроватым, красноватым оттенками и зеленый. Нонтронит — зеленовато-желтый, зеленоватый, буровато-зеленый.

Отличительная черта монтмориллонитовых минералов — высокая поглотительная способность в отношении обменных катионов и в отношении загрязняющих веществ. Средние величины катионного обме-

на 80—120 м.-экв. на 100 г. С гуминовыми кислотами монтмориллонит образует прочные темноокрашенные (серые и черные) комплексы.

Вермикулиты по химическому составу близки к магниевым алюмосиликатам. Вермикулит — $(Mg, Fe^{+2}, Fe^{+3})_3 (OH)_2 [(Al, Si)_4O_{10}]$ и $4H_2O$, нонтронит — $Fe_2(OH)_2 [Si_4O_{10}]$ un H_2O. По структуре они сходны с монтмориллонитом и гидрослюдами. Цвет минерала бурый, желтовато-бурый, золотисто-желтый; иногда наблюдаются зеленоватые оттенки. Вермикулиты обладают высокой способностью к набуханию. Емкость поглощения катионов около 100 м.-экв на 100 г.

Группа каолинита — каолинит, диккит, накрит имеют следующее строение: $Al_2(OH)_4 [Si_2O_5]$. Наиболее распространенным является каолинит. Кристаллическая структура этих минералов состоит из двухслойных пакетов. Отдельные чешуйки каолинита бесцветны, а сплошные массы белые. Каолинит не набухает, так как доступ воды в межпакетное пространство затруднен из-за сильной связи между пакетами. Расстояние между пакетами не изменяется. Каолинит не содержит щелочных и мало содержит щелочноземельных оснований. Дисперсность его высокая, он свободно мигрирует в суспензиях. Емкость поглощения 10—20 м.-экв на 100 г. Каолинит набухает слабо, имеет небольшую липкость, связность и гидрофильность.

Галлуазит встречается в виде гелеподобных полуматовых масс. Цвет галлуазита белый, часто с желтоватым, красноватым и голубоватым оттенками. По свойствам близок к каолиниту, но более гидратирован и имеет расширяющуюся кристаллическую решетку. Емкость поглощения 25—30 м.-экв на 100 г.

Гидрослюды (иллит). К группе гидрослюд относятся гидратированные формы слоистых минералов с морфологически чешуйчатым строением:

Гидробиотит — $(K, H_3O)(Mg, Fe)_3 (OH)_2 [(Al, Si)_4O_{10}]$ и nH_2O,

Гидромусковит — $(K, H_3O) Al_2 (OH)_2 [(Al, Si)_4O_{10}]$ и nH_2O,

Глауконит — $K(Fe^{+3}, Al, Fe^{+2}, Mg)_2 (OH)_2 [Al, Si_3O_{10}]$ и nH_2O,

Гидробиотит и гидромусковит золотисто-желтого, серебряного и белого цвета. Глауконит — зеленый различных оттенков. Структура гидрослюд подобна монтмориллониту. Они относятся к трехслойным минералам с многочисленными изоморфными замещениями. В отличие от монтмориллонита связь между пакетами прочная, и вода в них не проникает. Гидрослюды — важный источник калия для растений. Обменный калий находится на краях кристаллической решетки.

Гидрослюды не набухают. Емкость поглощения 40 м.-экв на 100 г. Гидрофильность, липкость, связность, набухание значительно меньше, чем у монтмориллонита.

Хлориты. К группе хлоритов относится большое количество минералов, которые по целому ряду свойств близки к слюдам. Кристаллическая решетка хлоритов состоит из четырех слоев. В связи с тем, что хлориты представлены слоями различных минералов, их можно отнести к смешаннослоистым минералам с правильным чередованием слоев. Решетка хлоритов не набухающая, стабильная. Хлориты имеют зеленый цвет различных оттенков.

Минералы гидроокисей и окисей кремния, алюминия, железа, марганца, образующиеся в аморфной форме при выветривании первичных минералов в виде гидратированных высокомолекулярных гелей и постепенно подвергающиеся дегидратации и кристаллизации с образованием окисей и гидроокисей кристаллической структуры. Кристаллизации способствуют высокая температура, замерзание, высушивание, окислительные условия почвы.

Гидроокись кремния (SiO_2 и nH_2O) по мере старения переходит в твердый гель — опал (SiO_2 и nH_2O) с содержанием воды от 2 до 30%, затем, теряя воду, в кристаллические формы халцедона и кварца SiO_2. Гидроокись марганца кристаллизуется в виде минерала пиролюзита MnO_2, псиломелана $mMnO$ и MnO_2и nH_2O.

Гидраты полуторaокисей (Al_2O_3 и nH_2O, Fe_2O_3 и nH_2O), кристаллизуясь, образуют вторичные минералы: бемит Al_2O_3 и H_2O, гидраргилит (гиббсит) Al_2O_3 $3H_2O$ или $Al(OH)_3$, гематит Fe_2O_3, гетит Fe_2O_3 и H_2O, гидрогетит Fe_2O_3 и $3H_2O$. Эти минералы встречаются в небольших количествах во многих почвах. Гетита и гиббсита много в ферраллитных почвах. Эти минералы могут обволакивать пленками агрегатные скопления глинистых минералов, а также встречаться в виде конкреций. Поглотительной способностью, липкостью, набуханием практически не обладают.

Встречаются в почвах ***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 поглоти-

тельную способность. Часто цеолиты используются в тепличных хозяйствах.

Минералы простых солей образуются при выветривании первичных минералов, а также в результате почвообразовательного процесса. К таким солям относятся кальцит $CaCO_3$, магнезит $MgCO_3$, доломит $[Ca, Mg](CO_3)_2$, сода Na_2CO_3 и $10H_2O$, гипс $CaSO_4$ и $2H_2O$, мирабилит Na_2SO_4 и $10H_2O$, галит NaCl, фосфаты, нитраты и др. Эти минералы способны накапливаться в почвах в больших количествах в условиях сухого климата. Качественный и количественный состав их определяет степень и характер засоления почв.

1.4. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ

Химия почв — особый раздел почвоведения. Его задача — изучение содержания химических элементов в почвах и химических процессов, протекающих в почвенной массе. В почве химические явления всегда связаны с биологией, биохимией, физикой, с коллоидными физико-химическим процессами.

1.4.1. Содержание химических элементов в почвах

Почва состоит из минеральных, органических и органо-минеральных веществ. Источником минеральных соединений почвы являются горные породы, из которых слагается твердая оболочка земной коры — литосфера. Органические вещества поступают в почву в результате деятельности живых организмов, ее населяющих. Взаимодействие минеральных и органических веществ создает сложный комплекс органо-минеральных соединений почв. Минеральная часть составляет 80–90% и более массы почв и только в органогенных почвах снижается до 10% и менее.

В составе почв обнаружены почти все известные химические элементы. Средние цифры, показывающие содержание отдельных элементов в литосфере и почвах называют кларками. Изучение почв с геохимической точки зрения было впервые начато академиком В.И. Вернадским.

Содержание отдельных химических элементов в литосфере и почве колеблется в широких пределах (табл. 6).

Литосфера состоит почти наполовину из кислорода (47,2%), более чем на четверть из кремния (27,6%), далее идут алюминий (8,8%), железо (5,1%), кальций, натрий, калий, магний (до 2–3% каждого). Восемь названных элементов составляют более 99% общей массы литосферы. Такие важнейшие для питания растений элементы, как углерод, азот, сера, фосфор, занимают десятые и сотые доли процента. Еще меньше в земной коре микроэлементов.

Поскольку минеральная часть почвы в значительной степени обусловлена химическим составом горных пород литосферы, имеется

Таблица 6

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

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

сходство почвы с литосферой по относительному содержанию отдельных химических элементов. Как в литосфере, так и в почве на первом месте стоит кислород, на втором — кремний, затем алюминий, железо и т. д.

Однако в почве по сравнению с литосферой в 20 раз больше углерода и в 10 раз больше азота. Накопление этих элементов в почве связано с жизнедеятельностью организмов.

В почвоведении состав почв принято выражать в условных гипотетических оксидах химических элементов: SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, CaO, MgO, Na_2O и т. д. Это практически отражает всю почвенную массу.

1.4.2. Формы химических элементов в почвах

Кислород входит в состав первичных и вторичных минералов, является элементом органических веществ и воды.

Кремний. Наиболее распространенное соединение кремния — кварц (SiO_2). Он относится к веществам очень инертным химически и биологически. Кремний входит в состав силикатов и алюмосиликатов как первичных, так и вторичных минералов. Анионы орто- $(SiO_4)^{4-}$ и мета- $(SiO_3)^{2-}$ кремниевых кислот могут находиться в состоянии золей или гелей и быть активными компонентами почвенных коллоидов.

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. Коллоидная гидроокись алюминия, взаимодействуя с органическими кислотами, образует подвижные комплексные соединения, в форме которых может перемещаться по профилю почвы.

Железо — в почвах 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. Гидроокись железа, как и гидроокись алюминия, может образовывать с органическими кислотами подвижные формы комплексных соединений, способных перемещаться по профилю почвы.

Азот. Основная масса азота почв сосредоточена в органическом веществе. Количество азота находится в прямой зависимости от содержания в почве органического вещества, и прежде всего гумуса. В большинстве почв этот элемент составляет 1/12—1/20 гумуса. Накопление азота в почве обусловлено биологической аккумуляцией его из атмосферы. В почвообразующих породах азота очень мало. Азот доступен растениям главным образом в форме ионов аммония и нитрат-ионов, которые образуются при разложении азотсодержащих органических веществ. Ион NH_4^+ легко поглощается почвой с частичным переходом в необменное (фиксированное) состояние. Ион NO_3^- не поглощается почвой ни химически, ни физико-химически, находится преимущественно в почвенном растворе и легко используется растениями.

Фосфор. Поглощаясь в больших количествах растениями, фосфор аккумулируется в верхних горизонтах почвы. Фосфор в почвах содержится в органических и минеральных соединениях. Органические представлены нуклеиновыми кислотами, нуклеопротеидами, сахарофосфатами и др., минеральные — солями кальция, магния, железа и алюминия ортофосфорной кислоты. Фосфор в почве входит в состав апатита, фосфорита и вивианита. Апатит встречается во многих магматических породах и составляет 95% соединений фосфора в земной коре.

Калий. Присутствует калий чаще в глинистых минералах тонкодисперсных фракций, особенно в гидрослюдах, а также в составе таких первичных минералов крупной фракции, как биотит, мусковит, калиевые полевые шпаты. Калий относится к числу органогенов, не-

обходимых для развития растений; в ряде случаев калий может быть в дефиците.

Натрий. В почве натрий главным образом присутствует в составе первичных минералов, преимущественно в натрийсодержащих полевых шпатах. В засоленных почвах сухостепной и аридных зон в значительных количествах может присутствовать в виде хлоридов или входить в поглощающий комплекс. В почве дефицита этого элемента обычно не наблюдается; присутствие натрия в повышенных количествах в составе подвижных соединений обусловливает наличие у почв неблагоприятных физических и химических свойств.

Титан присутствует в почве в составе первичных устойчивых к выветриванию титансодержащих минералов (ильменита, рутила, сфена), в связи с чем при выветривании наблюдается его относительное накопление.

Сера присутствует в почве главным образом в составе различных органических соединений как растительного, так и животного происхождения; в засоленных почвах при наличии значительных количеств сульфатов валовое содержание SO_3 может возрастать. Повышенное содержание серы в виде подвижных соединений может наблюдаться при загрязнении почв промышленными отходами (выпадение с осадками газообразных выбросов соединений серы). В крупных фракциях почвы сера присутствует в составе сульфидов (пирит), гипса, вторичных соединений железа, образующихся при болотном процессе.

Кальций и магний находятся в кристаллической решетке минералов в обменно-поглощенном состоянии и в форме простых солей разной степени растворимости. Среди обменных катионов кальций в большинстве почв занимает первое место, а магний — второе. Карбонаты кальция и магния, а также бикарбонатные формы ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $Mg(HCO_3)_2$) всегда присутствуют в почвах степей, саванн и пустынь, во многом определяя направление почвообразования.

Наряду с перечисленными макроэлементами в почве в очень небольших количествах присутствуют ***рассеянные элементы*** и ***микроэлементы***, чрезвычайно, однако, важные для жизнедеятельности растений. Валовое содержание этих элементов в основном связано с содержанием в почве первичных минералов, отчасти глинистых минералов и органического вещества.

Наблюдается следующая приуроченность важнейших микроэлементов и рассеянных элементов к первичным минералам: Ni, Co, Zn — авгит, биотит, ильменит, магнетит, роговая обманка; Cu — авгит, апатит, биотит, гранаты, калиевые полевые шпаты, плагиоклазы; V — авгит, биотит, ильменит, мусковит, роговая обманка, сфен; Pb — авгит, апатит, биотит, калиевые полевые шпаты, мусковит; Li — авгит, биотит, роговая обманка, турмалин; B — турмалин; Zr — циркон; редкоземельные элементы — эпидот, монацит.

Носителями микроэлементов и рассеянных элементов в крупной фракции почв могут быть также зерна кварца и обломки содержащих кварц пород, так как в них нередко встречаются субмикроскопические вкрапления перечисленных первичных минералов.

1.4.3. Изменения химического состава почв в процессах генезиса

В целом химический состав почвы наследуется от материнской горной породы, которая в процессе почвообразования преобразуется, обогащается химическими элементами органического вещества (C, O, H, N, P и др.), а также минеральными элементами-биофилами. Поэтому особой спецификой химического состава отличаются верхние гумусоаккумулятивные горизонты.

Химический состав почв оказывает чрезвычайно большое влияние на их плодородие, как непосредственно, так и определяя те или иные свойства почвы, имеющие решающее значение в жизни растений. С одной стороны, это может быть дефицит тех или иных элементов питания растений, например фосфора, азота, калия, железа, некоторых микроэлементов; с другой — токсичный для растений избыток, как в случае засоления почв.

В процессе почвообразования происходят весьма существенные преобразования химического состава исходных почвообразующих пород, связанные с рядом почвенных процессов и антропогенным воздействием:

1) переход химических элементов из одних соединений в другие в связи с трансформацией первичных минералов во вторичные;
2) вынос химических элементов с почвенными растворами за пределы профиля почвы и коры выветривания при постоянном промывании почвы атмосферными осадками;

3) перераспределение химических элементов между генетическими горизонтами в процессах элювиально-иллювиальной дифференциации почвенного профиля;
4) накопление химических элементов за счет притока их с грунтовыми водами при образовании засоленных почв;
5) антропогенное загрязнение почв при поступлении элементов из атмосферы с осадками;
6) антропогенное загрязнение почв при использовании ядохимикатов и минеральных удобрений.

При оценке изменения валового состава почв в процессе почвообразования принято использовать молярные отношения кремнезема (SiO_2) к полуторным окислам (R_2O_3) или отдельно к Al_2O_3 и Fe_2O_3.

Потеря кремнезема и накопление окисей алюминия и железа хорошо иллюстрируются расчетом молярных отношений SiO_2: Al_2O_3 или SiO_2: R_2O_3 в илистой фракции почв и пород.

С.В. Зонн предложил следующее разделение коры выветривания по молярным отношениям SiO_2: R_2O_3 в илистой фракции:

Аллитные (SiO_2: $R_2O_3 < 2,5$) с подразделением на аллитные (Al_2O_3 резко преобладает над Fe_2O_3), ферраллитные (Al_2O_3 преобладает над Fe_2O_3) и ферритные (Fe_2O_3 преобладает над SiO_2 и Al_2O_3 не только в илистой фракции, но и в коре в целом);

Сиаллитные (SiO_2: $R_2O_3 > 2,5$) с подразделением на сиаллитные и феррсиаллитные. Для последних характерно суженное отношение SiO_2: Fe_2O_3.

1.5. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВ

Органическое вещество почв представлено органическими остатками живых организмов, продуктами их метаболизма, а также специфическими органическими соединениями, носящими название почвенного гумуса. По современным представлениям все органические вещества, находящиеся в почвенной массе генетических горизонтов, делятся на две группы.

- Неспецифические, т. е. вещества не почвенного происхождения, а имеющие фито-, зоо-, микробоценотическую природу и поступающие в процесс почвообразования как отмирающая биомасса (органические остатки) и как продукты жизнедеятельности живых организмов.
- Почвенный гумус или специфические органические вещества почвенно-генетической природы, присущие только почвам.

В вещественном составе почв органическим соединениям принадлежит особая роль, поскольку гумусообразование и гумусонакопление связано только с почвообразовательным процессом и не наследуется, как правило, от материнской почвообразующей породы, хотя, безусловно, материнские породы влияют на состав и свойства гумуса.

1.5.1. Неспецифические органические соединения почв

Из массы органических веществ биологического происхождения в почвоведении широко представлены углеводы (целлюлоза, моносахариды, дисахариды, гемицеллюлоза, пектиновые вещества), лигнин, белки, жиры, липиды, дубильные вещества, воски и смолы и др. Особую роль играют ферменты и фенолы.

Разные биологические объекты, поступающие в процесс почвообразования весьма варьируют по химическому составу (табл. 7).

Углеводы — большая группа органических веществ, куда входят моносахариды, дисахариды, крахмал, целлюлоза (клетчатка), гемицеллюлоза и др. Большая часть приходится на долю целлюлозы. Осо-

бенно много ее в древесине — 50–60%. В листьях и травах ее содержится около 30%.

Углеводные компоненты, поступающие в почву с растительными и животными остатками, довольно быстро подвергаются различным превращениям: ферментативному гидролизу, окислению, конденсации. Их химическая трансформация в дальнейшем может происходить различными путями: а) в условиях высокой биологической активности наблюдается распад углеводных соединений до мономеров с их дальнейшей конденсацией; б) низкая биологическая активность способствует накоплению высокомолекулярных соединений за счет процессов ароматизации и карбоксилирования. Наиболее быстро процессам разложения подвергаются простые углеводы (моно- и дисахариды). Максимальное разложение углеводов наблюдается в первые три месяца при значительном накоплении новообразованных гемицеллюлоз.

Таблица 7

Химический состав органических остатков, % на сухую беззольную массу (Александрова)

Организмы	Зола	Белки	Углеводы		Лигнин	Липиды, дубильные вещества
			гемицеллюлоза, пектиновые вещества	целлюлоза		
Бактерии	2–10	40–70	Есть	Нет	0	1–40
Водоросли	20–30	10–15	50–60	5–10	0	1–3
Лишайники	2–6	3–5	60–80	5–10	8–10	1–3
Мхи	3–10	5–10	30–60	15–25	-	5–10
Папоротникообразные	6–7	4–5	20–30	20–30	20–30	2–10
Хвойные, древесина	0,1–1	0,5–1	15–25	45–50	25–35	2–12
Хвойные, хвоя	2–5	3–8	15–20	15–20	20–30	5–20
Лиственные, древесина	0,1–1	0,5–1	20–30	40–50	20–25	5–15
Лиственные, листья	3–8	4–10	10–20	15–25	20–30	5–15
Травы, злаки	5–10	5–12	25–35	25–40	15–20	2–10
Травы, бобовые	5–10	10–20	15–25	25–30	15–25	2–10

Специфические функции углеводов в почве:

- формирование почвенной структуры за счет образования водопрочных агрегатов и усиления их стабильности, определяемых высокой клеящей способностью микробных слизей, обусловленных различными углеводами;
- образование органоминеральных золей с полуторными окислами и глинистыми частицами; ускорение выветривания минералов за счет образования хелатных соединений;
- участие в ионнообменных процессах, т. е. значительное влияние на поглотительную способность почвы;
- влияние на питание растений как путем непосредственного поглощения (моносахариды), так и косвенным, через образование различных соединений (полисахариды);
- трансформация гумусовых веществ микроорганизмами ускоряется в присутствии углеводов как источника энергии и углерода.

Хотя вопросы о распространении углеводов в почвах, влиянии типа почвы на их содержание и распределение пока изучены недостаточно, в целом, можно сделать вывод о существенной роли углеводов в почвообразовании.

Гемицеллюлоза сопутствует целлюлозе и составляет 15–30% растительной массы.

Лигнин отличается высоким содержанием углерода, наличием бензольных колец с гидроксильными (OH) и метоксильными (OCH_3) группами, которые входят затем как структурные компоненты гумусовых веществ. В растительных остатках содержание лигнина может достигать 35%.

Белки и *аминокислоты* – главные химические компоненты неспецифических органических веществ, содержащие азот и фосфор. Содержание белков в биомассах крайне неодинаково: древесина – <1, сено (трава) – 5–10, грибы – 10–50; бактерии – 40–80%.

В процессах почвообразования эти химические соединения подвергаются действию протеолитических и дезаминирующих ферментов. Аминокислоты в почвах могут быть свободными и связанными. Однако в отличии от углеводных соединений количество свободных аминокислот больше содержания связанных, а роль их более существенна, так как они являются структурными элементами в синтезе белка, субстратом эндогенного дыхания, регулятором ферментатив-

ных реакций. По профилю наблюдается снижение как количества, так и разнообразия состава аминокислот. При этом в сумме свободных аминокислот возрастает относительное количество нейтральных соединений, устойчивых к минерализации. Одной из особенностей аминокислотного состава почв является корреляция последних с запасами общего и гидролизуемого азота, почвенного гумуса. Таким образом, аминокислоты в почве являются важным звеном в системе *органическое вещество — питание растений*, обеспечивая условия для развития почвообразовательного процесса и возделывания сельскохозяйственных растений.

Смолы имеют различное химическое строение. Чаще всего встречаются в хвойных деревьях.

Воски выполняют функции защитных веществ, содержатся в незначительных количествах.

Дубильные вещества содержатся почти во всех растениях. Их много в коре древесных пород (5–20%), мало в травах и микроорганизмах.

Смолы, воски и дубильные вещества плохо разлагаются в почве, а в некоторых случаях угнетают почвенную микрофлору.

Зольные вещества составляют золу, оставшуюся после сжигания растительных и животных остатков. Содержание зольных элементов в живых объектах варьирует в зависимости от вида, возраста и среды обитания. В растительных остатках золы около 5%, в древесине мало, около 1%, в травах много, около 10%. Основную массу золы составляют Ca, Mg, K, Na, Si, H, S, Fe, Al, Mn и многие микроэлементы.

Ферменты определяют ферментативную активность почвенной массы, имеют биологическое происхождение и являются обязательными катализаторами всех биохимических процессов, происходящих при почвообразовании. Очень много ферментов участвуют в катализе процессов расщепления, превращения, минерализации органических веществ неспецифической природы и гумуса.

Фенолы представляют собой особый класс органических соединений. Фенольные соединения присутствуют во всех трех фазах почвы и участвуют в биологических, гидрологических, геологических, химических, биохимических и физико-химических процессах, происходящих в почве, подвергаясь многообразным метаморфозам биотического и абиотического синтеза и разложения. Вещества фенольной природы принимают участие в образовании органо-минеральных

соединений. Почвенные фенолы существуют в нескольких формах: свободные, связанные и прочносвязанные с почвенной матрицей и не передвигающиеся в профиле почвы. Соотношение между ними определяется химической структурой фенолов и совокупностью почвенных условий.

Таким образом, все неспецифические органические вещества почв по их биохимической значимости в процессах почвообразования можно разделить на 5 групп:

1. Быстроразлагающиеся и поглощающиеся микроорганизмами — сахара и белки. Обеспечивают незамедлительное поступление в почвенный раствор соединений азота, фосфора и других биофильных элементов.
2. Разлагающиеся медленно, расщепляющиеся под действием ферментов и являющиеся основными источниками гумусообразования — целлюлоза, лигнин, гемицеллюлоза, пектин.
3. Вещества-ингибиторы, подавляющие микробиологическую деятельность, трудноразлагаемые: дубильные вещества, воски, смолы. Способствуют консервации органического опада, образованию органогенных генетических горизонтов.
4. Ферменты различной биохимической направленности.
5. Фенольные соединения различного структурообразующего и функционального действия.

В связи с высокой динамичностью количественной массы неспецифических органических соединений количество этих веществ в почвах варьирует в широких пределах. Считается, что около 10% определяемого в лабораториях гумуса составляют органические вещества неспецифической природы, полностью утратившие морфологические структуры исходных организмов. Неспецифические органические вещества почвы представляют интерес прежде всего как исходный материал для образования другой группы органических веществ, специфичных только для почвенных масс и носящих название — гумусовые вещества почвы.

1.5.2. Гумус почв как комплекс специфических органических веществ

Гумус, или гумусовые вещества, — это особая группа химических соединений, свойственная почвенному покрову Земли, т. е. специфич-

ная только для почвенных образований. Гумус образуется из веществ растительных, животных и микробных остатков во взаимодействии с комплексом компонентов окружающей среды.

Теория гумусообразования в мировом почвоведении разработана благодаря трудам В.В. Докучаева, П.А. Костычева, И.В. Тюрина, М.М. Кононовой, С.А. Ваксмана, Л.Н. Александровой, Д.С. Орлова и других исследователей. Раскрыта его огромная планетарная роль в биосферных явлениях как величайшего аккумулятора солнечной энергии на земном шаре. Гумус определяют как интегральный показатель плодородия почв. Органическое вещество почв по своим функциям разнообразно и сложно, с ним связано формирование почвенного плодородия, рост и развитие растений. Но, чтобы стать условием жизни связанных с почвой организмов, гумус сам прежде всего должен являться производным живого вещества.

Главные продукты гумификации, от которых непосредственно зависит формирование разных свойств почв и типов почвообразования, представлены гуминовыми и фульвокислотами.

К сожалению, несмотря на выдающиеся достижения химии, сейчас нельзя вывести определенную химическую формулу гуминовой кислоты или фульвокислоты, так как это группы химических соединений переменного состава. Однако они состоят из одинаковых структурных элементов. Количество которых в молекулах варьирует:

1. Ароматическое ядро у гуминовых кислот или ароматические участки у фульвокислот.
2. Азот и фосфорсодержащие компоненты. При разложении гумусовых кислот обнаружено большое разнообразие составляющих их аминокислот, в том числе и ароматических. Установлено, что все потенциальные запасы азота сосредоточены в органическом веществе. В нем же содержится и 50% запасов фосфора.
3. Различные функциональные группы соединений: карбоксильные, фенольные, спиртовые, метоксильные и др. Водород функциональных групп способен к реакциям замещения. Именно благодаря функциональным группам гумусовые кислоты могут обменно поглощать из окружающей среды катионы и образовывать коллоидные комплексы.
4. Углеводородные цепи.

Молекулы гумусовых кислот имеют как бы рыхлое, губчатое строение, со множеством внутренних пор, отличаются гидрофильностью и высокими сорбционными свойствами. Их элементный состав приведен в табл. 8.

Таблица 8

Элементный состав гумусовых веществ, % на сухую беззольную навеску

Кислоты	C	H	O	N
Гуминовые	52–62	3–5,5	30–33	3,5–5,0
Фульвокислоты	44–49	3,5–5,0	44–49	2,0–4,0

Гумификация совершается в определенных условиях окружающей среды. В связи с разнообразием этих условий конечные продукты гумификации также неодинаковы. Обычно, отмечая разнообразие условий среды, подчеркивают следующие факторы гумификации: масса растительных остатков, химический состав гумифицирующихся веществ, режим влажности и аэрация почв, реакция среды и окислительно-восстановительные условия, интенсивность деятельности микроорганизмов, гранулометрический состав и другие особенности минеральной части почв.

Одни и те же условия могут иногда оказывать противоположное влияние на процесс гумификации. Например, обогащение почв кальцием при благоприятных условиях активизирует микрофлору и ускоряет процессы трансформации растительных остатков, но одновременно повышает устойчивость органических соединений за счет их взаимодействия с кальцием, что может снизить темп гумификации.

Органические вещества почвы проходят сложный путь преобразования от простого к сложному и от сложного к простому. Ежегодно в верхних слоях коры выветривания протекает синтез свежих гумусовых веществ. Начало этого обусловлено поступлением в почву органических остатков растительного и животного происхождения. В почвоведении данное явление считается одним из элементарных почвенных процессов, который свойственен всем типам почвообразования.

Установлена биохимическая сущность гумификации как специфического почвенного процесса превращения целлюлозы, белков, лигнина и других химических соединений растительных остатков в различ-

ные компоненты почвенного гумуса. Гумификацию можно рассматривать как процесс превращения органических остатков, протекающий под влиянием как биохимических, так и чисто химических агентов и ведущий к формированию наиболее стабильной в конкретных экологических условиях системы специфических (собственно гумусовых) и неспецифических органических соединений.

Существуют разные подходы к трактовке и созданию научных теорий происхождения гумуса.

Микробиологическая концепция образования почвенного гумуса зародилась в прошлом веке трудами С.П. Костычева. Впоследствии ее развивали почвенные микробиологи — С.Н. Виноградский, Д.М. Новогрудский и др. Эта теория до последнего времени не получила своего широкого признания. Суть ее в том, что почвенные микроорганизмы среди продуктов внутриклеточного микробного синтеза продуцируют соединения, сходные по строению с гуминовыми кислотами — темноцветные хромопротеиды — пигменты меланоидного типа. Особенно это касается меланопротеидов грибов, содержащие азот в гетероциклах. Таким образом, согласно этой теории, синтез меланопротеидов сравнивается с внутриклеточным образованием микроорганизмами гуминовых кислот. Эти вещества благодаря своей устойчивости к микробному разложению могут накапливаться в почвах и прямо или путем включения в качестве основы гумусовых веществ способствуют созданию почвенного гумуса.

Наиболее распространены схемы гумификации, предложенные М.М. Кононовой и Л.Н. Александровой. М.М. Кононова считает, что специфической реакцией гумификации является конденсация ароматических соединений фенольного типа с аминокислотами и протеинами. Источники структурных единиц — продукты распада лигнинов, танинов, фенольные соединения продуктов метаболизма микроорганизмов, аминокислоты и пептиды частичного распада и синтеза белковых соединений.

Л.Н. Александрова подчеркивает длительность и многообразие отдельных звеньев гумификации. На первой стадии ведущим оказывается процесс кислотообразования в результате биохимического окисления продуктов разложения органических остатков. При этом происходит фракционирование системы образующихся гумусовых кислот по степени растворимости на группы гуминовых кислот и фульвокислот. В почве формируется сложная система свободных гуминовых кислот

и их органо-минеральных производных. Одновременно образуется и азотная часть гуминовых кислот. На второй стадии гумификации в гуминовых кислотах постепенно возрастает степень ароматизации вследствие частичного отщепления алифатических цепей, дезаминирования и внутримолекулярных перегруппировок. Эта стадия очень длительная, осложняющаяся постоянным поступлением вновь образующихся гумусовых веществ. Третья стадия трансформации гумусовых веществ — их постепенная минерализация.

Конденсационная теория М.М. Кононовой не исключает участия высокомолекулярных фрагментов в процессе гумификации. Гипотеза Л. Н. Александровой в свою очередь не исключает реакций конденсации в процессе гумификации. Таким образом, можно полагать, что оба эти пути гумификации возможны и реально существуют в природе.

В общем виде взаимосвязь между процессами минерализации и гумификации, между основными источниками гумусовых веществ и самими гумусовыми веществами можно представить как постоянно идущий распад, доходящий до разных степеней и одновременно постоянно идущий синтез, начинающийся с любого этапа разложения.

Д.С. Орлов предложил кинетическую теорию гумификации, подчиняющуюся уравнению: $H = f(Q, I, t)$, где H — степень гумификации: Q — общий объем поступающих в почву растительных остатков; I — интенсивность их трансформации, зависящая от скоростей отдельных стадий процесса и пропорциональной биохимической активности почв; t — время воздействия почвы на поступившие остатки. Глубину гумификации можно связать с общим уровнем биохимической (или биологической) активности почв.

Теория фрагментарного обновления гумусовых веществ А.Д. Фокина основана на том, что продукты разложения органических веществ могут не формировать целиком гумусовую молекулу, а включаться путем конденсации сначала в периферические фрагменты уже сформированных молекул, а затем в циклические структуры.

Согласно этой теории, результатом биохимической трансформации растительных остатков и гумусовых веществ является формирование системы специфических (гумусовых) и неспецифических органических соединений, термодинамически наиболее устойчивых в данных условиях. При этом одно из наиболее общих свойств этой

системы — ее динамичность. Внутригодичное изменение системы гумусовых веществ подчиняется определенной цикличности, которая приводит ее (систему) в одно и то же время к вполне определенному стабильному состоянию.

Анализируя характер гумификации, обычно в первую очередь отмечают интенсивность гумусообразования, содержание в гумусе азота, соотношение гуминовых и фульвокислот, ненасыщенность и насыщенность гумуса щелочными, щелочноземельными элементами и железо-алюминиевыми комплексами.

Гуминовые кислоты (ГК) идентифицируются своей нерастворимостью в кислотах и легкой растворимостью в растворах щелочей, из которых они осаждаются при подкислении. ГК имеют интенсивный бурый (бурые лесные почвы) или черный (черноземы, дерновые почвы) цвет, который и придает почвам темную окраску даже при невысоком содержании гумуса. В сухом состоянии ГК нерастворимы в воде. Однако свежеосажденные, только что образованные ГК медленно растворяются в воде. Эта способность играет важную роль в передвижении гумуса в черноземах и в формировании мощного гумусового профиля в почвах под травянистыми биоценозами.

ГК интенсивно поглощают кальций и выпадают в осадок в виде гуматов кальция. Эта соль устойчива к растворению и имеет нейтральную реакцию. Поэтому такой большой стабильностью и характеризуются гумусовые профили черноземов. Вместе с тем ГК активно взаимодействуют с катионами железа и алюминия, образуя устойчивые комплексные соединения. Эти соединения обладают кислой реакцией, так как не все кислотные группы связываются с полуторными окислами. Органоминеральные комплексы ГК устойчивы к микробиологическому разложению и это способствует накоплению гумуса в почвах. Ненасыщенные фракции ГК способны разлагать минералы, но ненасыщенность этих веществ — явление редкое в природе. С минералами монтмориллонитовой группы ГК образуют прочные комплексы черного цвета, придающие антрацитовый цвет большой группе слитоземов, хотя общее количество гумуса в этих почвах очень невелико.

Емкость обмена для ГК составляет 400—500 м.-экв. на 100 г сухого вещества, при этом главным обменным катионом является кальций. При насыщении ГК обменным натрием образуются золи гуматов натрия, интенсивно подвижные в таких почвах, как солонцы.

Фульвокислоты (ФК) гумуса отличаются растворимостью в кислотах и щелочах, а также частично в воде. ФК, растворясь в воде, могут давать очень концентрированные кислые растворы. Их цвет — от соломенно-желтого до оранжевого.

Значительна поглотительная способность ФК. Их катионная емкость обмена составляет 600—800 м.- экв. на 100г сухого вещества ФК.

С катионами калия, натрия, аммония, кальция и магния ФК образуют водорастворимые соли. В зависимости от условий с полуторными окислами ФК образуют соединения, которые или находятся в растворе, или выпадают в осадок. Чем больше на единицу полуторных окислов приходится ФК и чем больше разбавлен раствор, тем больше подвижность соединений. Такие условия наблюдаются в верхней части подзолистых почв в элювиальном горизонте A_2. При возрастании концентрации и при значительном преобладании в растворах соединений железа и алюминия наблюдается осаждение компонентов. Это характерно для иллювиальных горизонтов почв.

ФК в ненасыщенном состоянии отличаются значительной агрессивностью по отношению к силикатной и алюмосиликатной частям почв, разрушая минералы химически. С этим свойством связано их активное участие в подзолообразовательном процессе. При нейтрализации фульвокислот двухвалентными и трехвалентными катионами, что характерно для буроземообразования, их агрессивность резко падает, и подзолистые явления не проявляются.

Гумины — самая устойчивая часть гумусовых веществ, не извлекаемая из почв щелочными растворами даже при нагревании. Для них характерна прочная связь с минеральной частью почвы. Вернее говорить не об органических соединениях, а об особых органоминеральных комплексах, вероятно, практически не поддающихся процессам микробиологической минерализации и имеющих длительную сохранность в почвах и постпочвенных образованиях (четвертичные глины и суглинки).

Географические закономерности гумусообразования впервые разработаны И.В. Тюриным. Мощность гумусового горизонта, содержание и запасы гумуса имеют зональный характер распределения. Максимальное гумусонакопление проявляется в типичных черноземах лесостепи. К северу и югу показатели гумусового состояния снижаются.

1.5.3. Экологическое значение органических веществ почвы

Органические вещества почвы многообразны по своей роли в формировании почвенного плодородия, в росте и развитии растений. Постоянная динамика гумуса, ежегодный синтез органического вещества, процессы его разложения и трансформации, связывание в гумусе элементов питания, их консервации, наоборот, непрерывное их высвобождение и поступление в почвенные растворы — все это отдельные черты сложной и многообразной жизни гумусовых веществ почвы.

Гумус — понятие не только химическое и биологическое, но и экологическое. Гумусовые горизонты формируются как результат непрерывной смены поколений растений. В то же время гумусовые горизонты — необходимая основа и средство получения растениями элементов питания и создания оптимальной экологической обстановки в почвенном профиле. Различные сообщества растений, например травянистые и деревянистые, резко отличаются по требованиям к условиям внешней среды. Резко различны и условия гумификации, определяющие экологический оптимум для этих растений. Лесная подстилка (горизонт A_0), промывной водный режим, фульватный тип гумуса — такова экологическая основа существования леса. А для трав — гумификация по гуминовому типу, формирование темноокрашенной гумусовой толщи, аккумуляция в ней элементов питания, — и все это в условиях относительного недостатка влаги.

Следовательно, в процессе эволюции жизни при почвообразовании возникло сложное и целесообразное единство растений и почвенных условий, а в более узком смысле — растений и гумуса, с которыми неразрывно связаны многие свойства и явления в почвах.

Природно-экологическая значимость органического вещества почв определяется следующим:

1. *Минерализация органических веществ — первостепенный источник поступления в почвы доступных растениям элементов-биофилов* в концентрациях, близких к экологическим потребностям организмов. При минерализации сложные органические соединения при участии различных групп микроорганизмов превращаются в простые химические вещества — воду, углекислый газ, соли различных

анионов и катионов. В процессе минерализации участвует большая часть органических остатков: до 80–90%. Продукты минерализации попадают в почвенные растворы и в значительной степени становятся объектом питания растений, т. е. вновь включаются в биологический круговорот. Минерализации подвергаются и гумусовые вещества, но значительно медленнее, что обеспечивает регулярность и стабильность минерального азотного и фосфорного питания живых организмов почвы.

2. *Гумусовые вещества почв следует рассматривать как консервант солнечной энергии,* которая была накоплена благодаря процессам фотосинтеза зелеными растениями в бесчисленном множестве неспецифических органических соединений, а затем трансформирована в вещества почвенного гумуса. Постепенное ее высвобождение осуществляет энергетическое обеспечение многих почвенных процессов, включая плодородие почв. Следовательно, почвенный гумус имеет конкретную калорийную энергетическую значимость.

3. *Гумусовые вещества обладают физиологической активностью.* Фульвокислоты и гумат натрия, выделенные из разных почв, действуют неодинаково. Стимулирующая роль гуматов широко используется в практике выращивания черенков-саженцев кустарниковых культур. В присутствии гуматов они намного быстрее дают рост корней. Гуминовые удобрения уже давно имеют спрос у огородников и садоводов, обеспечивая коммерческий успех фирмам, их производящим.

Однако характерна неодинаковая требовательность различных растений к гуматам (табл. 9).

Таблица 9

Группы сельскохозяйственных растений по реакции на гуминовые кислоты (Христева, 1953)

Уровень реакции	Растения
Очень сильно реагирующие	Томаты, картофель, свекла
Хорошо реагирующие	Пшеница, ячмень, овес, просо, кукуруза, рис, житняк, люцерна
Слабореагирующие	Горох, фасоль, чечевица, арахис, хлопчатник, кунжут
Почти не реагирующие	Подсолнечник, клещевина, кенаф, тыква

4. *Гумус оптимизирует физическое состояние почв.* При оценке экологической роли гумуса всегда подчеркивается его положительное значение в связи с образованием агрономически ценной структуры, которая в конечном итоге создает для растений благоприятные водно-воздушные свойства. Главную структурообразующую роль выполняют гуматы кальция и железа. Это очень водоустойчивые структурообразователи с высокими клеящими свойствами. Они обеспечивают формирование в почвах зернистой и пористой структуры, устойчивой к разрушающему действию воды.

Гумусовые вещества оптимизируют для растений многие физические характеристики почвы. Чем выше содержание в почвах органических веществ, тем шире диапазон физической спелости, т. е. почвы могут обрабатываться в более широком интервале влажности. Многогумусные почвы легко обрабатываются, менее податливы к уплотнению. Никогда не встречаются слитые почвы с высоким содержанием органического вещества.

Почвенный гумус отличается типичными характеристиками гидрофильных коллоидов. Он увеличивает водоудерживающую способность почв, так как способен поглощать значительное количество воды.

5. *Гумусовое состояние почв — важнейший показатель количественной оценки плодородия.* Это вызвано тем, что гумус выступает как интегральный показатель плодородия, объединяющий в себе ряд свойств почв. С гумусовыми веществами связаны многие условия жизни растений, которые отражаются в свойствах почвенного профиля: мощность и богатство гумусового профиля, пригодность к сельскохозяйственному использованию, реакция среды, физическое состояние почвенной массы, ее биохимическая активность и т. д. Поэтому, оценивая гумус почв, мы оцениваем сразу многие почвенные характеристики. Разный качественно-количественный состав органического вещества характеризует гумусовое состояние почвы (табл. 10).

В.В. Докучаев писал, что мощность и особенно содержание перегноя в почвах является выражением общего комплекса всех почвообразователей, в том числе и подпочвы. Единство этих показателей подтверждается их высокой связью с урожайностью, наблюдаемой для разных почв. Мощность гумусовых горизонтов и их гумус вернее рассматривать в едином целом, неразрывно связывающим их

Таблица 10

Характеристика гумусного состояния почв (Гришина, Орлов, 1978)

Показатели	Уровень, характер проявления	Градации показателя
Мощность подстилки (для лесных почв), см	очень мощная мощная средней мощности маломощная	>10 5–10 2–5 <5
Отношение запасов органического вещества в подстилке и в минеральном профиле	Распределение: эктоморфное мезоморфное эндоморфное	>1 Около 1 <1
Содержание гумуса в гумусовых (поверхностных) горизонтах, %	Очень высокое Высокое Среднее Низкое Очень низкое	>10 6–10 4–6 2–4 <2
Запас гумуса в слое 0–100 см, т/га	Очень высокий Высокий Средний Низкий Очень низкий	>200 (>600) 150–200 (400–600) 100–150 (200–400) 50–100 (100–200) <50 (<100)
Профильное распределение гумуса в почвенной толще	Резко убывающее Постепенно убывающее Равномерное Нарастающее Бимодальное	— — — — —
Обогащенность гумуса азотом, по отношению C:N	Очень высокая Высокая Средняя Низкая Очень низкая	<5 5–8 8–11 11–14 >14
Степень гумификации органического вещества, $(C_{гк}:C_{общ})\cdot 100\%$	Очень высокая Высокая Средняя Слабая Очень слабая	>40 30–40 20–30 10–20 <10

Окончание табл. 10

Тип гумуса, $C_{гк}:C_{фк}$	Гуматный	>2
	Фульватно-гуматный	1–2
	Гуматно-фульватный	0,5–1
	Фульватный	<0,5
Содержание «свободных» гуминовых кислот, % к сумме ГК	Очень высокое	>80
	Высокое	60–80
	Среднее	40–60
	Низкое	20–40
	Очень низкое	<20
Содержание гуминовых кислот, связанных с Ca^{2+}, % к сумме ГК	Очень высокое	>80
	Высокое	60–80
	Среднее	40–60
	Низкое	20–40
	Очень низкое	<20
Содержание прочносвязанных гуминовых кислот, % к сумме ГК	Высокое	>20
	Среднее	10–20
	Низкое	<10
Оптическая плотность гуминовых кислот, $E_{465}^{0,001\%ГК}$	Очень высокая	>0,20
	Высокая	0,10–0,20
	Средняя	0,06–0,10
	Низкая	0,03–0,06
	Очень низкая	<0,03

друг с другом. Величина А+АВ представляет объем основной корнеобитаемой массы почвы, в которой происходит гумусонакопление. Содержание и запасы гумуса отражают качественные свойства корнеобитаемого слоя. В целом же мощность гумусовых горизонтов и запасы в них гумуса составляют количественное и качественное единство, характеризующее плодородие почвы.

6. *Влияние гумусового содержания на плодородие почв неоднозначно.* Не для всех растений соблюдается закономерность: большее содержание гумуса отвечает высокому уровню плодородия. Некоторые культуры безразличны к гумусовому содержанию почвы. Это картофель, гречиха, арбуз. Они прекрасно произрастают как на многогумусных почвах, так и на низкогумусных. А у виноградной лозы и табака на почвах с высоким содержанием органического вещества резко снижается качество урожая. Виноградники на

почвах, богатых гумусом, дают продукцию с высокой кислотностью и низкой сахаристостью, а табак неудовлетворительно ароматизирован. Богатые почвы обычно считаются неудовлетворительными для этих растений.

Экологический оптимум содержания гумуса в почвах для разных растений варьирует (табл. 11).

Таблица 11

Группировка сельскохозяйственных растений по отношению к содержанию органического вещества в почвах

Очень требовательные	Требовательные	Умеренно требовательные	Малотребовательные	Безразличные	Богатство гумусом снижает качество продукции
Зерновые культуры					
	Пшеница, ячмень, кукуруза	Овес, просо, рис	Рожь, сорго	Гречиха	Гречиха
Зерновые бобовые культуры					
Горох	Горох, подсолнечник, клещевина, арахис	Фасоль, арахис	Соя, нут		
Сахароносные и крахмалоносные культуры					
	Сахарная свекла, картофель	Картофель	Сахарный тростник, батат, ямс		
Прядильные культуры					
Конопля		Лен	Хлопчатник, лен	Хлопчатник	
Бахчевые культуры					
		Дыня, тыква	Дыня, тыква	Арбуз	
Табак, махорка					
Махорка	Махорка				Табак

Окончание табл. 11

Кормовые культуры					
		Вика, костер безостый, суданская трава	Лядвенец рогатый, вика, тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа сборная, костер безостый, суданская трава, люцерна, клевер, эспарцет, донник	Лядвенец рогатый, тимофеевка луговая, овсяница луговая, житняк, ежа сборная, люцерна, клевер, эспарцет, донник	
Орехоплодные культуры					
		Грецкий орех	Грецкий орех, фундук	Фундук	
Виноград, чай, субтропические плодовые					
		Апельсин, мандарин, инжир, хурма	Виноград, чай, апельсин, мандарин, гранат		Виноград, чай
Овощные культуры					
Томат, огурец, морковь	Томат, огурец, морковь, салат, свекла, пастернак, петрушка				
Плодовые культуры					
		Яблоня, груша, черешня, слива, вишня, абрикос, айва	Абрикос, айва		

1.6. ВОДА В ПОЧВЕ

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.

Наземные растения системой своих побегов постоянно расходуют воду на испарение и транспирацию. Эта вода извлекается корнями растений из почвы. Растения потребляют значительное количество воды на жизненные процессы, рост, образование тканей. Физиологи определяют расход воды транспирационными коэффициентами, которые представляют количество воды в граммах, необходимое на синтез 1 г сухого вещества. Эти коэффициенты неодинаковы для различных растений (табл. 12). Для сельскохозяйственных растений они изменяются в пределах 300–700, но иногда могут опускаться до 100 и возрастать до 2000.

Таблица 12

Средний расход воды на образование 1 г сухого вещества

Растения	Расход, г	Растения	Расход, г
Рис	680	Клевер	640
Рожь	630	Картофель	640
Овес	580	Подсолнечник	600
Пшеница	540	Арбуз	580
Ячмень	520	Хлопчатник	570
Люцерна	840	Кукуруза	370
Фасоль	700	Просо	300

Расход воды на транспирацию зависит от обеспеченности растения питательными веществами, агрофизического состояния почвы, влажности воздуха и содержания воды в почве. Практически единственный источник снабжения растений водой — почвенная влага.

Закономерности состояния и поведения влаги в почве изучали многие исследователи: А.А. Измаильский, Г.Н. Высоцкий, А.Ф. Лебедев, А.Г. Дояренко, С.И. Долгов, Н.А. Качинский, А.А. Роде и др.

1.6.1. Формы состояния почвенной влаги

Вода в почве имеет разные физические свойства в зависимости от взаимного расположения и взаимодействия молекул воды между собой и с другими фазами почвы (твердой, газовой, жидкой). Части воды, обладающие одинаковыми свойствами, получили название ***форм почвенной воды.***

Твердая вода (лед) является одним из источников жидкой и парообразной воды. Появление воды в форме льда зависит от климатических условий и может иметь сезонный или многолетний характер. Чаще всего многолетняя влага приурочена к вечной мерзлоте.

Химически связанная вода включает конституционную и кристаллизационную влагу.

Конституционная вода входит в состав минералов ($Al(OH)_3$, $Fe(OH)_3$, глинистых и др.), органических и органо-минеральных соединений в виде групп OH. ***Кристаллизационная*** вода содержится в кристаллогидратах различных солей: гипс — $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, мирабилит — $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, битофит — $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, гидрофилит — $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ и т. д.

Парообразная вода содержится в почвенном воздухе в виде водяного пара. Почвенный воздух практически всегда близок к насыщению парами воды и незначительное понижение температуры приводит к конденсации влаги. Система «парообразная вода — жидкая вода» постоянно находится в движении, пары воды передвигаются в почвах и грунтах от участков с более высокой температурой к более холодным участкам. Во многих случаях переход парообразной воды в жидкую становится важнейшим источником снабжения растений. Это характерно, например, для заасфальтированных городских улиц и площадей с древесными растениями. В условиях умеренного климата типична следующая закономерность: в теплые периоды года парообразная вода атмосферы мигрирует в холодные слои почв и почвообразующих пород с возможной ее конденсацией и, наоборот, в зимнее время происходит обратный процесс — миграция пара из глубоких слоев и его конденсация в верхних почвенных горизонтах. По исследованиям С.Ф. Неговелова, в Краснодарском крае в отдельные годы накопление в почвенных слоях конденсационной воды к началу весны может достигать 200 $м^3$ на 1 га.

Физически связанная (сорбированная) вода представлена двумя формами: прочносвязанная и рыхлосвязанная влага.

Физически прочносвязанная (гигроскопическая) вода адсорбируется из водяных паров почвенного воздуха твердыми частицами почвы, главным образом, илистой фракцией. Она прочно удерживается силами электростатического притяжения и для растений недоступна. Содержание этой воды в почвах зависит от механического состава. В глинистых почвах количество гигроскопической воды достигает 5–6%, а в песчаных и супесчаных ее содержание не превышает 1–2% от массы почвы.

Физически рыхлосвязанная (пленочная) вода представляет собой многомолекулярную пленку вокруг почвенных частиц, в углах их стыка и внутри тончайших пор. Эта вода находится как бы в вязкожидкой форме и ограниченно доступна для растений. Осмотическое давление внутриклеточного сока позволяет корневым волоскам всасывать пленочную воду. Но подвижность этой влаги крайне низкая, и поэтому растения расходуют запас влаги быстрее, чем он восстанавливается. При снижении влажности почвы до уровня рыхлосвязанной воды растения начинают увядать и не в состоянии синтезировать органическое вещество.

Свободная вода наблюдается в двух формах: капиллярная и гравитационная.

Капиллярная вода находится в капиллярах или на стыках (точках соприкосновения) почвенных частиц. Удерживается в почве силами менискового сцепления. Это основная форма влаги, используемая растениями. Она может находиться в разобщенном, или неподвижном, состоянии (влага разрыва капилляров) или в капиллярно-подвижном, когда все капилляры заполнены. Капиллярная влага является продуктивной формой влаги в почвах. Она подразделяется на капиллярно-подвешенную и капиллярно-подпертую, др.

Капиллярно-подвешенная вода заполняет капиллярные поры при увлажнении почв сверху (после дождя или полива). При этом под промоченным слоем всегда имеется сухой, т. е. гидростатическая связь увлажненного горизонта с постоянным или временным горизонтом подпочвенных вод отсутствует. Вода, находящаяся в промоченном слое, как бы «висит», не стекая, в почвенной толще над сухим слоем. Поэтому она и получила название подвешенной.

Капиллярно-подпертая вода образуется в почвах при подъеме воды снизу от горизонта грунтовых вод по капиллярам на некоторую высоту, т. е. это вода, которая содержится в слое почвы непосредственно над водоносным горизонтом и гидравлически с ним связана — подпирается водами этого горизонта. Капиллярно-подпертая вода встречается в почвенно-грунтовой толще любого гранулометрического состава. Слой почвы или грунта, содержащий капиллярно-подпертую воду непосредственно над водоносным горизонтом, называют ***капиллярной каймой***. В почвах тяжелого механического состава она обычно больше (от 2 до 6 м), чем в почвах песчаных (40—60 см). Содержание воды в кайме уменьшается снизу вверх. Изменение влажности в песчаных почвах при этом происходит более резко. Мощность капиллярной каймы при равновесном состоянии воды в ней характеризует водоподъемную способность почвы. Выход капиллярной каймы на поверхность или в активно испаряющие почвенные горизонты в условиях сухого климата приводит к накоплению легкорастворимых солей.

Гравитационная вода — свободная форма воды в почве, передвигающаяся под действием сил тяжести. Занимает крупные поры в почве. Принимает участие в формировании уровня грунтовых вод. Гравитационная вода — явление временное. Длительное ее присутствие в почве вызывает процесс заболачивания.

Гравитационную воду делят на ***просачивающуюся гравитационную*** и воду водоносных горизонтов (***подпертая гравитационная вода***).

1.6.2. Почвенно-гидрологические константы

Перечисленные формы влаги не являются постоянными по количественному содержанию воды и изменяются в зависимости от уровня влажности почвы. В практике для оценки почв и для почвенно-гидрологических расчетов пользуются константными категориями, постоянными для каждой почвы и ее горизонтов.

Почвенно-гидрологическими константами *называют граничные значения влажности, при которых количественные изменения в подвижности и свойствах воды переходят в качественные.*

Максимальная гигроскопичность (МГ) — максимально возможное содержание в почве гигроскопической воды. Соответствует

уровню влажности, когда почва полностью насыщена из атмосферы с относительной влажностью воздуха 94–99%. Глинистые почвы характеризуются величинами МГ 12–20%, суглинистые – 6–12%, легкие почвы – менее 6% от веса. Вода в состоянии максимальной гигроскопичности недоступна растениям. Это «мертвый запас влаги».

Влажность завядания растений (ВЗ) или коэффициент завядания – уровень влажности в почве, при котором начинается устойчивое завядание растений.

Влажность разрыва капилляров (ВРК). Капиллярно-подвешенная вода при испарении передвигается в жидкой форме к испаряющей поверхности в пределах всей промоченной толщи по капиллярам, сплошь заполненным водой. Но при определенном снижении влажности, характерном для каждой почвы, восходящее передвижение этой воды прекращается или резко затормаживается. Потеря способности к такому передвижению объясняется тем, что в почве при испарении исчезает сплошность заполнения капилляров водой, т. е. в ней не остается систем пор, сплошь заполненных влагой и пронизывающих промоченную часть почвенной толщи. Эта критическая величина влажности названа влажностью разрыва капиллярной связи (ВРК). При этом вода неподвижна, но физиологически доступна растениям.

ВРК называют также ***критической влажностью***, так как при влажности ниже ВРК рост растений замедляется и их продуктивность снижается. В почвах и грунтах эта величина варьирует довольно сильно, составляя в среднем около 50–60% от наименьшей влагоемкости почв. На содержание воды, соответствующей ВРК, помимо гранулометрического состава почв, существенное влияние оказывает их структурное состояние. В бесструктурных почвах запасы воды расходуются на испарение значительно быстрее, чем в почвах с агрономически ценной структурой. Поэтому в них влажность будет быстрее достигать ВРК, т. е. обеспеченность влагой растений снижаться будет быстрее.

Наименьшая или полевая влагоемкость (НВ) – максимально возможное количество влаги в почве, которое остается в ней после оттока гравитационной воды. При глубоком залегании грунтовых вод НВ – это максимально возможное содержание капиллярно-подвешен-

ной влаги. Полевая влагоемкость изменяется в различных почвах в довольно широких пределах: от 5 до 10% от массы у легких почв, до 55% от у некоторых тяжелых почв. Полевую влагоемкость не следует путать с полевой влажностью, которая представляет количество воды в почве определяемое в конкретный момент.

Полная влагоемкость (ПВ) — это влажность, при которой все поры почвы заполнены водой, т. е. полная водовместимость почвы.

Анализ гидрологических констант позволяет оценивать количественно запасы продуктивной влаги в почвах. Обычно это вода, находящаяся в пределах двух констант — от ВЗ до НВ.

Влажность почвы, ее влагоемкость и константы выражают в процентах от массы почвы, или в процентах от объема, что удобно сопоставлять с объемом почвенных пор, учитывая, что плотность воды равна единице. Выражается влагоемкость также в кубических метрах на гектар. В данном случае ее удобно сопоставлять с нормами орошения. Кроме того, количество воды в почвах часто рассчитывают в мм, что дает возможность сравнивать количество почвенной влаги с атмосферными осадками и объемом воды на определенной площади (1 мм равен 10 $м^3$ воды на 1 га).

Важной характеристикой водных свойств почвы является ее водопроницаемость. ***Водопроницаемость*** — способность почвы воспринимать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости — впитывание и фильтрацию. Если поры почвы лишь частично заполнены водой, то при поступлении воды наблюдается ее впитывание в толщу почвогрунта; когда почвенные поры полностью насыщены водой, происходит фильтрация воды, т. е. движение в условиях сплошного потока жидкости.

В природе чаще наблюдается движение влаги при неполном насыщении пор водой. Фильтрация может проявиться лишь при выпадении большого количества осадков, бурном снеготаянии или при орошении большими нормами.

Водопроницаемость зависит от пористости почв, их гранулометрического состава, структурного состояния. Пески быстро фильтруют воду, а глины медленно. Структурный глинистый чернозем хорошо водопроницаем, а глыбистый бесструктурный солонец практически является водоупором.

Н.А. Качинским предложена градация почв по водопроницаемости. Если почва пропускает за час 1000 мм воды, водопроницаемость

считается провальной, от 1000 до 500 мм — излишне высокой, от 500 до 100 — наилучшей, от 100 до 70 — хорошей, от 70 до 30 — удовлетворительной, менее 30 мм — неудовлетворительной.

Очень удобно сравнивать водопроницаемость почвы с интенсивностью дождя (табл. 13).

Таблица 13

Оценка водопроницаемости почв по интенсивности дождя (Долгов, Житкова)

Коэффициент впитывания воды, мм/мин	Оценка дождя	Качественная оценка водопроницаемости почвы
Свыше 2,0	Сильные ливни	Очень высокая
Свыше 0,5	Ливни	Высокая
От 0,5 до 0,1	Сильные дожди	Повышенная
От 0,1 до 0,02	Умеренные дожди	Средняя
От 0,02 до 0,005	Легкие дожди	Пониженная
Меньше 0,005	Моросящие дожди	Низкая
Меньше 0,001	—	Очень низкая

1.6.3. Экологическое значение почвенной воды

Растения чувствительны как к недостатку влаги в почвах, так и к ее избытку. При недостатке влаги падает тургурное давление клеток, теряется их эластичность, резко снижается динамика всех биохимических процессов, сокращается поглощение углекислоты через устьица, в биомассе накапливаются вещества-ингибиторы — все это приводит к падению биологической продуктивности или к полной гибели растений.

При избытке влаги у растений нарушается кислородный обмен растения, а в почвах накапливаются ядовитые закисные соединения. Для большинства сельскохозяйственных растений содержание воздуха в почве, обеспечивающее хорошие условия для роста и развития, а также надлежащий газообмен между почвой и атмосферой, равно 20—40% от порозности. Это обеспечивается уров-

нем влажности почвы, равной 60–80% от наименьшей (полевой) влагоемкости.

Растения по-разному приспосабливаются к недостатку или избытку влаги в почвах. При недостатке воды засухоустойчивые растения имеют повышенную сосущую силу корней, а также развивают мощную глубокопроникающую корневую систему. Уменьшение потери воды происходит благодаря закрытию устьиц, кутикулярной защите и уменьшению транспирирующей поверхности. Многие растения обладают способностью запасать воду.

А.А. Роде отмечал, что содержащаяся в почвах продуктивная влага в пределах от НВ до ВЗ неравноценна для растений в отношении ее доступности и эффективности для их роста и развития. Наибольшей доступностью отличается вода, находящаяся в пределах от наименьшей влагоемкости до влажности разрыва капилляров. Этот интервал для большинства растений характеризуется оптимальными условиями водообеспеченности. От влажности разрыва капилляров до влажности завядания наблюдается замедление роста. Интересна и другая экологическая особенность оптимума влажности: чем выше влажность почвы, тем меньше воды надо для создания органического вещества. При низкой влажности больше воды расходуется на создание биомассы, чем при высокой влажности. При ВЗ эффективность использования влаги равна нулю, т. к. она вся расходуется на транспирацию.

Общая оценка доступности различных форм воды для растений показана в табл. 14.

Растения, приспособленные к избытку влаги, могут образовывать внутренние воздухоносные ткани в корнях (кукуруза, рис). Приспособление к плохой аэрации заключается в развитии неглубокой корневой системы в верхнем слое почвы, который лучше снабжается воздухом.

Важнейшей экологической характеристикой почвы является влажность устойчивого завядания или влажность завядания (ВЗ). Она характеризуется коэффициентом завядания. Его величина зависит от количества в почвах коллоидов и глинистых минералов. Почвы, богатые гумусом и тяжелые по механическому составу, отличаются более высокими значениями влажности, при которых растения начинают завядать, чем почвы песчаные и супесчаные (табл. 15).

Таблица 14

Формы воды в почвах, их доступность и способ перемещения к корням (Неговелов, Вальков)

Доступность воды растениям	Подвижность и способ передвижения к корням
Продуктивная влага	
От полной влагоемкости (ПВ) до наименьшей влагоемкости (НВ)	
Легкодоступная гравитационная и избыточная при недостатке воздуха	Передвигается к корням свободно в жидком виде, может вытекать из почвы под влиянием силы тяжести
От наименьшей влагоемкости (НВ) до влажности разрыва капилляров (ВРК)	
Среднедоступная почвенная влага	Среднеподвижная, не течет, прочно удерживается почвой. Поступает к корням в основном по капиллярам и пленкам в жидком виде, может и в виде пара
От влажности разрыва капилляров (ВРК) до влажности завядания (ВЗ)	
Труднодоступная почвенная влага	Трудноподвижная, поступает к корням в форме пара, возможен и пленочный механизм передвижения воды
Непродуктивная влага	
От влажности завядания (ВЗ) до максимальной гигроскопичности (МГ)	
Недоступная или труднодоступная почвенная влага	Слабоподвижная, передвигается только в виде пара, частично поглощается корнями с большой сосущей силой
От максимальной гигроскопичности (МГ) до воды, связанной в кристаллических решетках минералов	
Недоступная растениям влага	Малоподвижная в виде пара и неподвижная влага

Таблица 15

Влажность устойчивого завядания для различных почв и растений

Растения	Влажность завядания, % от массы почвы	
	Чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый	Подзолистая супесчаная почва
Огурцы	16,50	3,87
Лен	15,16	4,08
Пшеница	14,20	2,52
Солерос	14,13	3,98

Для почвоведения характерны такие парадоксы: сухая почва, находящаяся в комнате, содержит влагу. Например, в образце чернозема весом 1 кг количество воды достигает 50–60 г (5–6% гигроскопической воды). Ее можно определить высушиванием в термостате. А влажная почва слитого чернозема, содержащая в 1 кг 200 г воды, физиологически является сухой, так как эта вода прочно связана и недоступно для растений.

Различные растения начинают завядать при различной влажности, т. е. влажность завядания зависит не только от свойств почвы, но и от вида растений. Всасывающая способность корней определяет уровень нижней границы доступной влаги. Растения-ксерофиты начинают завядать при более низких значениях влажности почвы.

Плодовые растения дополнительно поглощали из суглинистой и глинистой почвы 16–24%, а из песчаной – 40% того запаса, при котором устойчиво увядали все листья подсолнечника.

Засухоустойчивые растения позволяют возделывать их при весьма ограниченных запасах почвенной влаги. Например, виноград проявляет признаки массового завядания только при влажности, соответствующей максимальной гигроскопичности.

Влажность завядания зависит от плотности почвы. При уплотнении почвенного профиля резко сокращается содержание водо- и воздухопроводящих пор, в которые могли бы проникать корни растений. В то же время увеличивается количество мелких неактивных пор, содержащих непродуктивную влагу, удерживаемую почвой с давлением более 16 атмосфер. В связи с этим влажность завядания неодинакова на рыхлых и плотных почвах. При плотности 1,50–1,55 г/см^3 ВЗ на 28–30% больше, по сравнению с плотностью 1,11–1,44 г/см^3.

Влажность завядания служит нижней границей продуктивной влаги. Ее определяют непосредственно, фиксируя влажность почвы, при которой растения начинают завядать. Используются также величины максимальной гигроскопичности:

$$ВЗ = к \times МГ,$$

где МГ – максимальная гигроскопичность; к – коэффициент завядания, зависящий от растения и типа почвы. В среднем к = 1,50 для тяжелых почв и 1,25 – для легких.

Неодинаковое отношение растений к влажности завядания иллюстрирует табл. 16.

Избыток влаги в почвах, когда влажность превышает НВ, так же неблагоприятен для растений, как и недостаток влаги. В затопленных почвах не содержится воздух. Растворенный в воде кислород, поступающий из атмосферы, быстро потребляется верхним и очень тонким слоем почвы. В самой же почве образуются метан, сероводород, углекислый газ и другие ядовитые для растений соединения. Растения до некоторой степени могут приспосабливаться к недостатку кислорода.

Таблица 16

Коэффициенты завядания различных сельскохозяйственных культур, к

1,0–1,2	1,2–1,4	1,4–1,6	1,6–1,8
Виноград	Сорго	Груша	Подсолнечник
Маш	Яблоня лесная	Вишня	Смородина
Сорго	Яблоня	Черешня	Чай
	Айва	Слива	Огурцы
	Суданская трава	Алыча	Картофель
	Донник	Лен	Овес
	Люцерна	Пшеница	Кукуруза
	Житняк	Ячмень	Гречиха
		Просо	Соя
			Мята перечная

Водные и воздушные свойства почвы тесно связаны с ее плотностью и механическим составом. При тяжелом механическом составе и повышенной плотности объем воздуха в почве резко сокращается за счет увеличения количества труднодоступной растениям влаги.

Неодинакова длительность выживания различных растений в условиях переувлажнения или затопления. В табл. 17 отражена устойчивость различных растений к затоплению.

Экологический оптимум влажности почвы для нормального роста и развития неодинаков у разных групп растений. Например, для чайного куста оптимальная влажность составляет 80–90% от НВ. При влажности менее 80% начинается замедление роста. Оптимальная влажность для зерновых и корнеплодов составляет 55–70%, капусты и картофеля – 60–75 и для трав – 65–80% от полевой влагоемкости пойменных торфяных почв. А маш для оптимального роста требует только 50% от НВ. Обобщающие данные по оптимальной влажности для различных растений приведены в табл. 18.

Таблица 17

Относительная устойчивость растений к затоплению

Неустойчивые	Слабоустойчивые	Устойчивые
Люцерна	Яблоня	Канареечник
Фасоль	Костер	Овсяница высокая
Клевер	Хлопчатник	Груша
Донник белый	Овсяница луговая	Рис
Овес	Ежа сборная	Клевер гибридный
Персик	Слива	
Картофель	Рожь	
Томат	Пшеница	

Таблица 18

Оптимум влажности почвы для различных растений

Содержание воды в почве, % от полевой влагоемкости				
Более 100	**100–80**	**80–70**	**70–60**	**Менее 60**
Рис	Мандарин Фейхоа Чай Мята перечная Огурцы	Картофель Гречиха Смородина Горох Капуста Клевер Овес Кукуруза Соя Конопля	Свекла Люцерна Пшеница Рожь Ячмень Хлопчатник Подсолнеч- ник Виноград	Тамарикс Люцерна Маш

1.7. ГАЗОВАЯ ФАЗА ПОЧВ

Газовая фаза почв или почвенный воздух — это смесь газообразных веществ, занимающая поровые пространства почвы и находящаяся в свободном, водорастворенном или адсорбированном состоянии. Почвенный воздух формируется:

- путем заполнения поровых пространств воздухом из приземного слоя атмосферы;
- в результате диффузионных процессов, как следствие различия парциальных давлений отдельных газов почвенной газовой фазы и атмосферы;
- как продукт почвенных биохимических и химических процессов, включая дыхание почвенных организмов.

1.7.1. Формы почвенного воздуха

Газы почвенного воздуха находятся в нескольких физических состояниях: собственно почвенный воздух — свободный и защемленный, адсорбированные и растворенные газы.

Свободный почвенный воздух — это смесь газов и летучих органических соединений, свободно перемещающихся по системам почвенных поровых пространств, сообщающийся с воздухом атмосферы. Его объем в воздушно-сухой почве соответствует ее порозности. При увлажнении почвы количество воздуха уменьшается пропорционально насыщению влагой. При полной влагоемкости почвы газовая фаза присутствует только в растворенном состоянии.

Защемленный почвенный воздух — воздух, находящийся в порах, со всех сторон изолированных водными пробками. Чем более тонкодисперсна почвенная масса и компактней ее упаковка, тем большее количество защемленного воздуха она может иметь. В суглинистых почвах содержание защемленного воздуха достигает более 12% от общего объема почвы или более четвертой части всего ее порового пространства. Защемленный воздух неподвижен, практически не участвует в газообмене между почвой и атмосферой, существенно препятствует фильтрации воды в почве, может вызывать разруше-

ние почвенной структуры при колебаниях температуры, атмосферного давления, влажности.

Адсорбированный почвенный воздух — газы и летучие органические соединения, адсорбированные почвенными частицами на их поверхности. Чем более дисперсна почва, тем больше содержит она адсорбированных газов при данной температуре. Количество сорбированного воздуха также зависит от минералогического состава почв, от содержания органического вещества, влажности. Песок поглощает воздуха в 10 раз меньше, чем тяжелый суглинок, мелкодисперсный кварц сорбирует CO_2 в 100 раз меньше, чем гумус (табл. 19)

Таблица 19

Способность к поглощению почвенного воздуха и его компонентов частицами твердой фазы почвы, $см^3$/100 г при 20 °С (по Ковде)

Почвенная масса	Воздух	CO_2	NH_3
Кварцевый песок	0,75	12	145
Каолин	–	166	197
Гумус	–	1264	24228
Супесь	2,26	–	–
Легкий суглинок	4,93	–	–
Тяжелый суглинок	7,00	–	–
Чернозем	14,40	–	–

Растворенный воздух — газы, растворенные в почвенной воде. Растворенный воздух ограниченно участвует в аэрации почвы, так как диффузия газов в водной среде затруднена. Однако растворенные газы играют большую роль в обеспечении физиологических потребностей растений, микроорганизмов, почвенной фауны, а также в физико-химических и химических процессах в почвах.

Способность газов к растворению показана в табл. 20.

Таблица 20

Растворимость газов в воде, $см^3$/л

Газы	Температура, °С		
	5	20	30
Воздух	0,25	0,19	0,16
CO_2	14,24	8,78	6,65
O_2	0,43	0,31	0,26

Подчеркнем особую значимость растворенного в воде углекислого газа. При высокой растворимости CO_2 велика его роль в создании кислотности. в почвах при отсутствии карбонатов ($CaCO_3$ и др.) происходит подкисление среды:

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow 2H^+ + CO_3^{2-}.$$

В нейтральных и щелочных почвах CO_2, растворенный в воде, — главное условие миграции карбонатов.

1.7.2. Состав почвенного воздуха

Из всех компонентов почвы воздушная фаза — наиболее динамичная по объему и соотношению формирующих ее газов. Главные по массе — это N_2, O_2 и CO_2, а также вода. Примерное их содержание в сравнении с атмосферой (% от объема):

Газы	Атмосфера	Газовая фаза почвы
N_2	78	78–86
O_2	21	10–20
CO_2	0,03	0,1–15
H_2O относительная влажность	Менее 95	Более 95

Почвенный воздух имеет почти такое же количество азота, как и атмосфера Земли, кислорода обычно в два раза меньше, а двуокиси углерода — в десятки и сотни раз больше. Установлено, атмосфера Земли на 90% обеспечивается углекислым газом, т. е. основным источником углеродного питания растений, за счет его диффузии из почвенного воздуха. Вода, как неизменный компонент в почвенном воздухе всегда находится на грани конденсации и ее переход в капельно-жидкое состояние возможен при относительно небольших снижениях температур. Это часто служит источником свободной воды, например, в песках пустыни, в глубоких горизонтах черноземов при градиенте температур воздуха почвы в верхних слоях 30 ^{0}C, в нижних 10 ^{0}C. Общеизвестно зимняя конденсация H_2O в промерзающих слоях сельских и городских почв (появление мокрой почвы в крытых токах, увлажнение почв под асфальтом городских улиц и т. д.).

Высокую динамичность содержания в воздухе кислорода и диоксида углерода иллюстрирует табл. 21.

Таблица 21

Пределы изменения содержания O_2 и CO_2 в почвенном воздухе в течении года (по Зборищук)

Почва	O_2, %	CO_2, %
Иловато-болотная	11,9–19,4	1,1–8,0
Торфяно-глеевая	13,5–19,5	0,8–4,5
Дерново-подзолистая	18,9–20,4	0,2–1,0
Серая лесная	19,2–21,0	0,2–0,6
Чернозем обыкновенный	19,5–20,8	0,3–0,8
Чернозем южный	19,5–20,9	0,05–0,6
Каштановая	19,8–20,9	0,05–0,5
Серозем	20,1–21,0	0,05–0,3

В незначительных количествах в почвенном воздухе присутствуют такие компоненты, как N_2O, NO_2, CO, различные углеводороды (этилен, ацетилен, метан), сероводород, аммиак, эфиры и др. Происхождения микрогазов связывается с жизнедеятельностью организмов, особенно в анаэробных условиях. Болота часто выделяют самовозгорающиеся и психотропные газы. Обязательно присутствие инертных газов, в том числе и радиоактивных. Источником последних является распад радионуклидов минеральной части почвы. Естественная радиоактивность почвенного воздуха намного выше атмосферного.

1.7.3. Свойства воздушной фазы

Главные свойства воздушной фазы почв: воздухоемкость, воздухопроницаемость и высокая динамичность воздухообмена и химического состава.

Воздухоемкость — это та часть объема почвы, которая занята воздухом при данной влажности. Выделяют *полную,* или *потенциальную, воздухоемкость*, которая свойственна сухим почвам. Она соответствует пористости (порозности) почв и напрямую зависит от их плотности. *Актуальная воздухоемкость* — это содержание воздуха в

почве в каждый конкретный момент при том или ином уровне увлажнения. Таким образом, воздухосодержание (P_B) определяется:

$$P_B = P_{общ} - P_W,$$

где $P_{общ}$ — порозность почвы, P_W — влажность почвы. Все величины выражаются в процентах от объема.

Вода и воздух в почвах антагонисты: чем больше воды в почве, тем меньше воздуха. Оптимальная экологическая гармония для большинства растений — вода и воздух должны содержаться в равных по объему количествах, что соответствует влажности почвы 60% от НВ.

Воздухопроницаемость — способность почвы пропускать через себя воздух. Воздухопроницаемость — непременное условие газообмена между почвой и атмосферным воздухом. Чем она выше, тем лучше газообмен, тем больше в почвенном воздухе содержится кислорода и меньше углекислого газа. Воздух в почве передвигается по порам, не заполненным водой и не изолированным друг от друга. Чем крупнее поры аэрации, тем лучше воздухопроницаемость. В структурных почвах, где наряду с капиллярными порами имеется достаточное количество крупных некапиллярных пор, создаются наиболее благоприятные условия для воздухопроницаемости.

Динамика почвенного воздуха зависит от многих факторов. Постоянно протекающий процесс обмена почвенного воздуха с атмосферным называется аэрацией почвы.

При постоянной влажности почвы аэрация зависит от интенсивности диффузии и изменения температуры и барометрического давления.

Диффузия — перемещение газов в соответствии с их парциальным давлением. Поскольку в почвенном воздухе кислорода меньше, а углекислого газа больше, чем в атмосфере, то под влиянием диффузии создаются условия для непрерывного поступления кислорода в почву и выделения CO_2 в атмосферу.

Изменение температуры и барометрического давления также обусловливает газообмен, потому что происходит сжатие или расширение почвенного воздуха.

При известной значимости в аэрации почвы диффузии и физического изменения объема воздушной массы важным фактором аэрации следует признать постоянную изменяемость воздухоемкости почвы, а это в первую очередь связано с динамикой влажности. Увлажнение

почвы осадками или орошением, испарение воды, транспирация ее растениями — факторы постоянного газообмена почвы и атмосферы. С влажностью почвы также связано изменение поровых пространств при набухании и усадке твердой фазы почвы.

При аэрации почвы постоянна тенденция уравнивания вещественного состава воздуха почвы и атмосферы. Но равновесие всегда нарушается в сторону накопления продуктов жизнедеятельности организмов и тем в большей степени, чем выше биологическая активность. В связи с этим различают суточную и сезонную динамику почвенного воздуха.

Суточная динамика определяется суточным ходом атмосферного давления, температур, освещенности, изменениями скорости фотосинтеза. Эти параметры контролируют интенсивность диффузии, дыхания корней, микробиологической активности.

Суточные колебания состава почвенного воздуха затрагивают лишь верхнюю полуметровую толщу почвы. Амплитуда этих изменений для кислорода и диоксида углерода не велика. Наиболее существенно в течение суток изменяется интенсивность почвенного дыхания.

Сезонная (годовая) динамика определяется годовым ходом атмосферного давления, температур и осадков и тесно связанными с ними вегетационными ритмами развития растений и микробиологической деятельности. Годовой воздушный режим включает в себя динамику воздухозапасов, воздухопроницаемости, состава почвенного воздуха, растворения и сорбции газов, почвенного дыхания.

Сезонная динамика состава почвенного воздуха отражает биологические ритмы. Концентрация диоксида углерода имеет в верхней толще четко выраженный максимум в период наивысшей биологической активности. В это время происходит насыщение почвенной толщи углекислотой. По мере затухания биологической деятельности происходит отток CO_2 за пределы почвенного профиля. Динамика концентрации кислорода имеет обратную зависимость.

1.7.4. Экологическая значимость почвенного воздуха

Воздушная фаза — важная и наиболее мобильная составная часть почв, изменчивость которой отражает биологические и биохимические ритмы почвенных процессов. Количество и состав почвенного воздуха

оказывают существенное влияние на развитие и функционирование растений и микроорганизмов, на растворимость и миграцию химических соединений в почвенном профиле, на интенсивность и направленность почвенных процессов. Кроме того, почва является поглотителем, сорбирующим токсичные промышленные выбросы газов и очищающим атмосферу от техногенного загрязнения.

Воздействие ***кислорода*** на жизнь растений проявляется в актах дыхания. При недостатке O_2 дыхание ослабляется, что уменьшает метаболическую активность и в конечном итоге снижает урожай. Повышение аэрации почвы способствует лучшему развитию корней, более интенсивному поглощению питательных веществ растениями, усилению их роста и увеличению урожая при достаточном количестве почвенной воды. При отсутствии свободного кислорода в почве развитие растений прекращается. Оптимальные условия для них создаются при содержании кислорода в почвенном воздухе около 20%.

При недостатке O_2 в почве создается низкий окислительно-восстановительный потенциал, развиваются анаэробные процессы с образованием токсичных для растений соединений, снижается содержание доступных питательных веществ, ухудшаются физические свойства, что в совокупности снижает плодородие почвы.

Большая часть ***углекислого газа*** почвенного воздуха образуется в процессах работы макро- и микроорганизмов, причем около 30% за счет дыхания корней высших растений и около 65% — при разложении органических остатков микроорганизмами. Избыток углекислоты угнетает развитие корней и прорастание семян. Однако современная концентрация CO_2 в атмосферном воздухе не вполне достаточна для потенциальной возможности биологической продуктивности зеленого листа. Приземное повышение концентрации углекислого газа может увеличивать урожай зеленой массы, что практикуется в тепличных хозяйствах. Однако следует помнить, CO_2 в высоких концентрациях — быстродействующий яд, и при почвенных исследованиях разрезы, особенно в болотных почвах, должны быть хорошо проветриваемые, так как CO_2, являясь тяжелым газом воздуха, склонен к накоплению в понижениях.

Велика почвенно-химическая и геохимическая роль диоксида углерода. Вода, насыщенная CO_2, растворяет многие труднорастворимые соединения — кальцит $CaCO_3$, доломит $CaCO_3$ и $MgCO_3$, магнезит $MgCO_3$, сидерит $FeCO_3$. Это вызывает миграцию карбонатов в по-

чвенном профиле и в сопряженных геохимических ландшафтах. Вынос (выщелачивание) карбонатов под действием увеличивающейся концентрации CO_2 в почвенном воздухе и в почвенном растворе называется процессом декарбонизации, который обусловлен сдвигом равновесия влево:

$$Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow CaCO_3 + H_2O + CO_2.$$

Обратная картина этого явления — выпадение $CaCO_3$ в осадок и формирование в почвах горизонтов скопления карбонатных почвообразований (белоглазка, журавчики, карбонатная плесень).

Существует высокоинформативный показатель биологической активности почв, так называемое «дыхание почв», которое характеризуется скоростью выделения CO_2 за единицу времени с единицы поверхности. Интенсивность «дыхания почв» колеблется от 0,01 до 1,5 г/(на м^2 в час) и зависит не только от почвенных и погодных условий, но и от физиологических особенностей растительных и микробиологических ассоциаций, фенофазы, густоты растительного покрова. «Почвенное дыхание» характеризует биологическую активность экосистемы в каждый конкретный период времени. Сравнительный уровень плодородия почв, фиксируемый при определении «дыхания» по выделению CO_2, производят в оптимально насыщенной влагой почвенной массе (60% от наименьшей влагоемкости). Различия в уровнях могут изменяться в широких пределах при анализе генетически отдаленных и антропогенно измененных почв.

Оценивать воздухоемкость почв и ее экологическую значимость необходимо всегда в комплексе с другими характеристиками почвы, от которых напрямую зависит объем воздуха.

1.8. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ФАЗА ПОЧВ

Уже в начале XX века была известна огромная роль живого вещества почв. Бертло показал, что почва представляет из себя «нечто живое». Признание значительного влияния организмов на свойства почвы В.И. Вернадский выразил во фразе: «... все процессы в почве связаны с участием живого вещества или продуктов его изменения. В широком понимании слова все эти явления можно считать биохимическими».

Изучение биологии почв позволило установить закономерности распределения и активности организмов и их метаболитов в зависимости от свойств почв и почвенных процессов, что послужило теоретической базой для их применения в диагностике и мониторинге почв.

1.8.1. Фауна почв

Важную роль в круговороте веществ в природе, почвообразовании, плодородии почв играют животные. В глобальном масштабе видовое разнообразие фауны почвенных беспозвоночных составляет примерно треть от общего числа известных видов. В одном местообитании встречается до нескольких сотен видов беспозвоночных, относящихся к одной размерной группировке. Например, количество видов раковинных амеб в лесной почве составляет 60–70, число видов гамазовых клещей – 70–75, криптостигматных клещей – 25–53, количество видов насекомых, относящихся к группе мезофауны, – 20–150. Показатели локального разнообразия животного населения в почве выше, чем в наземном ярусе: среднее видовое богатство почвенной фауны в расчете на единицу площади (альфа-разнообразие) превышает таковое в наземной среде. Если принять во внимание, что в почвенном профиле животное население сосредоточено лишь в верхнем горизонте, то индекс разнообразия видов на единицу объема оказывается еще выше, чем, например, в растительном ярусе.

В почве обитает огромное количество видов простейших, червей, насекомых, многоножек, клещей, мокриц и др. Величина биомас-

сы животных в почве варьирует в пределах от сотен миллиграммов до сотен граммов в 1 м^2. Мелкие животные вносят ощутимый вклад в общую зоомассу почвы. Даже филогенетически очень далекие организмы (микробы, беспозвоночные, позвоночные), принадлежащие к близким трофическим группам, имеют величины биомассы одного порядка. Существует обратная зависимость интенсивности обмена веществ от размеров (массы) организма. Чем мельче животное, тем больше оно расходует кислорода на единицу массы своего тела.

Зоологами установлена зависимость между уровнем численности и размерами животных. Размеры почвообитающих беспозвоночных различаются на 5 порядков (от 5 микрон до 25 см), а уровни их численности варьируют от десятков до сотен тысяч особей на 1 м^2, увеличиваясь по мере снижения размеров животных (табл. 22).

Таблица 22

Уровни численности разных размерных групп многоклеточных почвенных беспозвоночных, экз./м^2 (Стриганова, 2000)

Группа животных	Размерная группировка, мм	Уровни обилия
Protozoa Nematoda Rotatoria	Наннофауна (0,005–0,1)	$(1–2)\times10^8...5\times10^7$ $(250–15000)\times10^3$ $(1–100)\times10^3$
Acari Collembola Enchytraeidae	Микрофауна (0,1–2,0)	3000–50000 2000–15000 200–10000
Aranea Isopoda Myriapoda Coleoptera larvae Diptera larvae	Мезофауна (2,0–20,0)	10–80 10–100 1–200 5–200 10–400

В разных типах почв и растительных ассоциаций показатели обилия почвенных животных кардинально различаются. Наиболее разнообразны комплексы беспозвоночных в лесных почвах умеренного и тропического пояса и луговых степей, то есть в областях с оптимальным для животных сочетанием тепла и влаги. При этом соотношения обилия отдельных размерных групп в почвах разных климатических поясов широко варьируют. Например, в южной тайге максимальные значения суммарной плотности популяции микрофауны достигают

1150 тыс. экз./м^2, в лесостепных дубравах Центральной России — 70 тыс. экз./м^2, в тропических лесах всего 16 тыс. экз./м^2; при этом обилие мезофауны в тайге всего 1,8 тыс. экз./м^2, в дубравах — 2,0 тыс. экз./м^2, в тропических лесах оно достигает 7,5 тыс. экз./м^2. Соотношение фитомасса — зоомасса во всех травянистые сообществах находится в пределах 1000:1—2000:1, примерно такое же соотношение между приростом растений и продукцией животных.

В разложении мертвой органики основную роль играют беспозвоночные животные. В огромном количестве в почвах обитают ***простейшие*** (корненожки, жгутиконосцы и инфузории). Их численность достигает миллионов и даже миллиардов особей на 1 м^2, а биомасса — 2—20 г/м^2, или нескольких центнеров на гектар. Их основная пища — бактерии, однако сейчас доказано, что они съедают лишь малую часть последних. Польза почвенных простейших заключается в выделении ими биологически активных веществ, стимулирующих рост тех же микроорганизмов, корней растений, повышающих всхожесть семян, подавляющих активность вредных для растений грибов.

Множество микроскопических или просто очень мелких животных (обычно до 1 мм), относящихся к ***нематодам, энхитреидам, коловраткам, тихоходкам*** и некоторым другим группам, постоянно обитают в пленках воды вокруг почвенных частиц. На 1 м^2 в естественных биотопах встречается от нескольких сот тысяч до десятков миллионов особей нематод, от 10 000 до 300 000 энхитреид, до 200 000 коловраток. Разнообразие и функциональная роль нематод очень большая. Помимо прямого участия в процессах разложения органических остатков они имеют важное значение в регуляции группового состава и активности микрофлоры. Черви принимают участие в механическом разрушении растительных тканей: вбуравливаясь в отмершие ткани, они с помощью ферментов разрушают клеточные стенки, открывая путь для проникновения в растения более крупных беспозвоночных — сапрофагов. Тела нематод после отмирания представляют собой легкоусвояемый, богатый белком субстрат, который быстро используется некрофагами и микроорганизмами, высвобождающими азот в доступной для растений форме.

В естественных почвенных скважинах живут многие группы микрофауны (размеры от 0,1 до 2—3 мм), из которых надо особо выделить ***панцирных клещей,*** или орибатид (паукообразные),

и ***ногохвосток*** (низшие насекомые). Они являются наиболее активными разрушителями растительных остатков среди организмов почвенной микрофауны. Плотность орибатид и ногохвосток достигает десятков-сотен тысяч, иногда миллионов особей на 1 м^2 почвы Неудивительно, что роль этих организмов в жизни почвы трудно переоценить.

Исключительная роль в почвообразовательных процессах ***дождевых червей*** была показана еще Ч. Дарвином. Будучи влаголюбивыми организмами, они многочисленны в зоне широколиственных лесов, а в степной зоне — в поймах рек, на орошаемых землях, участках, занятых древесно-кустарниковой растительностью. В наиболее благоприятных местах (чаще это широколиственные леса) численность червей достигает 500—800, а биомасса — 290 г на 1 м^2. В процессе пищеварения в кишечнике червей происходит разложение клетчатки и частичная минерализация растительных тканей опада и другой органики, которой они питаются. В широколиственных лесах черви ежегодно возвращают в почву около 100 кг азота на 1 га. Они стимулируют развитие микроорганизмов. Скорость разложения дубовой подстилки в отсутствии земляных червей замедляется в 3—10 раз в зависимости от времени года. Сама почва обогащается ферментами, что активизирует ряд важных элементов питания растений. Кроме того, дождевые черви перемешивают слои почвы, а их многочисленные ходы способствуют проникновению в почву и равномерному распределению в ней воды и воздуха, что особенно важно на тяжелых почвах. По ходам червей в более глубокие слои проникают корни растений. Доказано, что во многих районах урожайность сельскохозяйственных культур зависит от численности дождевых червей в почве.

Из других крупных беспозвоночных важную роль в почвообразовательных процессах играют ***диплоподы*** (кивсяки). Они многочисленны как на открытых степных равнинах, так и в лесной зоне. Их биомасса достигает 100—200 кг/га. Питаются кивсяки исключительно мертвыми органическими остатками, вовлекая в почву листовой опад и способствуя его гумификации. Экскременты этой группы беспозвоночных становятся мелкими зернистыми структурными элементами почвы.

Наземные брюхоногие ***моллюски*** в некоторых местообитаниях также играют заметную роль в разложении опада листьев и валежника деревьев и различных травянистых растений. В буковых лесах

они съедают до 40% годового поступления подстилки. Видовой состав моллюсков разнообразен, например в пределах Лагонакского нагорья Западного Кавказа обнаружено 114 видов и подвидов наземных моллюсков, относящихся к 68 родам и 27 семействам. Некоторые виды в ряде мест рассматриваются как основные потребители органики в лесах и горных лугах, где они достигают высокой численности. В пронизанных лишайниками толстых дернинах альпийских лугов моллюски концентрируются до 120 экз. на 25 $см^2$.

В гумусовом слое почвы, а также под корой пней и колод концентрируются наземные подстилочные ***мокрицы***. Они употребляют в пищу в основном листовой опад и погибшую древесину.

Жизненные процессы 98% видов класса ***насекомых*** в течение хотя бы короткого периода связаны с почвой Насекомые, как взрослые, так и личинки, являются постоянными компонентами во всех типах почв, нередко достигая здесь высоких показателей численности и биомассы. Преобладают среди этих насекомых сапрофаги. Из мезофауны мертвыми органическими остатками питаются личинки многих хрущей, щелкунов, чернотелок, долгоносиков и т. д. Важную роль в этом процессе (особенно на участках с древесной растительностью) могут играть личинки двукрылых, в первую очередь представители семейств долгоножек, толстоножек, ликориад и некоторых других. Они являются активными гумификаторами. В лесной, лесостепной и степной зонах эти насекомые интенсивно разрушают листовой опад. Поэтому личинки двукрылых играют важную роль в разложении и гумификации подстилки в лесах и лесопосадках, где дуб является наиболее распространенной породой. Сапрофаги усваивают 30—40% потребляемых отмерших растительных тканей. В их кишечнике происходит механическое и химическое разрушение органического вещества, разрушение клеточной структуры растительного материала и частичная минерализация органического вещества. Сапрофаги ускоряют разложение растительных остатков не только как потребители опада, но и как стимуляторы деятельности микроорганизмов. При участии почвенных животных за летне-осенний период дубового опада разлагается в 2,5—4 раза, а мертвой травы на полях — в 6—9 раз больше, чем без участия животных (насекомых, дождевых червей, панцирных клещей и др.). В дубравах при обилии сапрофагов за год разлагается до 13 т/га только дубовой и до 15 т/га всей подстилки. В почве «тонкие» химические процессы

зависят в основном от микроорганизмов, но скорость разложения растительных остатков, величина накопления деятельного гумуса и масштабы круговорота вещества энергии в системе растения-почвы определяется главным образом деятельностью почвенных беспозвоночных.

По степени связи почвенных беспозвоночных с почвенной средой обитания этому признаку М.С. Гиляровым были выделены три основные группы: 1) *геобионты* — беспозвоночные, обитающие в почве в течение всего жизненного цикла (дождевые черви, микроартроподы, многоножки, многие насекомые и др.), 2) *геофилы* — беспозвоночные, у которых отдельные стадии развития тесно связаны с почвой (личинки крылатых насекомых) и 3) *геоксены* — беспозвоночные, кратковременно находящиеся в почве в поисках укрытия и защиты от неблагоприятных погодных условий, хищников и пр.

Между представителями одной размерной группировки наблюдается разделение пространственных ниш по горизонтали и по почвенному профилю. В структуре животного населения четко выражена приуроченность отдельных форм к определенным генетическим горизонтам. Основная масса почвенных животных обитает в корнеобитаемом горизонте, где они связаны с корневым отпадом, живыми корнями, микрофлорой. Установлена пространственная корреляция между распределением корней растений по почвенному профилю, мощностью гумусового горизонта и глубиной ходов животных.

В составе животного населения почвы выделяются 4 основные трофические группировки — сапрофаги, фитофаги, зоофаги (хищники) и миксофаги (формы со смешанным питанием). В умеренном поясе в трофической структуре доминируют сапрофаги по численности и биомассе. В широколиственных лесах и луговых сообществах доля сапрофагов составляет 70—80% от общей зоомассы. Б.Р. Стриганова выделяет следующие группировки сапрофагов: первичные разрушители растительных остатков, вторичные разрушители, детритофаги, микробофаги.

Многие почвенные животные являются эффективными индикаторами почвенных свойств и плодородия, на чем основано использование животных для зоологической индикации почв. Под влиянием антропогенных факторов, в частности, распашки земель, использования пестицидов, нефтяного, промышленного и других форм загрязнения окружающей среды, видовое разнообразие и численность почвенной

фауны снижается. На сельскохозяйственных угодьях количество дождевых червей, мокриц, кивсяков и многих других сапрофагов в несколько раз меньше, чем в естественных биотопах.

1.8.2. Микрофлора

Микроорганизмы обнаруживаются в окружающей природной среде практически повсеместно. Однако из всех известных сред обитания наиболее богаты как количественно, так и качественно почвы, в одном грамме которой может находиться до 10 млрд микробов и более.

Несмотря на то, что средний вес бактериальной клетки составляет всего $7–9 \times 10^{-14}$ г, их живая биомасса в почве на площади 1 га составляет 2–5 т.

Микробная биомасса в разных почвах колеблется от единиц до нескольких десятков тонн на гектар, причем на долю грибов приходится от 88 до 99% биомассы, а доля прокариот (бактерии, актиномицеты) составляет 1–12%. Доля живого мицелия — от 50% в нижних горизонтах до 85% в подстилке. Жизнеспособность спор составляет 70–100%.

Особенностью почвы как среды обитания микроорганизмов является ее гетерогенность. Микрозоны разделены здесь в пространстве и во времени, поэтому почва представляет собой множество экологических ниш. Микрозональность определяется локальным поступлением органических остатков и корневых выделений растений, варьированием значений температуры, влажности, pH, Eh, концентрацией минеральных элементов и т. д. Благодаря микрозональности в почве одновременно могут идти разнообразные процессы — аэробные и анаэробные, автотрофные и гетеротрофные, протекающие при низких и высоких значениях pH.

По отношению к пище организмы подразделяют на *олиготрофов*, способных к росту при низкой концентрации питательных веществ, и *копиотрофов*, предпочитающих богатые питательные среды. Копиотрофы развиваются в условиях концентрации пищи не менее чем в 50 раз большей, чем олиготрофы. Олиготрофы являются типичными обитателями минеральных горизонтов почвы и чаще доминируют над копиотрофами. Кроме того, микроорганизмы подразделяются на *генералистов*, использующих в качестве пищи разнообразные

соединения, и *специалистов*, использующих лишь очень немногие субстраты.

В современной популяционной экологии принято подразделять организмы делятся на *r-стратегов* (показатель скорости логарифмического роста популяции в нелимитирующей среде), быстро развивающихся за счет легкодоступных соединений, содержащихся в высоких концентрациях в среде, и *K-стратегов* (K — показатель верхнего предела численности популяции), способных к медленному росту за счет питательных субстратов, имеющихся в незначительных концентрациях, уже неспособных обеспечить рост r-стратегов. При обилии пищи r-стратеги быстро размножаются и преобладают, но в неблагоприятных условиях быстро отмирают. K-стратеги развиваются медленнее, но более устойчивы к стрессам. В зависимости от условий доминируют организмы с той или иной стратегией. Обычно при внесении источников пищи (например навоза) в начале сукцессии (закономерного процесса смены ценозов) доминируют r-стратеги при низком видовом разнообразии, а на более поздних этапах — K-стратеги, что сопровождается увеличением биоразнообразия.

Основными представителями почвенной микрофлоры являются бактерии, актиномицеты, микроскопические грибы и водоросли.

Бактерии — мельчайшие организмы, обладающие клеточным строением. Диаметр бактериальной клетки в среднем составляет 1 мкм, варьируя в пределах от 0,1 до 10 мкм. Обнаруживаются во всех средах обитания вплоть до самых экстремальных (соленые и термальные источники и т. д.).

Бактерии вместе с сине-зелеными водорослями относятся к прокариотам (доядерным) — самой древней форме жизни на Земле. Клетки прокариот не имеют обособленного ядра. Генетический материал (ДНК) прокариот находится прямо в цитоплазме и не окружен ядерной мембраной.

Максимальной численности бактерии достигают в органических средах и почве. В 1 мл парного молока содержится свыше 3 млрд бактерий, в 1 г чернозема может находиться свыше 10 млрд бактерий.

Ориентировочная величина видового разнообразия бактерий крайне неопределенна и составляет 10000—1000000 видов. Это следует из очевидных недостатков традиционного подхода, который оценивает

разнообразие многих свободноживущих форм бактерий лишь на групповом уровне: аммонификаторы, целлюлозолитические и т. д.

Большинство бактерий относится к классу истинных бактерий (Eubacteriaea). Это, как правило, безъядерные одноклеточные организмы. Размножаются простым делением. Некоторые обладают подвижностью. Клетка истинных бактерий имеет неэластичную оболочку. Бактерии имеет различную форму — круглую (кокки), палочковидную (бациллы), изогнутую. К палочковидным бактериям относятся бактерии рода Bacillus — подвижные и неподвижные бактерии, обладающие способностью образовывать споры внутри клеток при неблагоприятных условиях среды. Из неспороносных палочковидных бактерий в почве чаще всего встречаются представители родов Pseudomonas и Bacterium. К изогнутым палочковидным бактериям относятся вибрионы (р. Vibrio, р. Spirillum, р. Spirochaetta).

Бактерии способны очень быстро размножаться при поступлении свежего органического вещества. Неспороносные формы размножаются быстрее, чем бациллярные. Поэтому бациллы встречаются на более поздних этапах сукцессии. К тому же они обладают более мощным ферментативным аппаратом и могут питаться веществами, недоступными неспороносным бактериям. Большинство почвенных бактерий относится к сапрофитам.

Актиномицеты — особая группа бактерий, имеющих тенденцию к образованию ветвящихся гиф, которые у некоторых родов развиваются в мицелий. Диаметр гиф варьируется в пределах 0,5–2,0 мкм, обычно 1,0 мкм. Мицелиальный план организации, присущий значительной части представителей порядка, определяет дифференциацию организмов, сложность жизненных циклов, биохимические и физиологические проявления, отличные от истинных бактерий. Экологическая стратегия актиномицетов подобна более сложно организованным мицелиальным организмам — эукариотам грибам. Тесно связана с актиномицетами группа коринеподобных бактерий.

Актиномицеты широко распространены в природе. В группу актиномицетов включено свыше 60 родов. Большинство актиномицетов — грамположительные аэробные бактерии. Споры актиномицетов менее термоустойчивы, чем бактериальные. Характерный признак многих актиномицетов — яркая окраска.

В почвах среди актиномицетов доминируют актиномицеты рода Streptomyces. Кроме них из почвы выделены представители родов

Nocardiodes, Actynomadura, Streptosporangium, Micromonospora, Saccaropolyspora, Saccaromonospora, Glicomyces, Kibdelosporangium.

В основном актиномицеты относятся к сапротрофам, растут медленно и разлагают многие труднодоступные для остальных вещества. Азот усваивают как из органических, так и из минеральных соединений. В основном актиномицеты — аэробы, но могут развиваться при небольшом количестве кислорода, предпочитают нейтральную реакцию среды. Более 160 видов растений имеют на корнях актиноризу.

Грибы, являясь эукариотными организмами, обладают рядом своеобразных черт, отличающих их от растений и животных и дающих основание выделять их в самостоятельное царство Mycota (от греч. микос — шампиньон). Почвенные грибы представляют самую крупную экологическую группу организмов, участвующих в минерализации органических остатков растений и животных и в образовании гумуса.

Истинные грибы (Eumycota) насчитывают более 100 тысяч видов делят на 4 основных класса: зигоспоровые, аскоспоровые, базидиоспоровые и несовершенные.

Основная вегетативная структура грибов — гифа. Их совокупность образует мицелий, или грибницу. Диаметр гиф вегетативного мицелия колеблется от 5 до 50 мкм и более. Нити часто хорошо видны невооруженным глазом. Гифы имеют нитевидное строение и бывают без перегородок или с поперечными перегородками-септами с простыми или сложными отверстиями-порами. Грибы с несептированными гифами называют низшими, с септированными — высшими. Размножаются грибы бесполым (конидиями, спорами) и половым путем (образование различных половых структур — зигоспор, сумок или базидий), что является одним из основных критериев их систематики и деления на виды.

Сапротрофные грибы — главные редуценты в экосистемах суши, самые древние из них известны с позднего силура. Грибы являются основными деструкторами таких стойких соединений, как лигнин, хитин, дубильные вещества, целлюлоза, гумус, делая возможным дальнейшее их использование другими организмами. П.А. Костычев (1885) установил, что только грибы способны образовать продукты разложения растительных остатков, окрашенные в темный цвет. Темная окраска обусловлена накоплением меланиноподобных (черных)

пигментов, которые входят в состав гумуса. Меланины грибов близки к гуминовым кислотам по элементному составу, содержанию углеводных компонентов и кислотно-основным свойствам. Грибы активно участвуют в превращениях соединений азота и способствуют улучшению структуры почвы, агрегируя почвенные частицы. В процесе жизнедеятельности грибы выделяют различные физиологически активные вещества — ферменты, органические кислоты, витамины антибиотики, токсины, влияющие на развитие других микроорганизмов и высших растений.

Распространение грибов в почве и их высокая активность объясняются их большей по сравнению с другими микроорганизмами устойчивостью к изменяющимся условиям окружающей среды. Так, например, имея неодинаковый оптимум pH для развития, грибы хорошо переносят любые условия кислотности и поэтому встречаются и в кислых, и в щелочных почвах. Многие виды грибов развиваются в почвах, имеющих pH ниже 4, при котором жизнедеятельность большинства бактерий и актиномицетов невозможна. Многие грибы отличаются большой устойчивостью к высокой концентрации солей и условиям затрудненного водоснабжения. Грибы очень требовательны к условиям аэрации, поэтому богаче представлены в верхних горизонтах почвы, хорошо развиваются как при кислой, так и при нейтральной реакции среды.

В почвах встречаются грибы с разным типом стратегии. Есть грибы-сахаролитики, использующие легкодоступные сахара, с большими скоростями роста при высоких концентрациях субстрата. Эти виды грибов-копиотрофов относятся к родам Mucor, Rhizopus, Absidia. Есть виды грибов-олиготрофов с высокой экономичностью обмена из так называемой микрофлоры рассеяния — Mortierella ramanniana, Mucor hiemalis, Aposphaeria pulviscula. Однако большая часть почвенных грибов отличается полифункциональностью.

В зональных почвах из микромицетов распространены представители родов Penicillium, Aspergillium, Fuzarium, Mucor, Trichoderma.

В лесных почвах определяющую роль в минерализации таких стойких и широко распространенных полимеров, как целлюлоза и особенно лигнин, играют грибы-макромицеты — высшие базидиальные грибы. Несовершенные грибы способны участвовать в разложении лигнина лишь на отдельных стадиях. Кроме того, именно эти грибы

образуют симбиоз с корнями сосудистых растений, большинство (9/10) из которых микосимбиотрофно. Микоризные грибы обеспечивают растения элементами минерального питания, в первую очередь фосфором, улучшают снабжение водой и повышают устойчивость корней к патогенам. В горных лесах Кавказа в бассейне р. Белой обнаружен 451 вид агарикоидных базидиомицетов, относящихся к 86 родам, 20 семействам, 5 порядкам. Из трофических групп преобладают сапротрофы (269 видов) и симбионты (230 видов).

Почвенные водоросли — также специфичный и неотъемлемый компонент почв. Они являются пионерами при заселении горных пород, различных обнажений, отвалов горных пород и т. п., где образуют самостоятельные сообщества водорослей, или альгоценозы. Встречаются они как в арктических и антарктических полярных пустынях, нивальном поясе гор, так и в тропических сухих пустынях. Вместе с тем они входят в состав любого фитоценоза, образуя его структурную часть — альгосинузии, которые формируются под влиянием наземной растительности и почвенных условий и в разных фитоценозах различаются по видовому составу, численности и экологическим особенностям входящих в их состав водорослей. Зональности почв и растительности соответствует зональность водорослевых группировок. К главным факторам, контролирующим особенности альгосинузий, относятся: степень сомкнутости растительного покрова, наличие и качество опада на поверхности почвы, водный и солевой режимы почвы.

Биомасса водорослей колеблется от нескольких килограммов до нескольких центнеров, достигая в отдельных случаях, особенно при преобладании Nostoc commune, 2 т/га сырой массы. Почвенные водоросли — единственная группа продуцентов наземных экосистем, у которой продукция в несколько раз (часто во много раз) превышает биомассу.

Всего в почвах России, по данным Э.А. Штины, обнаружено 1195 видов водорослей, включая сине-зеленые водоросли — цианобактерии. По отделам они распределены так: зеленых — 528, сине-зеленых — 295, желто-зеленых — 172, диатомовых — 183, других отделов — 18. Флора почвенных водорослей специфична и отличается от водной флоры. При сельскохозяйственном освоении и загрязнении почв состав водорослей изменяется и становится более однообразным в разных по генезису почвах.

Для большинства бактерий географические закономерности распространения не уставлены. Географические различия структурного и функционального разнообразия бактериальных сообществ разных типов почв менее значимы, чем профильные, связанные с субстратом. Считается что большинство бактерий — космополиты. Почва содержит огромное разнообразие бактерий, но в разном количестве. Поэтому их обнаружение связано с методическими трудностями. Однако известно, что в ряде почв определенные микроорганизмы не обнаруживаются. Академик Е.Н. Мишустин установил, что почвы разных зон различаются не по общему количеству микроорганизмов, а по содержанию спорообразующих бактерий. Среди них имеются виды — индикаторы типов почв и их плодородия.

Грибы, несмотря на их возможность широкого распространения с воздушными потоками, обладают достаточно выраженным географическим распределением.

Микробиологическая характеристика почв — наиболее сложный раздел почвенной диагностики, связанный с большими методологическими и методическими проблемами. Однако почвенные микроорганизмы быстрее всех реагируют на внешние изменения среды и поэтому могут использоваться для ранней диагностики антропогенного воздействия, особенно загрязнения. В этой связи применение почвенных микроорганизмов в биодиагностике и биомониторинге имеет большие перспективы.

1.8.3. Ферменты в почвах

Из многочисленных показателей биологической активности почвы большое значение имеют почвенные ферменты. Их разнообразие и богатство делают возможным осуществление последовательных биохимических превращений, поступающих в почву органических остатков.

Название «фермент» происходит от латинского «ферментум» — брожу, закваска. Явление катализа и в настоящее время полностью не разгадано. Сущность действия катализатора заключается в снижении энергии активации, необходимой для химической реакции, направляя ее обходным путем через промежуточные реакции, которые требуют меньшей энергии, идущие без катализатора. Благодаря этому повышается и скорость основной реакции.

Под действием фермента ослабляются внутримолекулярные связи в субстрате вследствие некоторой деформации его молекулы, происходящей при образовании промежуточного комплекса фермент-субстрата.

Ферментативную реакцию можно выразить общим уравнением:

$$E+S \rightarrow ES \rightarrow E+P,$$

т. е. субстрат (S) обратимо реагирует с ферментом (E) с образованием фермент-субстратного комплекса (ES). Общее ускорение реакции под действием фермента обычно составляет 10^{10}—10^{15}.

Таким образом, роль ферментов заключается в том, что они значительно ускоряют биохимические реакции и делают их возможными при обычной нормальной температуре.

Ферменты, в отличие от неорганических катализаторов, обладают избирательностью действия. Специфичность действия ферментов выражается в том, что каждый фермент действует лишь на определенное вещество, или же на определенный тип химической связи в молекуле. По своей биохимической природе все ферменты — высокомолекулярные белковые вещества. На специфичность ферментных белков влияет порядок чередования в них аминокислот. Некоторые ферменты помимо белка содержат более простые соединения. Например, в составе различных окислительных ферментов содержатся органические соединения железа. В состав других входят медь, цинк, марганец, ванадий, хром, витамины и другие органические соединения.

В основу единой классификации ферментов положена специфичность к типу реакции, и в настоящее время ферменты подразделяют на 6 классов. В почвах наиболее изучены оксидоредуктазы (катализируют процессы биологического окисления) и гидролазы (катализируют расщепление с присоединением воды). Из оксидоредуктаз в почве наиболее распространены каталаза, дегидрогеназы, фенолоксидазы и др. Они участвуют в окислительно-восстановительных процессах синтеза гумусовых компонентов. Из гидролаз наиболее широко в почвах распространены инвертаза, уреаза, протеаза, фосфатазы. Эти ферменты участвуют в реакциях гидролитического распада высокомолекулярных органических соединений и тем самым играют важную роль в обогащении почвы подвижными и доступными растениям и микроорганизмам питательными веществами.

Исследованием ферментативной активности почв занималось большое количество исследователей. В результате исследований доказано, что ферментативная активность — это элементарная почвенная характеристика. Ферментативная активность почвы складывается в результате совокупности процессов поступления, иммобилизации и действия ферментов в почве. Источниками почвенных ферментов служит все живое вещество почв: растения, микроорганизмы, животные, грибы, водоросли и т. д. Накапливаясь в почве, ферменты становятся неотъемлемым реактивным компонентом экосистемы. Почва является самой богатой системой по ферментному разнообразию и ферментативному пулу. Разнообразие и богатство ферментов в почве позволяет осуществляться последовательным биохимическим превращениям различных поступающих органических остатков.

Значительную роль почвенные ферменты играют в процессах гумусообразования. Превращение растительных и животных остатков в гумусовые вещества является сложным биохимическим процессом с участием различных групп микроорганизмов, а также иммобилизованных почвой внеклеточных ферментов. Выявлена прямая связь между интенсивностью гумификации и ферментативной активностью.

Особо следует отметить значение ферментов в тех случаях, когда в почве складываются экстремальные для жизнедеятельности микроорганизмов условия, в частности при химическом загрязнении. В этих случаях метаболизм в почве остается в известной мере неизменным благодаря действию иммобилизированных почвой, и поэтому устойчивых, ферментов.

Максимальная каталитическая активность отдельных ферментов наблюдается в относительно небольшом интервале pH, который является для них оптимальным. Поскольку в природе встречаются почвы с широким диапазоном реакции среды (pH 3,5—11,0), то их уровень активности весьма различен.

Исследованиями различных авторов установлено, что активность почвенных ферментов может служить дополнительным диагностическим показателем почвенного плодородия и его изменения в результате антропогенного воздействия. Применению ферментативной активности в качестве диагностического показателя способствуют низкая ошибка опытов и высокая устойчивость ферментов при хранении образцов.

1.8.4. Биологическая активность почвы

При проведении биомониторинга и биодиагностики почв ведущими являются показатели биологической активности. Под *биологической активностью* следует понимать напряженность (интенсивность) всех биологических процессов в почве. Ее следует отличать от *биогенности почвы* — заселенности почвы различными организмами. Биологическая активность и биогенность почвы часто не совпадают друг с другом.

Биологическая активность почвы обусловлена суммарным содержанием в почве определенного запаса ферментов, как выделенных в процессе жизнедеятельности растений и микроорганизмов, так и аккумулированных почвой после разрушения отмерших клеток. Биологическая активность почв характеризует размеры и направление процессов превращения веществ и энергии в экосистемах суши, интенсивность переработки органических веществ и разрушения минералов.

В качестве показателей биологической активности почв используются: численность и биомасса разных групп почвенной биоты, их продуктивность, ферментативная активность почв, активность основных процессов, связанных с круговоротом элементов, некоторые энергетические данные, количество и скорость накопления продуктов жизнедеятельности почвенных организмов.

Из-за того, что важные и всеобщие процессы, осуществляемые в почве всеми или большинством организмов (например, термогенез, количество АТФ), практически невозможно исследовать, определяют интенсивность более частных процессов, таких как выделение CO_2, накопление аминокислот и др.

Показатели биологической активности определяют, используя различные методы: микробиологические, биохимические, физиологические и химические.

Биологическая активность почв (и соответственно методов ее определения) подразделяется на актуальную и потенциальную. Потенциальная биологическая активность измеряется в искусственных условиях, оптимальных для протекания конкретного биологического процесса. Актуальная (действительная, естественная, полевая) биологическая активность характеризует реальную активность почвы в естественных (полевых) условиях. Измерить ее можно только непосредственно в поле.

Методы определения потенциальной биологической активности почв могут служить хорошими диагностическими показателями потенциального плодородия почв, степени удобренности, окультуренности, эродированности, а также загрязненности какими-либо химическими веществами. Однако при характеристике интенсивности биологических процессов, протекающих в естественных условиях, следует пользоваться методами для определения актуальной биологической активности, так как в реальной обстановке лимитирующие факторы (pH среды, температура, влажность и т. д.) могут резко ограничивать интенсивность процесса и, несмотря на большие потенциальные возможности, процесс может идти очень медленно.

Важной особенностью показателей биологической активности почв является их значительное пространственное и временное варьирование, что требует при их определении большого числа повторных наблюдений и тщательной вариационно-статистической обработки.

С биологической активностью почвы тесно взаимосвязаны ее физические и химические свойства, такие как гумусовое состояние, структура, щелочно-кислотные условия, окислительно-восстановительный потенциал и другие. Следует отметить, что физические и химические свойства характеризуют относительно консервативные накопившиеся признаки и свойства почв, биология почв располагает показателями динамических свойств, являющихся индикаторами современного режима жизни почв.

Для выявления негативных последствий антропогенного воздействия используют мониторинг почвенного покрова. Деградационные явления прежде всего затрагивают биологические объекты, снижая биологическую активность и, в конечном счете, плодородие. Поэтому использование методов биологической диагностики, позволяет определить негативные последствия антропогенного воздействия на ранних стадиях. Особенно это касается диагностики разных загрязнений.

Биологические индикаторы обладают рядом преимуществ по сравнению с другими. Во-первых, это высокая чувствительность и отзывчивость на внешние воздействия, во-вторых, они позволяют проследить за негативными процессами на ранних стадиях процесса, в третьих, только по ним можно судить о воздействиях, не подвергающих существенному изменению вещественный состав почв

(радиоактивное и биоцидное загрязнение). К существенным недостаткам можно отнести большую пространственную и временную вариабельность.

В настоящее время разработан большой набор биологических показателей, определяющих способность почвы обеспечивать растения факторами жизни, т. е. определяющих потенциальное плодородие почв, и коррелирующих с урожайностью.

1.9. ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ

Поглотительной способностью почв называется свойство ее компонентов (твердой, жидкой, газообразной и биологической фаз) обменно или необменно поглощать из окружающей среды различные твердые, жидкие и газообразные вещества, отдельные молекулы, катионы и анионы.

Это свойство было известно давно, задолго до оформления почвоведения в самостоятельную науку. Еще древнеримский мыслитель и поэт Тит Лукреций Кар в поэме «О природе вещей» отмечал:

Влага морская становится сладкой и пресной по вкусу
Там, где сквозь толщу земли проникает она в водоемы.
Там под землей свои горькие части она оставляет,
Так как последним легко зацепиться в неровностях почвы.

Учение о поглотительной способности почв разработано в трудах К.К. Гедройца, Г. Вигнера, С. Маттсона, Е.Н. Гапона, Б.П. Никольского, Н.П. Ремезова, И.Н. Антипова-Каратаева, Н.И. Горбунова и др.

Всякое тело можно дроблением или растворением, или другим путем измельчить до частиц различной величины. Тело в распыленном состоянии представляет собой дисперсную систему, в которой различают две части: дисперсную фазу и дисперсионную среду. Дисперсная фаза — совокупность частиц раздробленного тела. Дисперсионная среда — жидкость, газообразное или твердое тело, в котором распределены эти частицы.

Дисперсные системы классифицируются следующим образом:

- грубодисперсные — взвеси;
- коллоиднодисперсные — коллоидные растворы;
- молекулярные — растворы недиссоциированных веществ;
- ионнодисперсные — растворы диссоциированных на ионы веществ.

Почва представляет совокупность всех типов дисперсных систем, постоянно взаимодействующих друг с другом.

1.9.1. Виды поглотительной способности

Наиболее полно характеристика поглотительной способности почв изложена в работах К.К. Гедройца, который выделил пять ее видов: механическая, химическая, биологическая, физическая и физико-химическая.

Механическая поглотительная способность — свойство почвы поглощать поступающие с водным или воздушным потоком твердые частицы, размеры которых превышают размеры почвенных пор. В данном случае почва выступает как «сито» или «губка», пропускающая через себя все, что мельче почвенных отверстий. Водные суспензии освобождаются от взвесей. Это свойство почвы используется для первой стадии очистки питьевых и сточных вод. Яркий пример механического поглощения твердых частиц — очистка полых речных вод (водные суспензии) при затоплении пойм рек. В результате после паводка на поверхности пойменных почв накапливаются твердые взвеси — почвенный наилок. Почва поглощает атмосферную пыль, в том числе и техногенного происхождения.

Химическая поглотительная способность обусловлена образованием в результате происходящих в почве химических реакций труднорастворимых соединений, выпадающих из раствора в осадок. Поступающие в почву в составе атмосферных, грунтовых, поливных вод катионы и анионы могут образовывать с солями почвенного раствора нерастворимые или трудно растворимые соединения. Например:

$$Al(OH)_3 + H_3PO_4 \rightarrow AlPO_4\downarrow + 3H_2O$$

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \rightarrow CaCO_3\downarrow + Na_2SO_4$$

Химическая поглотительная способность связана с взаимодействием ионнодисперсных систем.

Биологическая поглотительная способность. Биологическое поглощение вызвано способностью живых почвообитающих организмов (корни растений, микроорганизмы) поглощать различные элементы. Биологическая поглотительная способность характеризуется большой избирательностью поглощения, обусловленной специфической для каждого вида потребностью живых организмов в элементах питания.

Физическая поглотительная способность связана с изменением концентрации молекул на поверхности раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды. С увеличением поверхности частиц увеличивается их поверхностная энергия. Представление о поверхности частиц разного диаметра дает табл. 23.

Таблица 23

Площадь поверхностей граней кубиков при раздроблении 1 см³ твердой массы

Длина ребра, см	Число кубиков	Общая поверхность граней, см²
1	1	6
0,1	103	60
0,01	10^6	600
0,001	109	6000
0,0000001	10^{21}	60000000

Поверхностная энергия частиц, измеряющаяся произведением поверхностного натяжения, возникающего на границе соприкосновения дисперсной фазы с дисперсионной средой, на суммарную поверхность дисперсной фазы, стремится к наибольшему сокращению. Это поведение можно обобщить теоремой Джиббса: поверхность раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды имеет концентрацию иную, чем в остальной части. Вещества, понижающие поверхностное натяжение, стремятся сконцентрироваться на поверхности раздела и тем самым уменьшить энергию системы; обратно, вещества, повышающие поверхностное натяжение, стремятся разжижаться на поверхности раздела, чтобы этим уменьшить поверхностную энергию системы. Вещества, понижающие поверхностное натяжение, называются *поверхностно-активными*. Эти органические кислоты, алкалоиды, высокомолекулярные органические соединения. Они обусловливают положительную физическую адсорбцию. Многие минеральные соли, кислоты, щелочи вызывают явление отрицательной физической адсорбции, при которой концентрация данных веществ уменьшается по мере приближения к поверхности частицы.

Известна отрицательная сорбция почвой хлоридов и нитратов, которая впервые была описана К.К. Гедройцем как отрицательное физическое поглощение веществ. Сущность этого явления сводится к снижению концентрации электролита в пределах «нерастворяющего объема молекулярно сорбированной воды» во внутренней части сорб-

ционной пленки, вследствие чего концентрация электролита в более рыхло связанных слоях водной пленки возрастает. Отрицательная сорбция нитратов — явление неблагоприятное, так как она усиливает процессы их вымывания из почвы.

Известна молекулярная сорбция ряда органических веществ. Сорбируются как низкомолекулярные органические вещества, постоянно присутствующие в почве, вследствие разложения исходных растительных остатков, так и высокомолекулярные соединения типа белков и полисахаридов, вследствие амфотерности этих соединений.

С физической поглотительной способностью связано поведение воды в почвах. Дипольные молекулы воды образуют на поверхности высокодисперсных твердых частиц пленку, состоящую из нескольких слоев сорбированных молекул. Внутренние слои воды в этой пленке удерживаются силами электростатического притяжения наиболее прочно, в них вода сильно уплотняется, не обладает электропроводностью, так как не содержит растворенных веществ, не замерзает при понижении температуры до −78° С. Наружные слои пленки более подвижны, они составляют пленочную влагу.

Сухая почва сорбирует газы, которые образуют тонкую пленку на поверхности частиц. По способности сорбироваться газы располагаются в следующий ряд: $N_2 < O_2 < CO_2$. Степень их сорбции зависит от давления и температуры. Чем ниже температура и выше давление, тем больше сорбция газа. При увлажнении почвы сорбированные газы вытесняются молекулами воды.

Физико-химическая, или обменная, поглотительная способность — способность почвы поглощать и обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, глинистых минералов и связанные в функциональных группах гумусовых веществ на эквивалентное количество ионов раствора, взаимодействующего с твердой фазой почвы. Эта поглотительная способность связана с ионнодисперсными и коллоидными системами.

1.9.2. Почвенные коллоиды и физико-химическая поглотительная способность

Твердая фаза почвы, способная к реакциям ионного обмена и представляющая совокупность различных коллоидов и тонкодисперсных веществ, представляет *почвенный поглощающий комплекс* (ППК).

Это то, что обычно в почвоведении называют *плазмой* почвы, т. е. самая активная, химически, физически, физико-химически, биологически деятельная часть почвы, определяющая генезис и плодородие всего почвенного покрова. Масса почвенного поглощающего комплекса зависит от гранулометрического состава и содержания гумуса. С большой достоверностью можно отметить, что илистая фракция — это и есть масса веществ почвенной плазмы, если в илистую фракцию включены органические вещества почвы. Однако следует сделать оговорку: некоторой способностью к обменному поглощению обладает и фракция пыли и даже песка, а в составе ила могут присутствовать и инертные не ионообменные вещества, например, зерна мелкокристаллического кварца.

Общая схема обменной или физико-химической поглотительной способности показана на примере реакции, которая может происходить в подзолистых почвах:

$$\text{ППК}\begin{matrix}\rceil \text{H}^+ \\ \text{H}^+ \\ \rfloor \text{H}^+\end{matrix} + \text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{ППК}\begin{matrix}\rceil \text{Ca}^{2+} \\ \\ \rfloor \text{H}^+\end{matrix} + 2\text{H}^+$$

Обменная поглотительная способность измеряется величиной *емкости катионного обмена (ЕКО)*, которая представляет сумму всех обменных катионов, выраженную в м.-экв на 100 г почвы. Коллоидные системы различных веществ имеют разные величины ЕКО (табл. 24).

Таблица 24

Емкость катионного обмена глинистых минералов и других почвенных коллоидов при pH = 7 (Поддубный, Александров)

Название коллоида	ЕКО, м.-экв на 100 г
Каолинит	3–15
Монтмориллонит	60–150
Иллит	20–40
Вермикулит	65–145
Минеральные коллоиды чернозема	70–90
Гуминовые кислоты	400–500
Органоминеральные коллоиды чернозема	150–250

Коллоиднодисперсные системы имеют размер дисперсной фазы от 1 до 100 мкм. В почвах коллоидными свойствами обладают частицы менее 0,001 мм (ил). Коллоиды образуются в результате совокупности процессов почвообразования и выветривания. Процессы эти могут быть разновременными: часть коллоидов, главным образом, минеральных, формируется при возникновении материнской породы. Часть коллоидов образуется в почвообразовательном процессе. При этом, безусловно, происходит преобразование и изменение состава коллоидов материнской породы, но часть коллоидов почвообразующей породы входит в состав дисперсной фазы почвы. Основные явления, происходящие при формировании коллоидов: дробление крупных частиц и соединение молекулярнораздробленных частиц.

Основу коллоидной частицы (рис. 2), называемой ***коллоидной мицеллой,*** составляет ее ядро. ***Ядро*** в химическом отно-

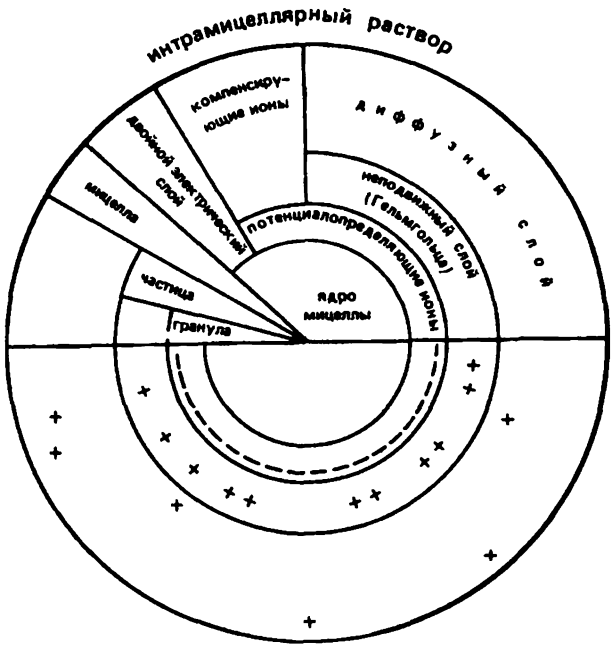


Рис. 2. **Строение коллоидной частицы**

шении представляет сложное соединение и имеет аморфное или кристаллическое строение. У минеральных коллоидов ядро состоит из алюмо-магниевых и других силикатов, иногда кремнезема, окислов железа и алюминия. У органических коллоидов ядро состоит из гуминовых и фульвокислот, протеина, клетчатки и других сложных веществ. У органоминеральных коллоидов ядро образуется в результате взаимодействия органических и минеральных компонентов.

На поверхности ядра расположен прочно удерживаемый слой ионов, несущий заряд, — ***слой потенциалопределяющих ионов***. Ядро мицеллы вместе со слоем потенциалопределяющих ионов называется ***гранулой***. Между гранулой и раствором, окружающим коллоид, возникает термодинамический потенциал, под влиянием которого из раствора притягиваются ионы противоположного знака (***компенсирующие ионы***). Так, вокруг ядра коллоидной мицеллы образуется ***двойной электрический слой***, состоящий из слоя потенциалопределяющих и слоя компенсирующих ионов.

Компенсирующие ионы в почвоведении называются ***обменными, или поглощенными***, а сумма этих катионов составляет ***емкость катионного обмена***.

Компенсирующие ионы, в свою очередь, располагаются вокруг гранулы двумя слоями. Один — ***неподвижный слой***, прочно удерживаемый электростатическими силами потенциалопределяющих ионов. Гранула вместе с неподвижным слоем компенсирующих ионов называется ***коллоидной частицей***. Между коллоидной частицей и окружающим раствором возникает электрокинетический потенциал (дзета-потенциал), под влиянием которого находится второй (***диффузный) слой*** компенсирующих ионов.

В почвах почти все коллоиды имеют отрицательный заряд. Это ***ацидоиды***, в диффузном слое которых сосредоточены катионы. К ацидоидам относятся: коллоидно-дисперсные системы кремнезема, глинистых минералов, гидраты окиси марганца ($Mn_2O_3 u H_2O$), гумусовые кислоты, а также и органо-минеральные коллоиды, представляющие собой глинистые минералы, покрытые пленками органических веществ.

Коллоиды с положительным зарядом называются ***базоидами***. У них в компенсирующем слое противоионов концентрируются анионы. Типичных базоидов в почве нет. Но в почвах могут встречать-

ся ***амфолитоиды*** — коллоиды с переменным знаком заряда. К амфолитоидам относятся гидраты окиси железа [$Fe(OH)_3 un H_2O$], алюминия [$Al(OH)_3 un H_2O$], а также протеиновые вещества гумуса. В кислой среде они заряжены положительно, в щелочной — отрицательно. Количество амфолитоидов в почвах крайне незначительно. Они чаще встречаются во влажных тропических и субтропических почвах.

Основные обменные катионы почвенных коллоидов: Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, NH^{4+}, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}. В незначительных количествах встречаются и другие катионы, относящиеся к микроэлементам и являющиеся объектом специальных исследований.

Для обменной поглотительной способности характерны следующие закономерности:

1. Обмен между катионами ППК и почвенного раствора происходит в эквивалентных количествах. Это значит, что количество поглощенных катионов в эквивалентах равно количеству эквивалентов катионов, вытесненных в почвенный раствор. В почвах всегда существует динамическая система, равновесие которой нарушается изменением концентрации катионов в дисперсионной среде.

2. Энергия поглощения определяется радиусом негидратированного катиона: чем меньше радиус, тем слабее связывается ион. Это объясняется большей плотностью заряда, а следовательно, большей гидратированностью иона. В связи с этим в ряду разновалентных катионов энергия поглощения возрастает с увеличением валентности: $K^+ < Ca^{2+} < Fe^{3+}$. Внутри рядов ионов одной валентности энергия поглощения увеличивается с возрастанием атомной массы: $^7Li < ^{23}Na < ^{39}K$; $^{27}Mg < ^{40}Ca < ^{59}Co < ^{112}Cd$; $^{27}Al < ^{56}Fe$. Ион H^+ или ион гидроксония H_3O^+ сорбируется аномально прочно в связи с его малым размером. Практическую сущность закономерности можно иллюстрировать следующим примером. Суспензия чернозема в соотношении 100г почвы и 500г воды из 50 мл 0,1 н. раствора поглощает KCl — 2,5 м.-экв, а $FeCl_3$—8,0 м.-экв. В то же время, катионы, обладающие большой энергией поглощения, прочнее удерживаются в поглощенном состоянии и труднее замещаются.

3. На поглощение почвой катионов большое влияние оказывает их концентрация в почвенном растворе: чем больше тех или иных катионов в растворе, тем с большей силой они будут поглощаться и вытеснять из ППК другие катионы и занимать преобладающее место.

Следовательно, ряд катионов по степени поглощения имеет значение только в условиях эквивалентных концентраций.

Сумма поглощенных катионов (ЕКО) зависит от количества коллоидов в почве, количество которых обычно не превышает 30–40% от почвенной массы. В глинистых почвах и богатых гумусом ЕКО может достигать 50–60 м.-экв/100г, а в легких малогумусных – 3–8 м.-экв/100 г.

1.9.3. Физическое состояние почвенных коллоидов

Коллоидные системы почвы могут находиться в состоянии золя или геля. *Золи* – это подвижные коллоидные растворы, в которых твердые частицы почвы отделены друг от друга дисперсионной водной средой. Одноименно заряженные частицы коллоидов взаимно отталкиваются, гидратируются диполями молекул воды и находятся в коллоидной системе в дисперсном состоянии. Коллоидная масса, а с ней и вся почва приобретает свойства текучести, бесструктурности, сплошности, безвоздушности, слитости. Это явление экологически крайне неблагоприятное и не типично для большинства почв. Исключение составляют только солонцы.

Снижение электрокинетического потенциала и уменьшение заряда частиц разноименно заряженных коллоидов приводит к их слипанию, увеличению в размерах и выпадению в осадок. Коллоидная система переходит в состояние *геля*. Процесс соединения коллоидных частиц называется *коагуляцией*, дальнейшее осаждение – *седиментацией*. Из раствора коллоиды выпадают в осадок под воздействием высыхания или увеличения концентрации простых солей в почвенном растворе. При коагуляции золь, имеющий жидкое состояние, переходит в *гель*, имеющий твердое состояние. Коллоиды в почвах находятся на 99,9% в состоянии геля. Частицы коллоидов сцепляются между собой, образуя пространственную структуру, в ячейках которой удерживается вода. Обратный процесс перехода коллоидов в раствор, геля в золь, называется *пептизацией*.

В большинстве почв коагуляция необратима и только незначительная часть (менее 0,1%) коллоидов пептизируется. Для некоторых почв, например, солонцов, чередование явлений каогуляции и пептизации составляет сущность почвообразовательного процесса.

По количеству удерживаемой воды коллоиды разделяются на *гидрофильные* и *гидрофобные*. Из гидрофильных можно назвать коллоиды некоторых глинистых минералов, например, монтмориллонита, а также органические коллоиды. Гидрофобны коллоиды соединений железа и алюминия. Почвы с гидрофильными коллоидами вязки, пластичны, сильно набухают при увлажнении, очень липки. Противоположны свойства гидрофобных коллоидов.

Физическое состояние коллоидов в значительной степени зависит от состава поглощенных катионов. Чем больше валентность поглощенных ионов, больше их заряд, тем меньше будет диссоциация их от коллоидной частицы, меньше электрокинетический потенциал частицы, тем легче идет процесс коагуляции.

К.К. Гедройц расположил все катионы по их коагулирующей способности в ряд, который он назвал *лиотропным*:

$Li^+ < Na^+ < NH_4^+ < K^+ < Mg^{2+} < H^+ < Ca^{2+} < Ba^{2+} < Al^{3+} < Fe^{3+}$

Коллоиды, насыщенные одновалентными катионами, находятся в основном в состоянии золя; при замене одновалентных катионов двух- и трехвалентными они переходят в гель. Так, насыщение почвенного поглощающего комплекса натрием способствует образованию золя, распылению почвы, увеличению заряда почвенных коллоидов и их гидратации. Замещение натрия кальцием способствует коагуляции и образованию водопрочной структуры.

Типичные гели обладают ***тиксотропными свойствами***. В этом случае образовавшийся из золя гель не отделяется от дисперсионной среды в виде осадка, а застудневает вместе с ней. Коллоиды и более крупные частицы образуют своеобразный каркас, внутри которого свободное пространство заполнено раствором (водой). По внешнему виду тиксотропный гель напоминает студень или скисшее молоко. Образование его происходит медленно с постепенным нарастанием вязкости. Вторая особенность — при механическом воздействии (помешивании, встряхивании) гель может снова перевести в золь.

Тиксотропия наблюдается в почвах тундровой зоны. Поверхность тиксотропной почвы до механического воздействия ничем не отличается от почвы, не имеющей такого свойства. Но при механическом воздействии (копка шурфа, проезд вездехода) выступает вода, почва становится текучей. Тиксотропные почвы плохо проницаемы для воды и воздуха, поэтому в них развивается заболачивание.

1.9.4. Экологическое значение поглотительной способности почв

Поглотительная способность относится к одному из наиболее существенных свойств почвы, так как она участвует в процессах почвообразования и развития плодородия. Поглотительная способность регулирует питательный режим почвы, обусловливая накопление многих элементов питания растений и микроорганизмов, она же регулирует реакцию почвы, степень ее буферности, водно-физические свойства. Не менее существенно значение поглотительной способности почв в развитии частных почвообразовательных процессов. Так, интенсивность накопления продуктов почвообразования и формирование гумусово-аккумулятивных горизонтов в значительной степени обусловлена поглотительной способностью почвы.

При анализе поглотительной способности почв, ее отдельных генетических горизонтов, компонентов почвы, материнских пород и др. исследователь и практик сталкивается с широким разнообразием величины емкости катионного обмена. Это разнообразие можно сгруппировать следующим образом:

ЕКО, м.-экв на 100 г	Объекты наблюдения
3–5	Крайне низкая поглотительная способность, наблюдаемая в сильно элювиированных горизонтах подзолов, почти целиком состоящих из кремнезема и кварца.
5–10	Очень низкие величины. Это пески полевошпатовые, песчаные и супесчаные почвы, карбонатные лессы с преобладанием в гранулометрическом составе пылеватых фракций, малогумусные сероземы.
10–15	Низкая поглотительная способность, типичная для почв легкого суглинистого состава и также для почв и кор выветривания с обилием свободных окислов железа и алюминия, характерных для влажных тропиков и субтропиков; глины и суглинки без смектитовых минералов.
15–25	Средняя величина ЕКО. Наблюдается, как правило, в почвах с промывным водным режимом и не высоким содержанием гумуса (серые и бурые лесные почвы).
25–35	Поглотительная способность выше средней. Это характерно для гумусовых горизонтов сухостепных и полупустынных почв, лессовидных, покровных и других глин и суглинков с относительно равномерным сочетанием смектитовых минералов, гидрослюд, каолинита.

35–45	Высокая поглотительная способность, характерная для большинства черноземов, слитоземов, глин различного происхождения, обогащенных смектитовыми минералами (монтмориллонит, бейделит и др.), слитогенетических и иллювиально-глинистых горизонтов.
45–60	Очень высокая емкость катионного обмена. Это среднегумусные и тучные черноземы, гумусово-аккумулятивные дерновые горизонты почв различного происхождения.
Более 60	Крайне высокая поглотительная способность. Типична только для отдельных компонентов почвенной массы: гумусовые вещества, смектитовые минералы, вермикулит и т. д.

Отдельные поглощенные катионы неравнозначны по результативной сущности в многообразных явлениях природы почв. Об экологической значимости отдельных обменных катионов дает представление следующая обобщенная сводка:

Катионы	Экологическая значимость катионов
Ca^{2+}	Кальций по праву считается катионом — хранителем плодородия в связи с его многогранной значимостью. Он присутствует во всех без исключения почвах, но в разных количествах и в разных соотношениях с другими катионами. Оптимум его содержания — 80–90% от ЕКО. Это величина, характерная для типичных черноземов. Присутствие Ca^{2+} в таких количествах обеспечивает 99,9%-ную коагуляцию коллоидных систем, и, следовательно, создается необходимая предпосылка для высокого структурообразования при активной деятельности корневых систем травянистой растительности и достаточного содержания гумусовых веществ. Однако, повышенные количества в почвах интенсивно набухающих глинистых минералов типа монтмориллонита провоцируют слитогенетические явления, противоположные зернистому и комковатому структурообразованию даже при оптимальном содержании ионов Ca^{2+}. Ca^{2+} способен к ионообменному поглощению корнями растений. Однако этот способ питания растений, как правило, не принимается во внимание, так как кальций всегда присутствует в почвенных растворах и не является в биосфере дефицитным.
Mg^{2+}	Магний всегда сопровождает Ca^{2+}. Типичное соотношение Ca:Mg = 5:1. В таких количествах его действие аналогично действию Ca^{2+}. Экологическая дисгармония почвенной среды может возникать в щелочных почвах при повышении количества магния в ППК за счет снижения содержания Ca^{2+}, т. е. при изменении соотношения Ca: Mg в сторону магния. В этом случае сам Mg^{2+} вызывает повышение щелочности в связи с присутствием в почвенной среде карбонатов и бикарбонатов магния,

	что, например, наблюдается в лессовидных глинах и суглинках Предкавказья, где щелочность может достигать pH 8,6–9,1. Присутствие магния в ППК поддерживает свойства солонцеватости почв и даже приводит в отдельных случаях к образованию особых почв — магниевых солонцов.
K^+	В питании растений — основной источник доступного калия. Отмечена тенденция необменного поглощения калия из слоя компенсирующих противоионов в кристаллическую решетку минералов.
Na^+	Натрий в количествах менее 3% от ЕКО — необходимый компонент оптимального для биоценозов функционирования почвенной системы. В этом случае элемент обеспечивает дисперсность коллоидов на уровне около 0,1%, что важно для подвижности, динамичности и первоочередной резервности для минерализации гумусовых веществ и обеспечения почвенных растворов биологически необходимыми компонентами. Однако следует признать, что эта роль Na+ в почвоведении и агрохимии изучена недостаточно. Na+ как обменный катион является активным пептизатором коллоидов при концентрации его в почвенном растворе ниже порога коагуляции. При этом в состояние золя переходят все коллоидные системы, почва приобретает свойства солонцеватости, становясь текучей, бесструктурной, в растворах появляются щелочные соли, pH может достигать 9,5–10,0. Образуются особые почвы — солонцы. Изучение солонцеватости почв и солонцов — особый раздел почвоведения.
H^+	Обменный водород — источник почвенной кислотности. Его присутствие фиксируется всегда в бескарбонатных почвах, т. е. в почвах, не содержащих $CaCO_3$. В нейтральных почвах при pH от 6,5 до 7,2 H^+ присутствует в ППК в количествах менее 5% от ЕКО. В этих условиях обменный H^+ *экологически нейтрален. В количествах более* 5% от емкости обмена начинают проявляться кислотные свойства почв тем в большей степени, чем выше количество водородного иона в коллоидно-поглощенном состоянии. Максимум кислотности почвенной среды наступает когда среди обменных катионов водорода становится более 40–50%, pH почвы при этом становится кислой и сильнокислой (pH 3–5). Максимальное количество водорода в ППК может достигать 80% от ЕКО.
Al^{3+}	Алюминий в обменном состоянии — интенсивный коагулятор коллоидов. Является объектом пристального внимания в кислых почвах. При переходе в почвенный раствор образует гидролитически кислые соли, способствующие повышенной пептизации Al^{3+} в почвенной среде, поэтому учитывается при определении кислотности почв наравне с ионом водорода. Al^{3+} изучается как физиологически токсичный катион.

Fe^{3+}	Интенсивный коагулятор коллоидов, как и алюминий во влажных тропических почвах. Участвует в создании структурных микроагрегатов, придающих ферраллитным почвам эффект опесчаненности почвенной массы. Обычно такие почвы рассматриваются как псевдопесчаные. Ожелезненные почвы малопластичны, не набухают, склонны к образованию латеритов.
NH_4^+	Ион аммония — единственная возможная аккумуляция доступного растениям азота. Поглощается коллоидами в процессах аммонификации. Легко используется корневыми системами растений. Не накапливается в количествах, превышающих 3% от ЕКО. Физическая и физико-химическая значимость не изучена. Аммонийный азот, в том числе в обменном состоянии, — особый предмет агрохимических исследований.

В итоге анализа поглотительной способности почв можно сделать следующие обобщающие заключения:

1. Состав почвенного поглощающего комплекса определяет реакцию почвенной среды и ее стабильность. Нейтральные, кислые или щелочные условия почв напрямую зависят от состава обменных катионов.

2. Почвенный поглощающий комплекс представляет собой доступное для растений хранилище биофильных катионов, защищенное коллоидной электростатической природой от вымывания атмосферной влагой в грунтовые воды. По своей стабильности и эффективности ППК намного превосходит как регулятор питания растений почвенные растворы. Это относится к Na^+, NH_4^+, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}, а также практически ко всем микроэлементам металлической природы. Особенно необходимо подчеркнуть, что калийное питание растений осуществляется исключительно за счет обменного калия коллоидов, а определяемый агрохимиками доступный растениям калий — элемент коллоидно-обменного происхождения.

3. Состояние коллоидной массы первостепенно детерминирует практически все физические характеристики почвы как целостной системы, и в первую очередь структурность, плотность, воздухоемкость, влагоемкость и поведение почвенной воды. Экологически оптимальное физическое состояние почв для большинства растений, животных и других организмов возникает в среде, когда 99,9% коллоидов находятся в состоянии геля и 0,1% — золя.

4. Почвенный поглощающий комплекс является геохимическим барьером для катионов-загрязнителей тяжелых металлов и радиону-

клидов. Однако абсолютизировать катионно-коллоидное поглощение не следует. В почвах с непромывным водным режимом поглощенные катионы обменно усваиваются растениями и поступают в биологические цепи питания. В почвах, промываемых водой, неизбежно обменное вытеснение загрязнителей H^+ и дальнейшая ландшафтная миграция.

1.10. КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ

1.10.1. Природа почвенной кислотности и щелочности

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.). Кислотность почвы вызывается ионами водорода. Различают актуальную и потенциальную кислотность.

Актуальная кислотность почв *— это концентрация ионов H^+ в почвенном растворе в граммах-эквивалентах (моль) на 1 литр, выражаемая величинами pH, где pH = –lg $[H^+]$.*

Чистая вода неэлектропроводна, но тем не менее при 25°С из одного моля воды диссоциирует на ионы 0,0000001 или 1×10^{-7} моль воды. Так как число ионов в чистой воде $H^+ = OH^-$, то диссоциацию воды характеризуют ионным произведением:

$$K = [H^+] \times [OH^-] = [1\times10^{-7}] \times [1\times10^{-7}] = 10^{-14}.$$

Коэффициент K — константа показывает, что эта величина не изменяется при любых изменениях количества ионов H^+ и OH^-. Допустим, что при добавлении щелочи концентрация ионов OH^- стала равна 10^{-4}, значит концентрация ионов H^+ будет 10^{-10}. Другой случай: добавили кислоту. Концентрация ионов стала 10^{-4}, значит концентрация ионов OH^- будет 10^{-10}. Это ионное произведение воды, его сомножители принято обозначать показателем pH, причем отрицательным логарифмом (степень, в которую возводится 10,

записывается с обратным знаком). Пишут: pH=6. Это значит, что в растворе концентрация $[H^+]=10^{-6}$ моль/л и, следовательно, концентрация $[OH^-]=10^{-8}$ моль/л, т. е. ионов OH^- в 100 раз меньшие, чем ионов H^+. Среда кислая. При pH=9 концентрация ионов водорода в растворе 10^{-9}, а гидроксид-ионов — 10^{-5}, т. е. их в 10000 раз больше, чем ионов H^+. Среда щелочная. Таким образом, за цифрами показателя pH необходимо научиться видеть и учитывать количество ионов H^+ и дополнительное к нему, согласно с ионному произведению воды, количество ионов OH^-, представляемое в грамм-эквивалент (моль) на 1 литр.

Жизнь животных и растений может протекать при pH от 2,5–3 до 10–10,5. За пределами этих концентраций ионов водорода проявление жизни крайне ограничено. Этот же, даже несколько больший, размах pH мы встречаем и в почвах.

Величина pH является наиболее устойчивым генетическим показателем конкретной почвы. Варьирование pH 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, ферралитизация, микробиологические явления и т. д. Антропогенетические изменения pH происходят при окультуривании или деградации почв. Для всех почв величина их pH считается существенным диагностическим критерием.

Потенциальная кислотность *— это количество обменных ионов H^+ и Al^{3+} в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК), выражаемое в миллиграмм-эквивалентах на 100 граммов почвы (м.-экв./100г).*

В водной среде происходят реакции:

$$[ППК]H^+ + KCl \leftrightarrow [ППК]K^+ + HCl,$$

$$[ППК]Al^{3+} + 3KCl \leftrightarrow [ППК]3K^+ + AlCl_3,$$

$$AlCl_3 + 3H_2O \leftrightarrow Al(OH)_3\downarrow + 3\ HCl.$$

В результате реакций обмена поглощенные ионы H^+ и Al^{3+} определяют концентрацию ионов H^+ в почвенном растворе или его pH, т. е. потенциальная кислотность есть скрытая в ППК кислотность.

Потенциальная кислотность разделяется на обменную и гидролитическую. ***Обменная кислотность*** *проявляется при взаимодействии с почвой нейтральных солей.* Обычно для ее определения используют раствор KCl. Образующаяся в растворе кислота оттитровывается щелочью, а сама кислотность выражается в м.-экв на 100 г почвы. При взаимодействии почв с нейтральной солью не все протоны переходят в раствор, так как в системе устанавливается динамическое равновесие:

$$[ППК]H^+ + KCl \leftrightarrow [ППК]K^+ + HCl.$$

Гидролитическая кислотность *обнаруживается при воздействии на почву гидролитически щелочной соли*:

$$[ППК]H^+ + CH_3COONa \leftrightarrow [ППК]Na^+ + CH_3COOH.$$

Уксусная кислота, как слабогидролизуемая соль, практически связывает все водородные ионы и происходит практически полное вытеснение протонов из почвенного поглощающего комплекса. Поэтому во всех агромелиоративных расчетах пользуются данными определения гидролитической кислотности для установления доз $CaCO_3$ при ликвидации избыточной кислотности. Этот прием называют известкованием почв. В присутствии углекислоты известь переходит в растворимый бикарбонат и происходит необменное поглощение H^+:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 = Ca(HCO_3)_2,$$

$$[ППК]2H^+ + Ca(HCO_3)_2 \leftrightarrow [ППК]Ca^{2+} + 2H_2O + 2CO_2.$$

Нуждаемость почв в известковании определяют по степени насыщенности почв основаниями, по соотношению между поглощенными $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ и $H^+ + Al^{3+}$.

Это степень насыщенности почв основаниями, выражается в процентах от емкости обмена:

$$V = \frac{S}{E} \times 100 = \frac{S}{S+H} \times 100,$$

где V — степень насыщенности почв основаниями, %; S — сумма обменных оснований, м.-экв/100 г; E — емкость поглощения, м.-экв/100 г; H — гидролитическая кислотность, м.-экв/100 г.

На основании полевых опытов установлено следующая примерная шкала:

V	Нуждаемость в известковании
Ниже 50	Сильно нуждаются в извести
От 55 до 70	Средненуждаемые
70–80	Слабонуждаемые
Выше 80	Не нуждаются в извести

Различают также актуальную и потенциальную щелочность. ***Актуальная щелочность почв*** *обусловлена присутствием в почве гидролитически щелочных солей:* Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$, $MgCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$ *и др.*

$$Na_2CO_3 + 2HOH \leftrightarrow H_2CO_3 + 2Na + 2OH^-.$$

Эти соли увеличивают концентрацию ионов OH^- в почвенном растворе, pH становится щелочной.

Потенциальная щелочность *характерна для почв солонцеватых, содержащих обменный натрий*:

$$\text{ППК}\begin{matrix}\rceil Na^+ \\ \rfloor Na^+\end{matrix} + H_2CO_3 \leftrightarrow \text{ППК}\begin{matrix}\rceil H^+ \\ \rfloor H^+\end{matrix} + Na_2CO_3.$$

Следовательно, потенциальная щелочность — не что иное как солонцеватость почв.

Значение солей, встречающихся в почвах, в формировании реакции почвенной среды иллюстрирует табл. 25:

Таблица 25

Реакция (pH) растворов соединений, встречающихся в почвах

Соединения	pH	Соединения	pH
Na_2CO_3	12–13	$CaSO_4$	7,0
$CaCO_3$ без CO_2	10,2	H2O	6,7–7,1
$CaCO_3$+CO_2	8,5	NaSO4, NaCl	6,5–6,8
$MgCO_3$	11,5	NH4Cl	4,7
$Ca(HCO_3)_2$	6,1–8,4	H2CO3	3,9–5,7
$NaHCO_3$	8,5–9,5	KAl(SiO4)2, AlCl3	2–4

Сильно кислую реакцию среды (pH 2–4) могут создавать при окислении различные сульфиды, которые содержатся в засоленных приморских болотах или в отвалах угольных карьеров и шахт:

$$4FeS_2 + 15O_2 + 2H_2O = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2SO_4.$$

В создании определенной реакции среды велика роль органических остатков. Лесная подстилка подзолистых и серых лесных почв имеет обычно pH 3,5–5,0. Гумусовые же вещества, образующиеся в этой подстилке, более кислы — 3,0–3,5. Особенно кислы продукты разложения мхов — pH 2,5–3,0. При разложении растительного опада в лесных биогеоценозах образуются и свободные органические кислоты типа уксусной, щавелевой, лимонной и др.

Антропогенные подкисления почв вызываются кислыми продуктами фабричных и заводских отходов, попадающих в атмосферу: хлор и соляная кислота, сероводород и сернистый ангидрид, окислы азота, соединения алюминия, углекислота. Западноевропейские и скандинавские исследователи отмечают pH атмосферных осадков 4,0,3,0,2,0.

1.10.2. Экологическое значение кислотности и щелочности почв

Рассмотрим влияние реакции среды (pH) на основные свойства почв, растения и микроорганизмы.

pH 4,0–5,0. Резкокислая реакция среды. Часто встречается во влажном климате и характерна для подзолистых и болотных почв, желтоземно- и красноземно-подзолистых и других почв. Все они сильно промыты от извести, соединений калия, бора, серы, цинка, кобальта, йода. Доступность растениям фосфатов понижена. Железо, алюминий и марганец подвижны и оказывают на многие растения (кроме чая) токсическое воздействие. Деятельность бактерий подавлена, наблюдается повышенная активность грибов. Многие сельскохозяйственные растения нуждаются в изменении реакции среды, но известкование нужно применять очень осторожно. На таких почвах оно может вызвать разрушение органических веществ, которыми эти почвы, как правило, бедны, и даже ухудшить их физические свойства. Физические свойства почв нередко весьма благоприятны: их коллоиды скоагулированы подвижными Al^{3+} и

Fe^{3+}. В подобных почвах нет периода весенней спелости, их можно обрабатывать в любое время года. Почвы с таким pH наиболее рационально использовать под кислотолюбивые и кислотовыносливые растения.

pH 5,0–6,0. Сильнокислая реакция среды. Характерна для почв влажного климата (подзолистые, дерново-подзолистые, бурые лесные ненасыщенные, желтоземы и красноземы). Состояние фосфатов, соединений железа, алюминия, марганца, кальция, калия, бора, кобальта, йода аналогично резкокислым условиям. Понижена бактериальная деятельность, активизирована грибная. Для почв с таким pH при суглинистом и особенно глинистом гранулометрическом составе характерны плохие физические свойства — склонность к уплотнению. Весной эти почвы не созревают, а постепенно высыхают. Благоприятные условия обработки бывают только в очень узком диапазоне влажности: то почва сырая и дает пласты, далее легко ссыхающиеся в глыбы, то сухая и пашня глыбистая. Объясняется это тем, что весной, образующаяся углекислота при этом pH не вытесняет Ca^{2+}, а соединения алюминия и железа так же еще не образуют достаточного количества ионов. На севере эти почвы исправляются известкованием.

pH 6,0–6,5. Слабокислая реакция среды. Встречается в почвах влажного климата (выщелоченные черноземы, серые и бурые лесные, насыщенные желтоземы и красноземы). Фосфаты находятся в доступном состоянии, токсичность алюминия и марганца понижена или отсутствует. Дефицит серы, кальция, калия, бора, кобальта, йода невысокий. Условия минерального и азотного питания близки к оптимальным. Характерны достаточно благоприятные физические условия при некоторой склонности к уплотнению, повышенный уровень жизнедеятельности микроорганизмов и нитрификационной активности. У этих почв хорошо выражен период спелости, связанный с обесструктуриванием пересыщенной влагой почвы за зиму и вновь образованием структуры весной при прогревании почвы. Процесс созревания таких почв связан с возобновлением микробиологической активности, выделением CO_2, вытеснением кальция водородом угольной кислоты. Появление Ca^{2+} в свободном состоянии вызывает коагуляцию коллоидов и восстановление утраченной за зиму структуры. Так как созревание почвы происходит без большой по-

тери влаги, то срок оптимальной обработки после созревания почвы достаточно велик.

pH 6,5–7,5. Нейтральная реакция среды. Типична для черноземных почв. Благоприятные физические условия, прекрасная оструктуренность, интенсивная микробиологическая деятельность, оптимальные условия фосфорного, азотного и минерального питания, высокий уровень плодородия. Обрабатывать весной необходимо при спелости почвы, которая наступает быстрее, чем у слабокислых почв.

pH 7,5–8,5 (8,7). Слабощелочные условия. Наблюдаются в южных черноземах, в карбонатных почвах, в автоморфных почвах сухих и полупустынных степей. Фосфаты, железо, цинк и марганец могут быть в дефиците. Легко возникает антагонизм между обеспеченностью фосфором, цинком и медью. При систематическом применении фосфора возникает цинковая и медная недостаточность. Возможен хлороз растений, чаще в относительно более влажных условиях. Физические свойства — от отличных (карбонатные черноземы) до неудовлетворительных (солонцеватые почвы). Весеннее созревание почвы идет быстро. Микробиологическая деятельность, нитрификационная способность, условия азотного питания, доступность многих зольных элементов хорошие.

pH 8,5(8,7)–10,0. Сильнощелочные условия. При pH выше 8,9 в горизонте A_1 почвы следует отнести в группу резкощелочных. Основу этой группы составляют почвы с повышенной щелочной реакцией материнской породы. Такое повышенное pH характерно для материнских пород многих черноземов и каштановых почв. В этом случае щелочность, не отражаясь существенно на полевых культурах, неблагоприятна для деревьев, особенно яблони и черешни.

pH 10–12. Резкощелочные условия. Встречаются местами в аридном климате. Такими могут быть многие солонцы, содовые солончаки. Доступность фосфатов понижена, железо и марганец в дефиците, возможен избыток бора. Характеризуются крайне неблагоприятными физическими условиями, обесструктуренностью и подавленной деятельностью микроорганизмов. Требуют высоких доз гипсования, без которого к сельскохозяйственному использованию непригодны.

Наиболее благоприятной для большинства растений в физиологическом отношении является реакция почвенного раствора, близкая к

нейтральной, слабокислой или слабощелочной. Повышенная кислотность и щелочность отрицательно влияет на рост и развитие растений, действуя негативно физиологически и через снабжение растений питательными веществами. При pH менее 3 и выше 9 повреждается протоплазма клеток в корнях большинства растений. В щелочных условиях при pH выше 8,5 (8,7) возможен дефицит нитратов и фосфатов, избыток легкорастворимых солей, недостаток двухвалентных форм железа и марганца, дефицит меди и цинка.

В кислых почвах также мало нитратов из-за подавленной нитрификационной способности, наблюдается связывание фосфатов в недоступные растениям трехвалентные формы железа и алюминия, ощущается недостаток кальция, магния, калия, серы. Кроме этого, избыток подвижных соединений алюминия и марганца оказывает на растения токсическое действие. Микроскопическое исследование растений, выращенных при высоких концентрациях алюминия, показало ненормально большое число клеток с двумя ядрами в меристематической зоне кончика корня (Блэк). Это указывает на подавление деления клеток. Избыток алюминия подавляет поглощение растениями фосфора, кальция, калия, железа, натрия и бора, так как снижается проницаемость протоплазмы корневых клеток. Марганец в кислой почве ведет себя подобно алюминию.

Реакция растений на различную кислотность почвы хорошо иллюстрирует табл. 26. Четко видно, что угнетающее воздействие кислых условий неодинаково сказывается на различных культурах. Однако существуют растения ацидофилы. Например, чайный куст, тунг, клевер, люпин нуждаются для своего развития в кислых условиях и не выносят избытка кальция.

Большой группе растений предпочтительны нейтральные или слабощелочные почвы. Это наши ведущие зерновые культуры — пшеница, ячмень. Хорошо растет на щелочных известковых почвах виноград. Из трав, развивающихся только в нейтральных и щелочных условиях, можно назвать донник, люцерну, житняк, суданскую траву. Некоторые растения могут развиваться при широком диапазоне реакции среды: кукуруза, рис, табак.

В табл. 27 дана сводка требовательности растений к реакции почвенной среды.

Исследование реакции почвенной среды особенно важно для плодовых насаждений. Нормальной реакцией считается pH от 6,0 до 8,0,

Таблица 26

Урожай культур в севообороте при различных значениях pH (Блэк)

Культура	pH и относительный средний урожай, %				
	4,7	5,0	5,7	6,6	7,5
Кукуруза	34	73	83	100	85
Пшеница	68	76	89	100	99
Овес	77	93	99	98	100
Ячмень	0	23	80	95	100
Люцерна	2	9	42	100	100
Донник	0	2	49	89	100
Клевер красный	12	21	53	98	100
Клевер розовый	16	27	72	100	95
Соя	65	79	80	100	93
Тимофеевка	31	47	66	100	95

несколько хуже — 8,3–8,5. На кислых почвах при pH ниже 5 для семечковых пород и при pH ниже 6 для косточковых пород необходимо известкование.

Абрикос не выносит кислой реакции, но он мало чувствителен к щелочной реакции глубоких горизонтов. Груша и яблоня, хорошо развиваясь на слабокислых почвах, совершенно не выносят повышенной щелочности даже в глубоких горизонтах.

Оценка реакции среды почв для плодовых насаждений приведена ниже:

3,5–4,5	Пригодны под плодовые насаждения только после известкования
4,5–6,0	Пригодны под плодовые насаждения, желательно известкование для косточковых пород
6,0–8,0	Пригодны под сады без мелиорации
8,0–8,5(8,7)	Хорошие почвы для косточковых и удовлетворительные для семечковых пород
Более 8,5(8,7)	Под сады непригодны. Возможна посадка абрикоса и вишни после гипсования

Таблица 27

Значения pH почвы, оптимальные для растений и микроорганизмов

Растения	pH	Растения	pH
Пшеница	6,6–7,5–8,5	Картофель	5,3–8,0
Ячмень	6,1–7,2	Лен	5,0–6,0
Рожь	5,5–7,2	Табак	4,5–8,0
Овес	5,0–7,5	Хлопчатник	7,0–8,5 -
Просо	7,0–8,5	Соя	5,5–6,5
Кукуруза	6,0–8,5	Батат	5,5–7,0
Рис	6,0–8,7	Фасоль	7,0–8,0
Суданская трава	7,5–8,7	Горох	6,0–7,5
Люцерна	7,0–8,3	Конопля	6,0–8,0
Клевер	6,0–6,5	Табак	6,5–8,0
Овсяница обыкновенная	7,5–8,5	Морковь	6,5–8,0
Донник	7.0–8,7	Брусника	6,0–6,0
Житняк	7,0–8,5	Клюква	4,5–5,5
Костер безостый	7,0–8,5	Папайя	6,3–7,0
Виноград	7,0–8,7	Чайный куст	4,8–6,3
Яблоня	6,5–7,5	Тунг	4,5–6,5
Абрикос	7,0–8,5	Грибы	3,5–6,0
Слива	6,5–8,0	Азотобактер	6,8
Вишня	6,5–8,5	Нитрификаторы	6,0–8,0
Сахарная свекла	6,5–7,5	Денитрификаторы	7,0–8,0

При оценке экологической значимости величин pH определенное значение имеют методологические подходы. При этом необходимо учитывать следующее:

- определение pH в растворе водной вытяжки дает приближенное представление о кислотности или щелочности почв, так как на реакцию среды влияет потенциальная кислотность или щелочность почвы;
- определения pH в солевой вытяжке с KCl отражает подлинную реакцию среды только в кислых почвах. В нейтральных и ще-

лочных почвах, как правило, показывается более повышенная концентрация иона H^+, чем это имеет место при анализе экологического состояния растений;

- наиболее полно фактическое состояние почвы отражает определение pH не в вытяжках из почвы, а в ее суспензиях при соотношении почва: вода 1:5. Особенно это важно для почв с pH более 7,5. Суспензионный эффект, природа которого до сих пор не полностью выяснена, приближает определяемые величины к истинным значениям pH, которые хорошо коррелируют с состоянием тех или иных растений.

1.11. ОБЩИЕ ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Изучение физических свойств почв связано с именами П.А. Костычева, В.Р. Вильямса, А.Г. Дояренко, Н.А. Качинского, И.Н. Антипова-Каратаева, С.В. Астапова, П.В. Вершинина, Ф.Е. Колясева, А.Ф. Тюлина, А.А. Роде, С.И. Долгова, И.И. Ревута и других ученых.

1.11.1. Общие физические свойства почв

К общим физическим свойствам почвы относят плотность твердой фазы почвы, плотность почвы в целом, пористость почвы.

Плотность твердой фазы[1] — средняя плотность почвенных частиц — масса сухого вещества почвы *(M)* в единице его истинного объема *(V_s)*, т. е. в единице объема твердой фазы почвы, выраженная в г/см^3 или т/м^3:

$$d = M/V_s.$$

Различные типы почв имеют неодинаковую плотность твердой фазы. Ее величина для минеральных почв колеблется от 2,4 до 2,8 г/см^3 и зависит от минералогического состава почвы и содержания органических компонентов. Типична следующая закономерность: чем больше в почвах органических веществ, тем ниже их плотность, и чем больше в почвах минералов окислов железа, тем выше плотность твердой фазы (табл. 28).

Плотность почвы[1] — масса сухого вещества почвы *(M)* в единице ее объема ненарушенного естественного сложения *(V)*, выраженная в г/см^3 или т/м^3:

$$d_v = M/V.$$

Водно-воздушный режим почв тесно связан с их плотностью. Плотность почвы определяет соотношение между твердой, жидкой и газо-

[1] Синоним — удельный вес почвы (уст.).

Таблица 28

Плотность твердой фазы минеральных и органических компонентов почвы, г/см^3

Минералы и органические компоненты	Плотность	Минералы и органические компоненты	Плотность
Гипс	2,30–2,35	Роговая обманка	2,90–3,40
Кварц	2,60–2,65	Лимонит	3,50–4,00
Мусковит	2,76–3,00	Торф, лесные подстилки	0,40–0,90
Слюда	2,80–3,20	Гумус	1,30–1,40
Монтмориллонит	2,10	Оливин	3,30–3,40
Каолинит	2,60	Гранит	3,40–4,30
Магнетит	5,10–5,30	Ортоклаз	2,50–2,60

образной фазами. Величины ее связаны со структурным состоянием почвы. В то же время плотность является показателем, который можно учесть сравнительно просто, поэтому ее используют как основной количественный показатель оценки качества почвы в отношении ее физических свойств.

Величину плотности почв определяют многие причины. Большое значение имеет минералогический состав твердой фазы почвы, присутствие органического вещества. Тяжелые минералы в почве способствуют увеличению плотности, а легкие понижают ее. Большое количество органических веществ уменьшает плотность.

Но в большей степени величины плотности почв зависят от их сложения и структурного состояния. Рыхлые почвы с зернистой и комковатой структурой, с большой пористостью обусловливают малые величины плотности. Почвы же бесструктурные, слитые характеризуются повышенными значениями плотности. Почвы могут уплотняться под влиянием прохода тяжелых сельскохозяйственных машин, выпаса скота, поливов. Особо острой проблемой в последние годы стала машинная деградация почв, связанная с применением тяжелых почвообрабатывающих машин и комбайнов. Плотность увеличивается в глубоких горизонтах почвы, что приводит к необратимому

[1] Синонимы — объемный вес почвы, объемная масса почвы (уст.).

снижению уровня плодородия. Это наблюдается как под пропашными и зерновыми культурами, так и под многолетними насаждениями (сады, виноградники).

Плотность почвы в среднем определяется величинами 1,2–1,4. К ним оказались экологически приспособленными большинство растений. Однако отклонения от средних величин могут быть значительными (табл. 29). При этом, как правило, складываются экстремальные условия для живых организмов в почвенной среде.

Таблица 29

Плотность некоторых почв и грунтов, г/см³

Почвы, грунты	Плотность	Почвы, грунты	Плотность
Торф	0,2–0,5	Солонцовый горизонт	1,5–1,7
Пухлый солончак	0,8–1,0	Глыбы после вспашки	1,7–1,9
Подзолистый горизонт	1,2–1,5	Корка после полива	1,6–1,9
Болотные почвы	1,1–1,3	Третичные глины	1,7–2,0
Лессы	1,3–1,5	Слитой горизонт в сухом	1,9–2,0
Целинный чернозем	1,2–1,3	состоянии	
Свежая вспашка	1,0–1,1	Иллювиальные горизонты	1,6–1,8

Пористость[1] — суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы. Пористость выражается в процентах от общего объема почвы. В разных горизонтах минеральных почв пористость изменяется в широких пределах (25–80%), в гумусовых горизонтах обычно составляет 50–60%, для болотных торфяных почв — 80–90%.

Предметом специальных исследований является различные формы пористости, а их соотношения называются *дифференциальной порозностью почв*. Так, при структурном анализе почвы можно фиксировать порозность отдельных агрегатов и межагрегатную порозность, или структурную и межструктурную порозность. Отдельно учитывается объем пор, занятых прочносвязанной влагой, а также капиллярной водой (капиллярная пористость). Чаще всего исследователь и практик имеет дело с порозностью аэрации, которая учитывает поровые пространства в каждый данный момент разновлажной почвы. Таким образом, пористость почв дифференцируется следующим образом:

Общая порозность — суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы.

[1] Синоним — порозность.

Капиллярная порозность — объем пор, занятых капиллярами почвы, включая межагрегатные пространства.

Агрегатная порозность — объем пор в агрегатах или структурных отдельностях.

Межагрегатная порозность — пространства почвы между агрегатами.

Порозность аэрации — пространства почвы, незанятые водой, но заполненные воздухом.

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

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

где d_v — плотность почвы, d — плотность твердой фазы.

$$P_a = P - P_w,$$

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. Так, плотность чернозема типичного, а соответственно его пористость мало изменчивы в естественном состоянии. Плотность же чернозема слитого и его порозность изменяется в широких пределах, от плотности 1,40 и порозности 48% во влажном состоянии, до плотности 1,95 и порозности 26% в сухом состоянии. Высокое содержание в почвах сильно набухающих минералов типа монтмориллонита делают их весьма динамичными в отношении порозности.

Безусловно, обработка почвы существенно меняет порозность, делая ее оптимальной для возделываемых растений. Установлено, что порозность аэрации должна быть не менее 15%. В агротехнической практике вспашка, рыхление корнеобитаемого слоя, т. е. увеличение ее пористости и, соответственно, снижение плотности — прием, имеющий практически такой же возраст, как и само земледелие. С техническим прогрессом в земледелие пришли глубокая плантажная вспашка или безотвальное рыхление до глубины 50—60 см, применяемые при посадке многолетних насаждений. В зоне корнеобитания

плотность уменьшается на 10–15%, а пористость увеличивается на 15–20%, скорость впитывания воды возрастает в два раза. Оптимизация физического состояния почв как раз важна в этом случае для молодых укореняющихся растений. Со временем, примерно через 3–4 года, почва приобретает исходное состояние, а молодые растения к тому времени уже набирают силу.

1.11.2. Экологическое значение плотности почв

Роль плотности в становлении свойств почвы и жизни растений многогранна. Она оказывает значительное влияние на накопление воды и пищи, на соотношение воды и воздуха в почве. Особенно неблагоприятное воздействие проявляется при повышенном уплотнении почвы. Это сказывается на водном режиме, газообмене и биологической активности. При уплотнении почвы, т. е. при уменьшении ее объема, увеличивается доля твердой фазы и доля, занимаемая недоступной влагой. При плотности 1,5–1,6 на долю доступной влаги приходится всего 5–10% от объема почвы, причем эта доля имеется только при высоком влагосодержании. Чем суше почва, тем большее угнетение испытывают растения от повышенной плотности. С увеличением уплотнения на 0,1 г/см^3 содержание недоступной растениям воды возрастает на 10%.

Степень неблагоприятности плотных почв во многом зависит от минералогического состава. В слитых почвах, богатых монтмориллонитом, отрицательное воздействие повышенного уплотнения усиливают явления набухания и усадки. Объемное сжатие при высыхании почв (усадка) составляет почти 30%. Это приводит к разрыву корневых систем растений, а слитой слой, таким образом, исключается из корнеобитаемой толщи.

Плотность почвы оказывает влияние на численность микроорганизмов, на биологическую активность почвы. Нормальный газообмен нарушается при плотности более 1,45 г/см^3. Начинает проявляться анаэробиозис. Он вызывается сокращением количества макропор и крупных капилляров, при этом снижается диффузия воздуха и газообмен между почвой и атмосферой. В почвах резко снижается содержание кислорода. Меняется направление биологического превращения веществ, подавляется разложение органического вещества.

Растения страдают от излишней плотности. Их реакция на уплотнение почвы проявляется в снижении всхожести и ее запаздывании, в резких различиях в высоте, слабой окраске листьев, нарушении формы корневой системы, деформации клубней и т. п. Все это приводит к снижению урожаев и общей биологической продуктивности. Неблагоприятно также и очень рыхлое сложение. Наиболее оптимальные условия в пахотном горизонте для большинства растений создаются при плотности 1,0–1,2 (1,3) г/см^3. Этой плотности соответствует порозность 55–60%. При таких показателях плотности почва хорошо водопроницаема и влагоемка. Некоторые культуры, например, хлопчатник, люцерна, люпин, лучше развиваются при более высоких значениях плотности пахотного слоя. Особо выделяется рис, требующий для нормального роста и развития высокой плотности верхнего корнеобитаемого слоя.

Создание оптимальной плотности пахотного слоя — важнейший прием повышения урожайности. Оптимальная плотность пашни дает следующую прибавку урожая в сравнении с излишне уплотненными почвами: яровая пшеница 1,5 ц/га, просо 2,5, кукуруза на силос 25–40, сахарная свекла 8–10, картофель 15.

Плотность пахотного слоя поддается регулированию с помощью обработки почвы: вспашки, прикатывания, культивации. Плотность пахотных горизонтов также в некоторых случаях можно регулировать глубокой безотвальной обработкой и рыхлением, плантажем. Однако в создании урожая участвуют не только верхние слои, но и вся корнеобитаемая толща, горизонты почвы глубже 40–50 см. Их физическое состояние определяет качество почвы в целом. Проникновение корней в уплотненные горизонты с плотностью 1,40–1,55 (1,60) затруднено, их развитие угнетается, а при плотности более 1,55 (1,60) рост корневой системы растений невозможен. На черноземах оптимальной плотностью для большинства растений горизонта АВ считаются величины порядка 1,30–1,35. Обычно увеличение плотности почвы в ее корнеобитаемом слое снижает урожайность зерновых культур на 10–15%.

Для плодовых деревьев учитывают плотность корнеобитаемого слоя: 20–200 (300) см у почв с коэффициентом увлажнения менее 1,0 (черноземы, коричневые, каштановые и другие почвы) и 20–100 см у почв с коэффициентом более 1,0 (дерново-подзолистые, серые, бурые лесные, желтоземы и пр.). По отрицательной реакции на уплотнение

плодовые деревья располагаются в следующем порядке: оптимальная плотность почвы для черешни — менее 1,35; для яблони, груши, абрикоса — 1,30–1,40; для сливы и вишни — 1,35–1,45 г/см^3. Выше этих величин наблюдается угнетение деревьев, снижение урожайности, а при 1,55 (1,60) корневые системы не развиваются, деревья преждевременно гибнут.

Для почв влажных условий важен учет плотности почвообразующей породы ниже корнеобитаемой толщи. При высокой плотности подпочвы (более 1,55–1,60) нормальное развитие деревьев возможно только на склонах более 3°, а на равнинных участках деревья гибнут от избыточного увлажнения из-за отсутствия естественного дренажа.

Изучение зависимости продуктивности винограда от физических свойств показало тесную прямую корреляционную зависимость урожайности и общей порозности и обратную с плотностью почвы. При уплотнении активной корнеобитаемой толщи до 1,35 г/см^3 и порозности свыше 50% уровень плодородия почв для культуры винограда остается высоким. Но уже при средней плотности 1,5 г/см^3 и порозности 45–50% урожайность снижается в два раза, а при плотности более 1,7 г/см^3 виноград гибнет. Уплотнение почвы отрицательно сказывается на накоплении сахара в ягодах и способствует росту кислотности.

1.11.3. 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. 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 обусловливает 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. 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 обусловливается 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.

Состав поглощенных оснований почвы в значительной мере определяет ее липкость. Увеличение степени насыщенности почвы кальцием способствует снижению величины прилипания, тогда как с возрастанием насыщенности натрием липкость почвы резко увеличивается.

На прилипание существенно влияет гранулометрический состав почвы. У глинистых почв липкость наиболее значительна, у песка она наименьшая. По липкости почвы на предельно вязкие (>15 г/см^2), сильновязкие (5–15), средние по вязкости (2–5), слабовязкие (< 2 г/см^2).

Набухание *— увеличение объема почвы при увлажнении.* Набухание присуще мелкоземистым почвам, содержащим большое количество коллоидов, и объясняется связыванием тонкими частицами почвы молекул воды (увеличением гидратных оболочек). Величина набухания зависит от количества и качества коллоидов. Наиболее набухаемы глинистые почвы. Набухание тесно связано с составом глинистых минералов почвы. Минералы монтмориллонитовой группы с расширяющейся кристаллической решеткой обладают наибольшей набухаемостью, минералы каолинитовой группы — наименьшей. Органические коллоиды при увлажнении также сильно увеличиваются в объеме.

Большое влияние на набухание оказывает состав обменных катионов почв. При насыщении почв одновалентными основаниями (особенно натрием) набухание достигает 120–150%, тогда как при насыщении почв двух- и трехвалентными катионами значительного увеличения в объеме при набухании не наблюдается.

Усадка *— сокращение объема почвы при высыхании.* Величина усадки обусловлена теми же факторами, что и набухание. Чем больше набухание, тем сильнее усадка почвы.

Практически целесообразно использовать следующие разделения почв по набухаемости:

- при увлажнении объем увеличивается менее чем на 10% — слабо набухающие почвы;
- объем увеличивается от 10% до 20% — средне набухающие почвы;
- объем увеличивается от 20% до 30% — сильно набухающие почвы;
- и более 30% — очень сильно набухающие почвы.

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 $см^2$ ($кг/см^2$).

Твердость *— сопротивление, которое оказывает почва проникновению в нее под давлением какого-либо тела* (шара, конуса, цилиндра и т. д.). Твердость определяется специальными приборами — твердомерами. Выражается в килограммах на 1 $см^2$. 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 *— усилие, затрачиваемое на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность.* Удельным сопротивлением обусловливается величина силы тяги при вспашке почвы. Выражается удельное сопротивление в килограммах на 1 $см^2$.

1.12. ПОЧВЕННЫЙ РАСТВОР

Почвенный раствор можно определить как жидкую фазу почв, включающую почвенную воду, содержащую растворенные соли, органоминеральные и органические соединения, газы и тончайшие коллоидные золи. В.И. Вернадский считал почвенные растворы одной из важнейших категорий природных вод, «основным субстратом жизни», «основным элементом механизма биосферы». Очень примечательно следующее высказывание академика Вернадского:

«Любое проявление природной воды — глетчерный лед, почвенный раствор, гейзер, минеральный источник — составляют единое целое, прямо или косвенно, но глубоко связанные между собой».

К.К. Гедройц, А.Г. Дояренко, А.А. Шмук, С.А. Захаров, А.А. Роде, П.А. Крюков, Н.А. Комарова, Е. И. Шилова внесли существенный вклад в разработку методов выделения, изучения состава и динамики почвенных растворов.

Почвенный раствор — это вода свободная и рыхлосвязанная, наполняющая капиллярные промежутки и пространства между агрегатами, содержащая в растворенном и коллоидном состоянии некоторые газы, минеральные, органоминеральные и органические вещества. Объем почвенного раствора равен объему почвенной влаги за исключением воды на уровне максимально гигроскопической влажности.

Физически прочносвязанная вода не входит в состав почвенного раствора. Проблематично к почвенному раствору отнести гравитационно просачивающуюся воду, проходящую почвенные горизонты по крупным трещинами и ходам корней и животных.

1.12.1. Методы выделения почвенного раствора

Для выделения почвенного раствора используют методы: выжимание раствора под давлением на специальных прессах, центрифугирования и замещения (вытеснения) другой жидкостью. Количество выделяющегося почвенного раствора зависит от водоудерживающих свойств почвы и степени ее увлажнения. Получение почвенных растворов центрифугированием возможно лишь в почвах с влажностью,

близкой к полной влагоемкости. Выделение почвенного раствора замещением его другой жидкостью заключается в том, что через колонку, заполненную исследуемой почвой с естественной влажностью, сверху просачивается вытесняющая жидкость. Наиболее удобен для этой цели этиловый спирт. Почвенный раствор собирается в приемник. Для улучшения фильтрационных свойств тяжелых почв их рекомендуется смешивать с хорошо отмытым кварцевым песком. При использовании указанных методов после выделения раствора в почве остается еще некоторое количество влаги.

Преимущество указанных методов — возможность получения растворов при влажности, характерной для почв в вегетационный период, поэтому практически динамику почвенного раствора можно изучить лишь этими методами.

Состав жидкой фазы почвы в почвоведении также изучают лизиметрическим методом. Этот метод основан на исследовании просачивающихся через определенную толщу почвы дождевых или талых вод, которые собирают в специальный приемник. Недостаток всех лизиметрических установок — возможность получения растворов лишь в периоды сильного увлажнения почв.

Все методы выделения почвенных растворов трудоемки и не получили широкого распространения в практике научных исследований, кроме лизиметрических стационаров.

Некоторое приближение к познанию состава почвенных растворов дает метод извлечения солей из почвы водной вытяжкой в соотношении почва:вода = 1:5. Простота и доступность метода водной вытяжки сделала его массовым при определении засоленности почв и содержания водорастворимых элементов питания растений.

Сравнительное представление о составе почвенного раствора и водной вытяжки из солончака дают следующие данные в м.-экв. на 100 г почвы.

	Вытяжка	Раствор
Cl^-	39,4	42,4
SO_4^{2-}	14,1	7,0
Na^+	37,0	36,4
Mg^{2+}	12,0	12,6
Ca^{2+}	4,6	0,6

1.12.2. Состав, свойства и экологическая значимость почвенных растворов

Наиболее существенным источником почвенных растворов являются атмосферные осадки. Грунтовые воды также могут участвовать в их формировании при близком их залегании от поверхности. При орошении дополнительным резервом влаги для почвенных растворов становятся поливные воды.

Атмосферные осадки, поверхностные воды, росы, грунтовые воды, попадая в почву и переходя в категорию жидкой ее фазы, изменяют свой состав при взаимодействии с твердой и газообразной фазами почвы, с корневыми системами растений и живыми организмами, населяющими почву.

В почвенном растворе содержатся минеральные, органические и органо-минеральные вещества, представленные в виде ионных, молекулярных и коллоидных форм. Кроме того, в почвенном растворе присутствуют растворенные газы: CO_2, O_2 и др.

Из минеральных соединений в составе почвенного раствора могут быть анионы HCO_3^-, CO_3^{2-}, NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{2-}, Cl^-, $H_2PO_4^-$, HPO_4^{2-} и катионы Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, NH_4^+, K^+, H^+ и др. В сильнокислых почвах могут быть также Al^{3+}, Fe^{3+}, а в заболоченных Fe^{2+}. Железо и алюминий в почвенных растворах содержатся в основном в виде устойчивых комплексов с органическими веществами.

Из органических соединений в почвенном растворе могут присутствовать водорастворимые вещества органических остатков и продукты их разложения, продукты жизнедеятельности растений и микроорганизмов (органические кислоты, сахара, аминокислоты, спирты, ферменты, дубильные вещества и др.), а также гумусовые вещества.

Органоминеральные соединения представлены преимущественно комплексными соединениями различных органических веществ кислотной природы (гумусовые кислоты, полифенолы, низкомолекулярные органические кислоты) с поливалентными катионами.

Соотношение минеральной и органической частей почвенного раствора неодинаково в разных почвах. Так, для болотных, подзолисто-болотных и целинных дерново-подзолистых почв характерно преобладание в почвенном растворе органических веществ над минеральными; в черноземах эти компоненты примерно равны, а в засоленных

почвах минеральных соединений больше. Повышенное содержание органических веществ в почвенном растворе имеют также солонцовые почвы благодаря его щелочной реакции к пептизирующему действию поглощенного Na^+.

Коллоидно-растворимые формы могут быть представлены органическими и органоминеральными веществами, золями кремнекислоты и полуторaокисей железа и алюминия. По данным К.К. Гедройца, коллоидная часть составляет обычно 1/4—1/10 и меньше общего количества веществ в растворе. Высокое содержание коллоидно-растворимых соединений наблюдается в почвенных растворах солонцов.

Содержание отдельных компонентов почвенного раствора существенно изменяется также по генетическим горизонтам одного и того же типа почв. Максимум органических веществ находится в почвенном растворе органогенных и гумусовых горизонтов. Вниз по профилю почв количество органических веществ резко падает в результате их закрепления и минерализации в верхних горизонтах. В черноземах, каштановых почвах, сероземах и солонцах в составе почвенных растворов нижних горизонтов содержание минеральных солей увеличивается.

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 граммов на литр. Так, в подзолах концентрация почвенного раствора составляет 2—3, в черноземах — 4—6, в солончаках — 10—300 г/л при оптимальной концентрации для большинства сельскохозяйственных растений 3—6 г/л. Для сравнения: концентрация солей в воде реки Дон — 0,5, а в морской воде — 35 г/л.

Почвенный раствор находится в постоянном и тесном взаимодействии с твердой и газовой фазами почвы и корнями растений, и поэтому состав и концентрация его являются результатом биологических, физико-химических и физических процессов, лежащих в основе этого взаимодействия.

Темп и направление указанных процессов подвержены значительной сезонной изменчивости, поэтому и состав почвенного раствора чрезвычайно динамичен. Постоянно меняется концентрация почвенного раствора в зависимости от изменения влажности почвы и потребления питательных веществ корнями растений. Типичны сезонные

тесты агрохимиков на содержание в почвах доступных растениям азота и фосфора, так как растения потребляют эти элементы главным образом из почвенного раствора.

К.К. Гедройц еще в 1906 г. писал, что дальнейшие успехи агрономии зависят от развития исследований почвенных растворов ввиду той важной роли, которую они играют и в почвообразовании, и в жизни растений. Изменение концентрации и состава растворов ведет к изменению режима водного и минерального питания растений, что, естественно, непосредственно отражается на их развитии и продуктивности. Поэтому человек своими разнообразными воздействиями на почву в процессе сельскохозяйственного производства по существу всегда стремился и стремится регулировать тем или иным способом состав почвенного раствора, сделать его состав оптимальным для получения наиболее высокой продуктивности агроценозов.

В питании растений большую роль играет осмотическое давление почвенного раствора. Если осмотическое давление почвенного раствора равно осмотическому давлению клеточного сока растений или выше его, то поступление воды в растения прекращается, что характерно для засоленных почв.

Важнейшими характеристиками почвенных растворов является их кислотность и щелочность, которая напрямую зависит от солевого состава растворов, поглотительной способности почв и присутствия в почвах свободных кислот.

Почвенный раствор имеет огромное значение в генезисе почв и их плодородии. Он участвует в процессах преобразования (разрушение и синтез) минеральных и органических соединений; в составе его по профилю почв перемещаются разнообразные продукты почвообразования. Элювиально-иллювиальная дифференциация почвенных горизонтов, состав грунтовых вод, вод родников и рек во многом обязан почвенным растворам тех территорий, где они формируются. Мягкие воды северных территорий нашей страны резко контрастны жестким водам южных регионов.

1.13. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ПОЧВ

На рубеже II и III тысячелетий н. э. в мышлении человека и его практической деятельности происходит смена парадигмы — экономические приоритеты заменяются экологическими. То же происходит и в науке о почве. Господствовавшее все XX столетие сельскохозяйственное направление в почвоведении все больше заменяется экологическим. Сельскохозяйственное (экономическое) направление требует от почвоведения достижений, ведущих к росту сельскохозяйственной продукции, экологическое — направлено на сохранение способности почвы выполнять свои экологические функции, без чего невозможно стабильное существование биосферы и человека. Именно от того, сможет ли человечество в ближайшее время добиться разумного сочетания экономических и экологических интересов, зависит его будущее. Такое же разумное сочетание приоритетов необходимо выработать почвоведам относительно использования почвы.

Почва является неотъемлемой частью любого наземного биогеоценоза и биосферы в целом. При этом она выполняет ряд экологических функций, в том числе глобальных биосферных, обеспечивающих стабильность биосферы и саму возможность существования жизни на Земле. Кроме того, по отношению непосредственно к человеку почва осуществляет еще одну функцию — сельскохозяйственную. Она является главным средством сельскохозяйственного производства. В основе и экологических, и сельскохозяйственных функций почвы лежит ее важнейшее свойство — плодородие.

По Г.В. Добровольскому и Е.Д. Никитину (1986), экологические функции почвы можно разделить на две большие группы: экосистемные (биогеоценотические) функции почвы и глобальные (биосферные) функции почвенного покрова.

1.13.1. Экосистемные (биогеоценотические) функции почвы

Почва, будучи составной частью любого наземного биогеоценоза, выполняет ряд биогеоценотических функций (рис. 3).

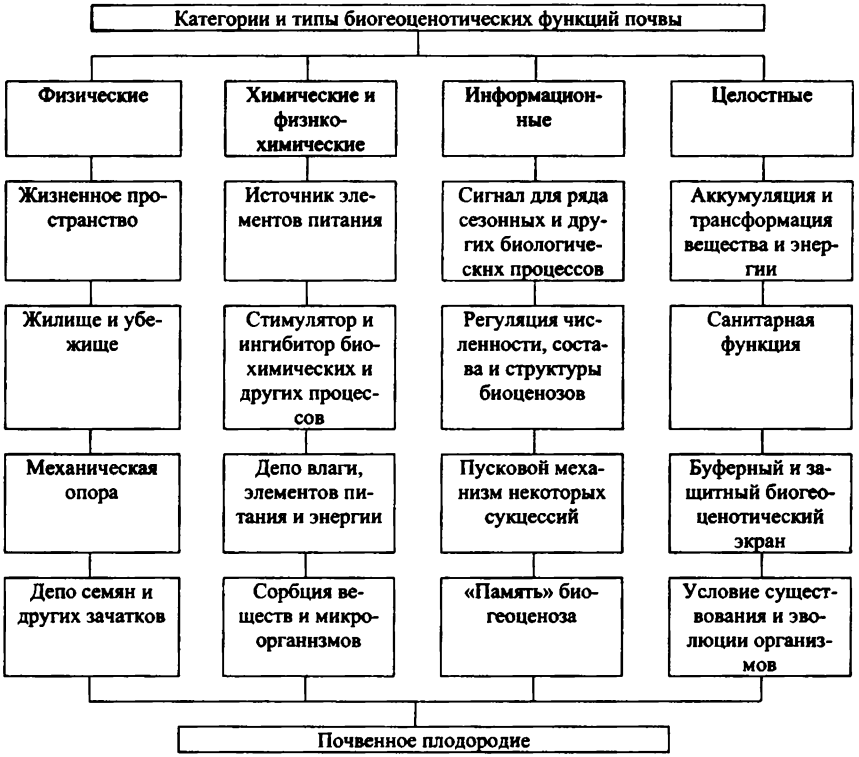


Рис. 3. **Экосистемные (биогеоценотические) функции почвы (Е.Д. Никитин, 1999)**

Рассмотрим основные экосистемные функции почвы, а также влияние на них различного рода деградационных процессов.

I. Функции почвы, обусловленные физическими свойствами: *жизненное пространство; жилище и убежище; механическая опора; депо семян и других зачатков.*

В рассматриваемом аспекте наиболее важными являются такие физические свойства почвы, как структура, плотность, влагоемкость, водопроницаемость, температура, теплопроводность и пр. При деградации почвы физические свойства почв в большинстве случаев изменяются в последнюю очередь.

Многочисленные данные свидетельствуют, что при различного рода деградационных процессах ухудшается структура почвы, увеличивается плотность, уменьшается общая порозность, снижается водопроницаемость, ухудшается водно-воздушный режим почв. В результате девегетации усиливаются процессы эрозии и дефляции почвы. В последнем случае наблюдается разрушение почвы, которое делает невозможным выполнение ею не только группы функций, связанной с физическими свойствами, но и любых других ее функций.

II. Функции почвы, связанные преимущественно с ее химическими, физико-химическими и биохимическими свойствами: *источник элементов питания; депо влаги, элементов питания и энергии; сорбция веществ, поступающих из атмосферы и с грунтовыми водами; сорбция микроорганизмов; стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов.*

Выполнение перечисленных функций зависит от таких свойств почвы как содержание и запасы гумуса и элементов минерального питания, влагоемкость, щелочно-кислотные и окислительно-восстановительные условия, активность ферментов и т. д. Изменение указанных свойств происходит уже при менее значительном антропогенном воздействии на почву.

Большинство деградационных процессов ведет к снижению содержания и запасов гумуса в почве. Возможны и изменения его качественного состава. Как правило, тормозятся процессы азотфиксации, аммонификации, нитрификации и минерализации. Это приводит к снижению содержания в почве доступных растениям форм азота, фосфора и других элементов питания растений. Происходит ухудшение питательного режима почвы. Очень часто изменяется реакция среды (pH). В одних случаях увеличивается кислотность почвы, например при вторичном подкислении, в других — происходит подщелачивание, к примеру при осолонцевании. Изменение окислительно-восстановительного потенциала почвы в основном зависит от степени изменения щелочно-кислотных условий. Деградация почв практически всегда ведет к снижению ее ферментативной активности.

III. Информационная группа функций почвы: *сигнал для ряда сезонных и других биологических процессов; регуляция*

численности, состава и структуры биоценозов; пусковой механизм некоторых сукцессий; «память» биогеоценоза.

По сравнению с вещественной и энергетической сторонами природных процессов и явлений информационный аспект исследуется относительно недавно. Отчасти именно поэтому сведения о влиянии антропогенных воздействий на данную группу экологических функций почвы практически отсутствуют. Однако именно эти характеристики оказываются особенно чувствительными и первыми подвергаются изменению.

Наиболее хорошо изучены здесь вопросы изменения численности, состава и структуры биоценозов. По имеющимся данным, любое антропогенное воздействие может оказать значительное влияние на общую численность, видовой состав и активность почвенной микробиоты. В зависимости от характера воздействия численность почвенных микроорганизмов может снижаться, не изменяться и даже увеличиваться. Более однозначными являются изменения состава и структуры комплекса почвенных микроорганизмов. В большинстве случаев наблюдается снижение видового разнообразия. Учитывая глобальный характер деградации почв, сужение видового разнообразия атропогенноизмененных экосистем представляет собой очень опасную тенденцию, тем более, что проявляется она уже при незначительной степени воздействия.

IV. Целостные биогеоценотические функции почвы: *аккумуляция и трансформация веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе или поступающих в него; санитарная функция; буферный и защитный биогеоценотический экран; условия существования и эволюции организмов.*

Выполнение почвой этой группы функций зависит от всех ее свойств. На примере данной группы функций наиболее отчетливо прослеживаются обратные связи между влиянием антропогенного фактора и способностью почвы выполнять свои экологические функции. С одной стороны, именно указанные функции призваны предотвращать негативные последствия, например загрязнение почв, с другой стороны, когда свойства почвы, определяющие эти функции, не выдерживают антропогенного пресса и происходит срыв в их работе, тогда и возникают нарушения в функционировании почвы и всей экосистемы. Именно под устойчивостью данных функций должна пониматься устойчивость почвы к деградационным процессам. Ухудшение

целостных функций почвы, как правило, происходит одновременно с ухудшением группы химических, физико-химических и биохимических функций почвы.

Об антропогенном влиянии на группу целостных биологических свойств почвы можно судить по показателям фитотоксичности почвы, урожайности и качеству урожая. Деградирующим почвам свойственно усиление фитотоксических свойств, снижение урожайности и качества сельскохозяйственной продукции.

1.13.2. Глобальные (биосферные) функции почвенного покрова

Почвенный покров, являясь неотъемлемым компонентом биосферы, выполняет ряд биосферных функций (табл. 30).

I. Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши.

Деградировавшая по различного рода причинам почва малопригодна или вовсе непригодна для обитания большинства живых организмов. Даже если почва не становится безжизненной, то формирующиеся на ней биоценозы отличаются малым объемом биомассы, низкой скоростью биологических процессов, узким видовым составом (биоразнообразием), слабой устойчивостью и т. д.

II. Сопряжение большого геологического и малого биологического круговоротов веществ на земной поверхности.

Следствием снижения интенсивности биологических процессов является ослабление биологического круговорота веществ и усиление геологического. Это выражается в развитии эрозии почв, усилении процессов денудации суши, приводит к удалению с поверхности суши биофильных элементов.

III. Регулирование химического состава атмосферы и гидросферы.

В деградирующей почве происходит изменение биогеохимических и геохимических процессов, что отражается на направленности трансформации и миграции веществ между почвой, атмосферой и гидросферой. Например, ослабление интенсивности почвенного «дыхания» снижает поглощение почвой кислорода и выделение в атмосферу углекислого газа.

Таблица 30

Глобальные функции почв (педосферы) (Добровольский, Никитин, 1986)

Сферы влияния			
Литосфера	**Гидросфера**	**Атмосфера**	**Биосфера в целом**
Биохимическое преобразование верхних слоев литосферы	Трансформация поверхностных вод в грунтовые	Поглощение и отражение солнечной радиации	Среда обитания, аккумулятор и источник вещества и энергии для организмов суши
Источник вещества для образования минералов, пород, полезных ископаемых		Регулирование влагооборота атмосферы	Связующее звено биологического и геологического круговоротов
Передача аккумулированной солнечной энергии в глубокие части литосферы	Участие в формировании речного стока	Источник твердого вещества и микроорганизмов, поступающих в атмосферу	
	Фактор биопродуктивности водоемов за счет приносимых почвенных соединений	Поглощение и удержание некоторых газов от ухода в космическое пространство	Защитный барьер и условие нормального функционирования биосферы
Защита литосферы от чрезмерной эрозии и условие ее нормального развития	Сорбционный защищающий от загрязнения барьер акваторий	Регулирование газового режима атмосферы	Фактор биологической эволюции

IV. Защитный барьер биосферы.

Почва в большей степени, чем другие компоненты биосферы, закрепляет в себе («хоронит», нейтрализует) значительную часть загрязняющих биосферу веществ, тем самым предотвращая их поступление в живое вещество. При загрязнении буферные (защитные) свойства почвы снижаются.

V. Обеспечение существования жизни на Земле.

Венцом всех охарактеризованных экологических функций почвы выступает ее плодородие, обеспечивающее возможность существо-

вания жизни на континентах в современной форме, а также жизнь и хозяйственную деятельность человека. Негативное антропогенное воздействие снижает почвенное плодородие, продуктивность и устойчивость экосистем, количество и качество сельскохозяйственной продукции, ухудшает здоровье и качество жизни населения, сокращает продолжительность жизни.

Нарушение общебиосферных функций, выполняемых почвой, в результате целого комплекса причин в настоящее время принимает планетарный характер. Этот процесс вносит свою отрицательную лепту в развитие глобального экологического кризиса и создает угрозу стабильного существования биосферы.

1.13.3. Сельскохозяйственные функции почв

Почва является *незаменимым исчерпаемым относительно возобновимым природным ресурсом*. По принципу заменимости она относится к незаменимым природным ресурсам, поскольку ни сегодня, ни в обозримом будущем нет другого природного ресурса, который мог бы заменить почву в полной мере в качестве средства сельскохозяйственного производства. По принципу исчерпаемости и возобновимости почва относится к исчерпаемым относительно возобновимым природным ресурсам. Исчерпаема она потому, что ее количество ограничено и абсолютно, и относительно наших потребностей и сроков существования. Возобновимой она оказывается потому, что по мере использования почвенные ресурсы постоянно восстанавливаются, относительно возобновимой, — так как период восстановления достаточно велик.

Для сохранения способности к восстановлению возобновимых природных ресурсов, в том числе почвы, необходимы определенные условия, нарушение которых замедляет или вовсе прекращает процесс восстановления. Темпы расходования возобновимых природных ресурсов должны соответствовать темпам их восстановления. Охрана возобновимых природных ресурсов должна осуществляться путем рационального их использования и расширенного воспроизводства.

Однако правила рационального использования почвенных ресурсов соблюдаются далеко не всегда, и в итоге почва теряет свое плодородие.

Следствием снижения почвенного плодородия в результате различных деградационных процессов является падение продуктивности как естественных, так и агрокультурных ландшафтов. Это сокращает продовольственные ресурсы биосферы и усиливает дефицит продовольствия.

Часть II

ОБРАЗОВАНИЕ ПОЧВ

2.1. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

2.1.1. Методология системного подхода к изучению почв

Величайшие достижения естествознания — разработка учения о системном подходе к познанию явлений природы. В полной мере эта концепция была представлена на рубеже XIX и XX вв. Основа системного подхода в естествознании вообще и к географическим объектам в частности впервые была разработана В.В. Докучаевым. Главная сущность этого подхода заключается в следующем: любой объект или явление природы рассматривается не изолированно, а во взаимосвязи и взаимообусловленности с окружающими его системами и явлениями.

Современная природа поверхности Земли представляет собой сложную материальную систему, в которой все ее части взаимодействуют друг с другом, взаимообусловлены и существовать отдельно друг от друга не могут.

В первую очередь именно В.В. Докучаев, основоположник генетического почвоведения, доказал эту взаимообусловленность. Для В.В. Докучаева было характерно понимание материального единства природы (целостности) и взаимосвязи ее тел и сил. В связи с этим он писал, что важнейшей задачей должно быть познание тех соотношений и взаимодействий, той закономерной связи, которые несомненно существуют между всеми силами, явлениями и телами природы.

Представления В.В. Докучаева о взаимосвязи и взаимообусловленности явлений и природных тел сейчас воспринимаются как обычные, само собой разумеющиеся. Но для современников ученого его открытие явилось необычайным откровением, было встречено восторженно, сравнивалось с открытием Дарвина в биологии и Лайеля в геологии.

Воззрения В.В. Докучаева нашли последователей во многих отраслях естествознания. Достаточно назвать А.И. Воейкова в климатологии,

В нейтральных и слабощелочных черноземных почвах степей почвенные воды насыщаются соединениями кальция, становятся жесткими, подвижные соединения железа в них отсутствуют, а гумусовые вещества не растворимы в воде. В сухих и полупустынных степях с каштановыми и бурыми почвами количество солей в воде еще более увеличивается. Эти же свойства передаются грунтовым и речным водам, в которых возрастает количество солей, в результате фильтрации через карбонатные и часто засоленные материнские породы и коры выветривания.

Таким образом, внутренние и внешние компоненты природных систем находятся в постоянном обмене веществами и энергией. Это в конечном итоге определяет развитие и стабильность или нестабильность географической зоны, ландшафта, биогеоценоза.

Эволюция природной среды на Земле — это развитие географических систем в связи с количественно-качественным изменением обмена веществ и энергии, что обусловлено временным непостоянством отдельных компонентов системы. В природе постоянно противоборствуют два противоположно направленных комплекса явлений. Это интеграционные процессы при интеграции системы. В развитии географической зоны взаимоотношения между почвой и окружающей средой находятся в постоянном стремлении к однородности, к одному конечному результату, к равновесию между всеми компонентами почвенно-географической системы. На обширных территориях при однородном рельефе наблюдается однотипность почв, растительности, коры выветривания, гидрогеологических свойств и т. д. Такие условия можно наблюдать на равнинах Азово-Кубанской низменности, Аргентинской пампы, низменности Амазонии и т. д. Равновесное стабильное состояние существует в природе, пока не произойдет изменение какого-либо объекта природной среды, и это изменение вызовет нарушение равновесия системы, количественно-качественную перестройку всех компонентов, составляющих единство системы. Такие явления приводят к дифференциации природной обстановки, к ее усложнению и разнообразию окружающей среды. При не изменяющихся климатических условиях главная роль в развитии дифференциации принадлежит рельефу и геологической неоднородности поверхностных слоев литосферы.

Современные природные зоны и ландшафты возникли вместе с развитием живой природы в разные геологические эпохи. Они появлялись и исчезали на Земле, суша занималась морем, море становилось сушей, пустыни заменялись лесами, ледники выпахивали громадные площади. Процессы интеграции и дифференциации географической среды постоянно взаимодействовали, следуя за изменением климата, растительности и других компонентов природной среды.

2.1.2. Атмосфера и климатические условия как фактор почвообразования

В результате неравномерности поступления солнечной радиации от экватора в сторону южного и северного полюсов происходят закономерные, хотя и не вполне последовательные, изменения температуры и количества выпадающих осадков. Непоследовательность широтных изменений определяется различиями в геоморфологии континентов, удаленностью или близостью территории от океана, высотой местности над уровнем моря и другими факторами.

Климатические условия проявляются как поступление на поверхность Земли световой и тепловой энергии, а также воды, без которых не мыслимы жизненные процессы и экзогенное преобразование поверхности континентов. Климат связан с атмосферой Земли, которая, как и другие сферы, образующие нашу планету, функционирует по своим законам, в то же время во взаимосвязи с океаном, литосферой, корой выветривания, почвами, живым веществом биосферы. Функционирование атмосферы отражается на всех оболочках Земли, в частности на почвах при их образовании и эволюции.

Из всего многообразия климатических и погодных показаний, которыми оперирует метеорология как наука, почвоведы прежде всего используют данные температуры, выражаемые в градусах Цельсия (^{0}C), и атмосферных осадков в миллиметрах слоя воды, выпадающих на поверхность конкретной территории.

Температурные показатели климата анализируются в их временном конкретно усредненном или экстремальном выражении: годовая, сезонная, теплого или холодного месяца, абсолютный минимум или максимум, температурная контрастность и континентальность и т. д.

В формировании климата важнейшим процессом является поступление *солнечной радиации* в атмосферу Земли и на ее поверхность. Этот процесс имеет четко зональный характер, так как количество достигающей земной поверхности радиации зависит от угла падения лучей, т. е. от широты местности, а также от ***альбедо*** — отражающей способности поверхности.

Наиболее объективной, удобной мерой потенциальной биологической и агрономической оценки термического режима территории являются величины суммы активных годовых температур выше 10^0С. Постоянная среднесуточная температура 10^0С во внетропических условиях считается биологическим началом весны, расцвета жизненных процессов. Отметим здесь же биологическое начало и конец лета — последний и первый заморозки.

По годовой сумме среднесуточных температур выше 10^0С сушу Земли разделяют на биоклиматические пояса (табл. 31).

Таблица 31

Биоклиматические пояса Земли

Биоклиматические пояса	Годовая сумма температур больше 10 °С	Культурные растения — экологические индикаторы	Площадь, млн км^2	Биомасса суши*, % от общей
Полярный (полярный и субполярный)	0,5–800	Не сельскохозяйственные зоны	5,9	1
Бореальный (умеренный)	800–1800	Рожь, лен, картофель, брюква, турнепс	15,7	18
Суббореальный (умеренно-теплый)	1800–4000	Пшеница, кукуруза, соя, сахарная свекла, подсолнечник, яблоня, груша, слива, вишня	17,7	12
Субтропический	4000–6000	Зерновые, чай, цитрусовые, тунг, хлопчатник, маслины, инжир, виноград	16,8	14
Тропический	6000–14000	Рис, сахарный тростник, батат, кофе, бананы, ананас, каучуконосы	50,9	56

***Примечание. Общая биомасса Мирового океана в 15 тыс. раз меньше, чем на суше.**

Количество солнечной энергии, поступающей от Солнца, и расход ее на нагревание, испарение, транспирацию, фотосинтез и т. д. весьма различны в природных зонах Земли. Причем затраты на термические процессы составляют 99,9%, а на биологические — всего 0,1%. Среднегодовая температура в тропиках составляет 32–35°, а в полярных областях –30 + –35 °С. В тропических пустынях максимальная температура воздуха может достигать 50–60 °С, а минимальные температуры Антарктиды или района Верхоянска опускаются до –70 + –88°. Разница в среднегодовой температуре на земном шаре составляет 60–70°, а между максимумом и минимумом 130–145 °С.

Значение температурного фактора в процессах выветривания и почвообразования исключительно велико. По правилу Вант-Гоффа с возрастанием температуры на 10° скорость химических реакций увеличивается в среднем в 2–4 раза, а при изменении температуры от 0 до 50° степень диссоциации химических веществ в воде возрастает в 8 раз. Учитывая разрыв минимальных и максимальных температур в тропических областях в сравнении с холодными, интенсивность различных реакций может быть в тысячи раз больше.

Температура воздуха или приземного слоя атмосферы преломляется в термических условиях почвы и коры выветривания. Однако временное варьирование температуры, столь характерное для приземного слоя воздуха, ослабевает и затухает в коре выветривания на глубине 2,5–3,5 м. Здесь устанавливается постоянная температура, типичная для данной территории и совпадающая со среднегодовой температурой атмосферы. При минусовых среднегодовых температурах воздуха характерно распространение вечной мерзлоты. Индикатором среднегодовых температурных условий могут служить температуры подземелий и погребов или родниковые источники. Вода родников в тропиках такая же, как и поверхностная около 30 °С, а жарким летом в умеренных широтах — плюс 5–8 °С.

Важнейшими показателями генезиса, плодородия и классификации почв всегда были их температурные условия, такие как глубина промерзания почвы, длительность мерзлотного покоя, средние температуры холодного и теплого периодов и др.

Определенное значение в направлении почвообразования имеет континентальность климата или амплитуда температур холодного и

теплого периодов года термическая контрастность сезонов. По степени континентальности различают климаты океанический, слабо континентальный, умеренно континентальный, средне континентальный, очень континентальный, резко континентальный. Например, климат Лондона, Исландии и Владивостока — океанический, стран Балтии — слабо континентальный, Москвы — умеренно континентальный, Ростова н/Д — средне континентальный, Верхоянска. Красноярска, Магадана — очень и резко континентальный.

Континентальность климата во многом определяет выделение на Земле особых почвенно-географических провинций или фаций в пределах зонального распространения почв, а также учитывается в классификационных системах почвенной систематики.

Энергетическое воздействие на почвообразование притока солнечной энергии оказывает не только непосредственное воздействие через температурные условия, но и опосредованно через накопление энергии солнечных лучей путем фотосинтеза зеленых растений в многообразной гамме органических веществ. Затем энергетическая компонента климатических условий консервируется в гумусовом веществе почвенного покрова Земли и обеспечивает регулярность протекания многих явлений почвообразования и плодородия почв. По предложению академика Волобуева, потенциальная энергия почвы, главным образом ее органического вещества, часто как генетический признак почвы выражается в калориях на определенную массу почвы.

Атмосферные осадки. Потенциальный биологический эффект тепла и света проявляется при поступлении на поверхность суши атмосферных осадков, причем количественно-качественный природный эффект зависит от степени увлажненности территории и сезонного распределения влаги. Атмосферные осадки выпадают в виде дождя, снега и росы. Это пресная фракция водных масс планеты, которая в месте с водами рек, озер, болот, грунтовыми и артезианскими водами составляет лишь 2–3% общего запаса воды. На Земле преобладают высокоминерализованные морские и подземные воды.

Количество выпадающих осадков во всех странах выражается в миллиметрах (мм). Один мм эквивалентен 10 $м^3$ воды на гектар. Среднегодовое количество осадков варьирует следующим образом (мм): пустыни — 20–50–100; засушливый климат — 300–400; леса умеренно-холодные — 500–800; леса влажные субтропические — 1500–2500; леса влажные тропические — 7000–10000; абсолютный макси-

мум наблюдается в дельтах Ганга и Брахмапутры около 14000; Ростов н/Д — 460; Краснодар — 660; Москва — 800.

Для образного представления о громадных массах воды, под воздействием которых находятся почвы, профессор М.Н. Глазовская пересчитала миллиметры выпадающих осадков в метры за последний период развития почв, т. е. за 2 тыс. лет. Оказалось, в тундре слой воды составлял бы 500, в зоне подзолистых почв — 700—1200, в черноземной полосе — 500—800, в красноземах Черноморского побережья — 2000—3200 м. Вся эта влага в естественных условиях без поверхностного стока проходила через почвенные горизонты, определяя разные водные режимы почвенного покрова (промывной, периодически промывной, и т. д.). В глобальном плане атмосфера — единственный фактор поступления пресной воды в процессы почвообразования.

Влага атмосферы — не только физический или химический фактор почвообразовательных процессов. Это обязательный вещественный компонент биологического круговорота, практически вся биомасса состоит из химических элементов атмосферного происхождения, содержащихся в веществах ее газов (H_2O, O_2, CO_2, N_2). В единую систему связаны атмосфера с ее погодными и климатическими условиями, океан, почвы, растительный и животный мир.

Количество выпадающих осадков не всегда свидетельствует об уровне увлажнения территорий. Важны температурные условия. Например, в тундре выпадает 200—300 мм, а ландшафты переувлажненные, а в юго-восточных районах Ростовской области — 300—360 мм, но это уже сухая степь. Поэтому используются различные коэффициенты, учитывающие температурные условия. Наиболее распространенным является коэффициент увлажнения по Иванову (К):

$$К = А / Б,$$

где А — количество выпадающих осадков; Б — расход влаги на испарение и транспирацию (эвапотранспирация).

Приняты следующие градации фаций по увлажнению: супергумидная — 1,5—2—3; гумидная — 1,2—1,5; нормальная — 1,0; семиаридная — 0,7—0,5; аридная — 0,5—0,3; экстрааридная — 0,2—0,1.

С изолиниям среднегодовых коэффициентов увлажнения совпадают средние положения границ распространения природных явлений и природных комплексов. На европейской территории южная

граница зоны подзолистых почв проходит по изолинии увлажнения 1,6, далее южные границы распространения почв проходят по следующим изолиниям: у дерново-подзолистых — 0,95; типичных черноземов — 0,71; обыкновенных черноземов — 0,63; южных черноземов — 0,53. Последняя граница служит в тоже время северной для темно-каштановых почв.

2.1.3. Организмы как фактор почвообразования

По классификации компонентов биосферы В.И. Вернадского, почвы относятся к биокосному веществу — природным образованиям, представляющим собой результат совместной деятельности живых организмов и геологических процессов.

В почвообразовании участвуют три группы организмов: растения, животные и микроорганизмы, образующие сложные биоценозы. В результате их непосредственного воздействия на почву, а также воздействия продуктов жизнедеятельности осуществляются все важнейшие слагаемые почвообразовательного процесса.

Роль организмов как фактора почвообразования заключается в том, что они осуществляют следующие процессы: синтез и разрушение органического вещества, избирательная концентрация биогенных элементов, разрушение и новообразование минералов, миграция и аккумуляция веществ и др. В результате именно организмы определяют формирование важнейшего свойства почвы — плодородия.

Круговорот веществ в экосистемах, осуществляемый при участии живых организмов называется *биологическим круговоротом*. При этом химические элементы из почвы, воды и атмосферы поступают в живые организмы, образуют в них новые сложные соединения и вновь возвращаются в почву, воду и атмосферу в процессе жизнедеятельности живых организмов или после их смерти.

Основные показатели биологического круговорота веществ:

Биомасса — масса организмов определенной группы или сообщества в целом. *Фитомасса* — общее количество живого органического вещества в надземной и подземной частях растительного сообщества.

Продуктивность — прирост биомассы, созданной за единицу времени. Различают *первичную продукцию* (биомасса, созданная за единицу времени продуцентами) и *вторичную* (биомасса, созданная за единицу времени консументами).

Мертвое органическое вещество — количество органического вещества в отмерших, но не упавших на почву растениях, торфе, лесной подстилке, степном войлоке и др.

Годичный прирост — количество органического вещества, образовавшегося за год в надземной и подземной частях растительного сообщества.

Опад — количество органического вещества, отмершего за год.

Интенсивность разложения органического вещества — отношение подстилки к опаду зеленой части.

Зольность — содержание зольных элементов в растениях (в %).

Главный источник органического вещества в биосфере — растительные организмы, образующие широкое географическое многообразие природных зон, ландшафтов и биогеоценозов. Фитоценозы — основа всей остальной жизни на планете. Преобразование географической оболочки Земли, круговорот веществ в биосфере условно имеют начало от фотосинтеза бесчисленной гаммой органических веществ.

Ландшафтно-зональное строение окружающей нас природной обстановки прежде всего связывается с анализом состояния, функционирования и с экологическими последствиями воздействия на природные компоненты растительной биомассы, продуктов жизнедеятельности фитоценозов и веществ, остающихся после жизни растений. В сферу исследований прежде всего включаются следующие показатели: фитомасса, мертвое органическое вещество, годичный прирост, опад, интенсивность разложения органического вещества, химический состав и др. (табл. 32).

Наибольшее *накопление органического вещества* происходит в деревянистых растительных формациях. В бореальном и суббореальном климате биомасса лесов 1–4 тыс. ц/га. Еще большая масса органического вещества образуется во влажных тропических лесах — более 5 тыс. ц/га. Травянистые растительные формации характеризуются несравненно меньшей биомассой: даже в высокотравных тропических саваннах биомасса не достигает масштабов северотаежных лесов. Не велика биомасса тундровых и сухостепной растительности. Следует отметить, что большая часть биомассы лесов сосредоточена над землей. В травянистых формациях и пустынях основная часть биомассы заключена в почве (60–85%).

По данным В.А. Ковды, отношения надземной части к корням характеризуется следующими величинами: тайга 4:1; дубравы 2:1, 5:1;

черноземные степи 1:9, 1:12; горные луга 1:3, 1:40. Общее правило: большую часть своей биомассы травянистые растения концентрируют в корневых системах. Образно говоря, травы живут в почвенных горизонтах.

Мертвое органическое вещество в современных фитоценозах представлено на поверхности почвы, в лесной подстилке и степном войлоке, а также в отмерших корневых системах. Значительная масса мертвого органического вещества сосредоточена в залежах торфа.

Таблица 32

Показатели продуктивности растительности в различных природных зонах, ц/га сухого вещества (по Родину и Базилевич)

Природная зона	Биомасса		Ежегодный прирост	Ежегодный опад	Запасы органических остатков в подстилке и степном войлоке
	общая	корней			
Тундра кустарничковая	280	231	24	9	835
Ельники центральной тайги	2600	600	70	50	450
Сосняки южной тайги	2800	636	61	47	448
Леса					
буковые	3700	950	130	90	150
дубовые	4000	960	90	65	150
Болота сфагновые	370	40	34	25	1000
Степи					
луговые	250	205	112	112	62
сухие	100	85	42	42	15
Полупустыни					
полукустарниковые	125	104	95	94	
субтропические	60	35	25	24	
Саванны					
высокотравные	666	39	120	115	13
сухие	268	113	73	72	
Леса					
субтропические	4100	820	245	210	100
гилеи	5000	900	325	250	20

Мертвого органического вещества в 4 раза больше, чем живого, а при учете органического вещества древних биосфер — в 15 раз больше. В современной биосфере 80% мертвого органического вещества сосредоточено в полярном и бореальном поясах, наименьшие — в тропическом. Это связано с усилением от полюсов к экватору интенсивности процессов минерализации органического вещества, биологической активности биоценозов.

Величина годового прироста в травянистых формациях в ряде случаев выше, чем прирост в лесах, несмотря на столь большую разницу в количестве биомассы лесных и травянистых сообществ. Небольшим приростом характеризуются сухие степи, пустыни, тундра.

Величина опада у нормально развивающихся сообществ не может превышать величину их прироста. В травянистых формациях величина опада равна величине прироста, а у лесных сообществ опад меньше прироста. Нет прямой связи между величиной опада и биомассой. Лесные формации с огромной биомассой имеют опад часто меньше, чем травянистые.

Не вся масса органического вещества, составляющая годовой опад, подвергается преобразованию. Об *интенсивности кругооборота* можно судить по величине *неразложившегося органического вещества*, сохраняющегося на поверхности почвы. Так, в тайге количество мертвого органического вещества в 6–20 раз больше опада, в широколиственном лесу — в два раза, в степи — примерно одинакова, а во влажных тропиках опад разлагается в считанные недели.

Об интенсивности обращения химических элементов или интенсивности биологического круговорота веществ судят по отношению массы мертвого надземного органического вещества (лесная подстилка, степной войлок) к ежегодному опаду. Это отношение имеет следующие величины:

заболоченные леса > 50;
кустарниковые тундры — 20–50;
темнохвойная тайга — 10–17;
широколиственный лес — 3–4;
степи — 1–1,5;
субтропический лес — 0,7;
саванны — 0,2;
влажный тропический лес <0,1.

Несмотря на громадную биомассу и соответственно массу опада, способность тропического леса разлагать органическое вещество в десятки раз превышает его поступление.

Неоднороден *химический состав биомассы* различных биоценозов (табл. 33). Тайга — это обилие клетчатки, дубильных веществ, смол, незначительная зольность, мало белковых соединений. В лиственных лесах зольность увеличивается, несколько повышается количество белков, меньше углеводов. В травянистых формациях резко увеличивается содержание белков, зольность опада. И особенно воз-

Таблица 33

Зольность и химический состав органических остатков, % на сухую беззольную массу

Организмы	Зола, %	Белки и родственные им вещества	Углеводы		Лигнин	Липиды, дубильные вещества
			гемицеллюлозы, пектиновые вещества	Целлюлоза		
Бактерии	2–10	40–70	Есть	Нет	0	1–40
Водоросли	20–30	10–15	50–60	5–10	0	1–3
Лишайники (кустистые и пластинчатые)	2–6	3–5	60–80	5–10	8–10	1–3
Мхи	3–10	5–10	30–60	15–25	-	5–10
Папоротникообразные	6–7	4–5	20–30	20–30	20–30	2–10
Хвойные						
древесина	0,1–1	0,5–1	15–25	45–50	25–30	2–12
хвоя	2–5	3–8	15–20	15–20	20–30	5–20
Лиственные						
древесина	0,1–1	0,5–1	20–30	40–50	20–25	5–15
листья	3–8	4–10	10–20	15–25	20–30	5–15
Многолетние травы						
злаки	5–10	5–12	25–35	25–40	15–20	2–10
бобовые	5–10	10–20	15–25	25–30	15–20	2–10

растает белковое содержание в растительных остатках у пустынных растительных формаций.

Функционирование и географическое распределение зооценозов на суше в решающей степени определяются свойствами растительного покрова. Зеленые растения (продуценты) лежат в основе всего экологического разнообразия животных. Видовое разнообразие консументов, их численность и биомасса зависят от следующих свойств фитоценозов: объем, масса продуцируемого органического вещества, способность удовлетворять пищевые потребности растительноядных животных; особенности химического состава или пищевая ценность растительного материала.

С учетом этих экологических особенностей на Земле можно выделить два основных растительных сообщества — деревянистая и травянистая растительность. Леса, несмотря на обилие биомассы, значительную часть органического вещества накапливают непоедаемой животными части растений. В травянистых же сообществах в естественных условиях весь годичный прирост и его полное поедание животными служило основой нормального функционирования биогеоценоза. Численность же травоядных регулировалось годовым объемом произрастающих растений. В современных степных заповедниках для более или менее приближенного к естественным условиям существования биогеоценоза роль травоядных частично заменяют систематическими укосами.

Различен и пищевой состав деревянистых и травянистых растений. Травы отличаются большим содержанием протеинов и зольных элементов, т. е. большей пищевой ценностью, чем деревья.

Таким образом, травянистая растительность является более благодатной основой для обитания животных. Их видовой состав и биомасса во многом определяются продуктивностью травянистых сообществ, которая зависит от климатических условий.

Совершая вертикальные миграции в почве, животные заносят растительные остатки в глубокие горизонты и перемешивают органические и минеральные частицы. Передвижения животных способствуют улучшению условий аэрации почвы, что в свою очередь стимулирует аэробные процессы разложения органических остатков.

Беспозвоночные играют важную роль в разложении и минерализации остатков позвоночных животных.

Большинство микроорганизмов почвы относятся к редуцентам, осуществляющим минерализацию органических веществ, замыкая биологический круговорот веществ. При анализе биомассы микроорганизмов учитывают бактерии, актиномицеты, грибы, водоросли. Жизненный цикл короткий. Усваивая из окружающей среды необходимые элементы для построения своих тел, микроорганизмы вскоре отмирают и разлагаются. Этим обусловливается быстрое обращение элементов в биологическом круговороте. Актуальная масса микроорганизмов невелика. Однако при учете продуктивности микробной массы она равна либо превышает фитомассу в 1,5–2,0 раза. Например, в черноземах микробная масса достигает 20–50 т/га/год.

2.1.4. Почвообразующие породы как фактор почвообразования

В почвоведении используется следующие понятия: кора выветривания, почвообразующая или материнская порода, подпочва и подстилающая порода.

Кора выветривания — верхние горизонты горных пород, в которых протекают процессы физического, химического и биологического выветривания. Почвообразование приурочено к верхней части коры выветривания или полностью занимает ее при формировании почв на каменистых геологических субстратах.

Различают два основных типа коры выветривания:

- *сиаллитную*, распространенную в регионах с умеренно-влажным бореальным и суббореальным климатом, для нее характерны образование глинистых минералов, преимущественно монтмориллонитовой группы и гидрослюд, сохранение наиболее устойчивых первичных минералов;
- *аллитную*, формирующуюся в условиях влажного субтропического и тропического климата, для которой характерно господство вторичных минералов группы гидроокисей железа и алюминия, почти полное разрушение первичных минералов (кроме кварца), вынос оснований и кремнезема; в составе глинистых минералов преобладают каолинит или галуазит.

Такой состав кор выветривания наследуется почвенным покровом ландшафтов соответствующих поясов.

Почвообразующая (или материнская) порода — это та часть коры выветривания, из которой образовалась почва. Вполне приемлема и другая интерпретация определения: под материнскими или почвообразующими породами следует понимать геологические породы, находящиеся у дневной поверхности, из которых образовалась почва в результате жизнедеятельности поселившихся на них организмов.

Подпочва — часть коры выветривания, на которой залегает почва. На рыхлых горных породах подпочва, как правило, совпадает с материнской породой.

Подстилающими породами называются те геологические образования, на которых залегают материнские породы и подпочвы. В случае формирования почв на каменистых породах почва может залегать непосредственно на подстилающей породе.

По происхождению почвообразующие породы подразделяют на две группы: *четвертичные* — молодые осадочные породы, и *дочетвертичные, или коренные,* — древние массивно-кристалические, метаморфические и осадочные породы, образовавшиеся до четвертичного периода.

В качестве почвообразующих пород могут выступать следующие типы четвертичных отложений:

- *элювиальные породы, или элювий,* — продукты выветривания коренных пород, оставшиеся на месте образования;
- *делювиальные породы, или делювий,* — представляет собой наносы, отложенные на склонах дождевыми или талыми водами в виде пологого шлейфа;
- *пролювий* формируется в горных странах временными водными и селевыми потоками значительной силы;
- *аллювиальные породы, или аллювий,* представляет собой осадки речных водных систем;
- *озерные ленточные отложения* накапливались в озерных депрессиях древнего происхождения;
- *ледниковые моренные отложения* — продукты выветривания различных пород, перемещенные и отложенные ледниковыми массами;
- *флювиогляциальные, или водно-ледниковые наносы,* песчаного состава, образованные потоками воды тающих ледников;
- *покровные суглинки и глины* — отложения, остающиеся на месте тающих масс льда;

- *лессы и лессовидные породы* — суглинки и глины вне ледниковых равнин различного генезиса, расположенные в суббореальном и субтропическом поясах вне лесных зон;
- *эоловые пески* образуются ветром в рельефных формах бугров, дюн, барханов;
- *морские отложения,* часто засоленные, формируются в результате поднятия и выхода на поверхность морского дна;
- а также *дочетвертичные древние коры выветривания,* чаще всего аллитного типа.

Все четвертичные отложения как почвообразующие породы имеют свою особую генетическую природу, специфический минералогический состав, химические, физические свойства и морфологическое строение. Это отражается на сущности почвообразовательных процессов и в конечном итоге на особенностях почв и их плодородии.

Твердая фаза минеральной части почвы на 90—99% наследуется от материнской породы. Минералогический, химический и гранулометрический состав почвы зависит от исходной почвообразующей породы, но может несколько изменяться в процессе почвообразования.

Свойства исходных пород определяют условия произрастания растений, оказывают большое влияние на гумусонакопление, оподзоливание, оглеение, заболачивание, засоление и другие процессы. Так, карбонатность пород в таежно-лесной зоне создает нейтральную реакцию среды, способствует формированию гумусового горизонта, его оструктуренности. Повышенное содержание водорастворимых солей приводит к образованию засоленных почв. Породы различаются по водопроницаемости, влагоемкости, пористости, что предопределяет в процессе развития почв их водный, воздушный, тепловой режимы и т. д.

В крупномасштабных классификационных построениях всегда указывается материнская порода как таксономическая единица на уровне разряда. Например, чернозем на покровном суглинке, чернозем на лессовидной глине, подзол на моренном суглинке, дерново-подзолистая почва на озерной ленточной глине и т. д.

Подчеркнем основные закономерности почвообразования в связи с особенностями материнских пород.

1. Типичное зональное почвообразование во внетропических областях происходит на суглинистых и глинистых материнских породах

различного происхождения, сиаллитного состава, не осложненных соленакоплением и слитогенезом. Чаще всего это лессовидные отложения, покровные и моренные породы, аллювиальные, в том числе древнеаллювиальные наносы и т. д. Зональный спектр почвообразования приурочен именно к этим почвообразующим породам.

2. Любая материнская порода претерпевает изменения в направлении, определяемом биоклиматическими особенностями почвообразования, которые в конечном итоге приводят к образованию соответствующих зональных почв или их интразональных составляющих в связи с особенностями минералогии и химизма пород, рельефа местности и гидрологического режима территорий.

3. Особенно велико влияние свойств материнской породы на характер почвообразования на первых стадиях развития. Молодые слаборазвитые почвы в одной и той же физико-географической обстановке резко контрастны по своим свойствам на разных почвообразующих породах. С наступлением зрелости почвенных образований, вхождением почвенных масс в климаксное равновесное состояние с окружающей средой почвенная контрастность значительно ослабевает и почва приобретает типичные зональные черты, хотя и сохраняет до некоторой степени особенности характера почвообразующей породы.

4. Сохранность исходных свойств материнских пород в процессе почвообразования зависит от биоклиматической напряженности экологической ситуации и в первую очередь, от условий увлажнения и термических факторов среды. Во влажных тропиках гилеи почвы и коры выветривания почти полностью теряют свою исходную геологическую природу, сохраняя в неизменном виде практически только минералы кварца (SiO_2).

5. Все суглинистые и глинистые материнские породы в той или иной степени несут в себе некоторые следы древних почвообразовательных процессов в виде вторичных глинистых минералов, остаточных количеств гумусовых веществ, микроморфологических почвенных новообразований (окислы железа и марганца, карбонаты и др.), следов проявления биологической активности и т. д. Почвообразующим породам присущи начальные признаки плодородия почв. Наиболее экологически приемлемыми для растений считаются лессы и лессовидные суглинки. Продуктивная реакция различных растений на особенности почвообразующих пород не одинакова.

2.1.5. Рельеф как фактор почвообразования

Геоморфология — строение поверхности суши Земли, или рельеф, выступает главным фактором перераспределения солнечной радиации и осадков. Как на обширных территориях гор и равнин, так и в пределах конкретных ландшафтов. В горах возникает вертикальная зональность климата, растительности и почв вследствие понижения температуры воздуха с высотой и изменения в увлажнении. Воздушные массы, приближаясь к горам, медленно поднимаются и постепенно охлаждаются, что способствует выпадению осадков. Перевалив через горы, те же воздушные массы, опускаясь, нагреваются и становятся сухими.

Рельеф формируется в результате взаимодействия внутренних (эндогенных) и внешних (экзогенных) геологических процессов. Рельеф любой территории находится в постоянном развитии, и современный его облик имеет длительную историю. Главная роль в формировании рельефа в послеледниковый период принадлежала эрозионным процессам, которые действовали совместно с явлениями выветривания, а также с процессами накопления рыхлого материала в речных долинах, на террасовых участках, в нижних частях склонов. Плоские равнины водоразделов практически оказались незатронутыми процессами эрозии, и на них наблюдаются большие толщи рыхлых пород ледникового или эолового происхождения. На рыхлых суглинках и глинах водораздельных равнин обычно формируется почвы с полным типичным профилем, характерным для данной зоны.

Различают три группы форм рельефа: макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф.

Под *макрорельефом* понимают самые крупные формы рельефа, определяющие общий облик большой территории: равнины, плато, отдельные системы горных стран, возвышенности, речные долины, приморские низменности или комплексы морских террас, и т. д.

Мезорельеф — формы рельефа средних размеров: увалы, холмы, лощины, долины, террасы и их элементы — плоские участки, склоны разной крутизны.

Например, долина реки Дон состоит из следующих мезорельефных элементов: прирусловая пойма, центральная пойма, притеррасная пойма, первая надпойменная терраса, вторая надпойменная терраса и др. Полого-волнистая равнина, где расположены города Ростов-на-

Дону, Сальск, Новочеркасск, характеризуется сочетанием таких мезорельефных элементов: водораздельные плато (равнины), склоны различных экспозиций, днища балок, поймы и террасы степных рек.

При характеристике склонов как мезорельефных элементов, кроме их экспозиции, обязательно учитывают крутизну. В почвоведении используется шкала С.А. Захарова: пологие — до 5°, покатые — от 5° до 20°, крутые — от 20° до 45°, обрывистые — более 45°.

Наконец, различают *микрорельеф* территории. Это мелкие нарушения однородности рельефа, встречающиеся в пределах мезорельефных элементов: бугры и депрессии (западины), различные части склонов, неровности, возникающие в результате деятельности животных, из-за просадочных явлений, мерзлотных деформаций или других причин. На склонах микрорельеф иногда определяется сползанием почвенно-грунтовых масс или почвенно-эрозионными процессами.

Размеры микрорельефных элементов от нескольких квадратных метров до гектара и более. Микрорельеф присутствует не всегда, очень часто он не наблюдается.

Значение рельефа в формировании почв и развитии почвенного покрова велико и разнообразно. 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. Поверхности разного наклона и экспозиции получают неодинаковое количество солнечной радиации, что отражается на условиях температурного и водного режима. Различия в увлажнении вызывают изменения питательного, окислительно-восстановительного и солевого режимов. Все это приводит к поселению и развитию различной растительности, к существенным различиям в синтезе и разложении органического вещества, превращении почвенных минералов и в конечном счете к образованию разных почв в различных условиях рельефа.

На крупномасштабных почвенных картах землевладений и землепользований в экспликациях всегда показывается местоположение почв по рельефу. Во многих случаях рельеф, а не почвы, становятся главным критерием оценки экологической среды для тех или иных растений: крутизна, холодный или горячий ветер горных долин, низины с частыми заморозками и др. В экспедиционных исследованиях

рельеф всегда является надежным указателем предварительной идентификации почв по различным элементам ландшафта.

2.1.6. Грунтовые и поверхностные воды как фактор почвообразования

По условиям увлажнения почвы разделяют на автоморфные, полугидроморфные и гидроморфные.

Автоморфные почвы 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 3 м (капиллярная кайма может достигать поверхности почвы).

Особая роль в формировании гидроморфных почв принадлежит грунтовым водам. Под грунтовыми водами понимают первый от поверхности горизонт воды, располагающийся в коре выветривания и имеющий в колодцах и скважинах постоянное водное зеркало. Этот горизонт воды обычно приурочивается первому водоупорному (водонепроницаемому) грунтово-геологическому образованию. Грунтовые воды питаются фильтрующимися из почвы атмосферными осадками или связаны с различными водоемами ландшафта (реки, озера, пруды и т. д.).

От грунтовых вод отличается верховодка, которая носит временный, сезонный характер. Часто она появляется во влажные периоды года в горизонтах почвы.

Значительно влияние грунтовых вод на ландшафтно-географическую обстановку, если они залегают ближе 3–4 м от поверхности почв. Прежде всего, грунтовые воды воздействуют на почвенный покров и растительность. Почвы с близким уровнем грунтовых вод могут обладать высоким плодородием. Известны богатые плодородные почвы пойм наших рек, широко используемые под травы, овощные культуры, кормовые растения. Но известны также переувлажненные заболоченные и засоленные почвы, непригодные без мелиорации к сельскохозяйственному использованию.

Влияние грунтовых вод на растения определяется многими факторами, и это влияние может быть как положительным, так и отрицательным. Растения угнетаются и гибнут, если в корнеобитаемом слое за счет грунтовых вод повышается концентрация легкорастворимых солей или происходит заболачивание с развитием бескислородной обстановки и накоплением ядовитых закисных соединений железа и марганца. В естественных условиях территории с близким уровнем грунтовых вод имеют различный ландшафтный облик.

Уровень грунтовых вод, при котором начинается угнетение и гибель растений, называется критическим. В условиях умеренно-сухих и засушливых (при коэффициенте увлажнения менее 1,0) критическая ситуация возникает, главным образом из-за высокой минерализации грунтовых вод (более 0,5—1,0 г/л). Однако в прирусловых частях пойм и среди песчаных массивов грунтовые воды могут быть пресными и их негативное влияние в этих случаях определяется только возможным фактором заболачивания. Во влажных условиях при гидротермическом коэффициенте увлажнения более 1,0 повышение минерализации в водах встречается редко и их влияние на растения зависит от глубины залегания зеркала грунтовых вод.

Установлено, что при залегании грунтовых вод глубже 3—4 м их режим является нейтральным, индефферентным по отношению к растениям. При глубине грунтовых вод ближе 0,5—1,0 м от поверхности в большинстве случаев режим грунтовых вод оценивается как критический. Если грунтовые воды залегают на глубине от 0,5(1,0) до 3,0(4,0) м, то их режим в зависимости от степени минерализации воды может характеризоваться или как оптимальный, или как критический. Слабоминерализованные грунтовые воды (менее 0,5 г/л) в пределах этих глубин оказывают разное положительное влияние в зависимости от растений, а вода повышенной минерализации всегда действует негативно, но в разной степени, в зависимости от экологических особенностей растений и степени минерализации воды.

Уровень грунтовых вод непостоянен и подвержен сезонным и более длительным периодическим колебания. При этом изменение уровня тем резче, чем ближе зеркало грунтовых вод к поверхности. Резкие колебания уровня вод усиливают их неблагоприятное воздействие на корневые системы растений. Уровень грунтовых вод различен в разных природных зонах. Так, в тундре он практически совпадает с поверхностью, в пустынях находится на глубине 60—100 м.

При грунтовых водах повышенной минерализации или слабоминерализованных, но со щелочным составом, действует общее правило для всех растений: в зоне основного обитания корней не должна находиться капиллярная кайма, не должно происходить дессуктивно-выпотное накопление солей.

Химический состав грунтовых вод пойм и дельт варьирует в зависимости от общей физико-географической обстановки. Пресные, слабоминерализованные, но содержащие элементы питания, воды характерны для пойм и дельт рек в областях подзолистых, красноземных, тропических и субтропических почв, т. е. для влажных областей. Грунтовые воды сухих областей саванн, степей, полупустынь и пустынь отличаются повышенной минерализацией.

Большое ландшафтно-определяющее значение поверхностного гидроморфизма проявляется в поймах рек. Здесь формируется особая группа азональных образований — различные типы аллювиальных почв.

Одной из особенностей водно-аккумулятивных ландшафтов пойм и дельт, вызывающей значительные отклонения от общезональной географической обстановки, является периодическое затопление полыми речными водами. Полые воды резко изменяют водно-воздушный режим почв, питают грунтовые воды, откладывают значительные массы аллювия, органических и химических осадков, создают благоприятные условия для жизнедеятельности высших растений, водорослей, животных, микроорганизмов. В области сухих степей и пустынь полые воды смягчают климатическую обстановку, снижая температуру и повышая влажность воздуха и почв, способствуют произрастанию мощной деревянистой и травянистой растительности. По поймам рек растительность северных районов внедряется на юг. Реки же со стоком к северу способствуют продвижению южных ландшафтов дальше на север. Полые воды приносят в зоны вечной мерзлоты значительное количество тепла.

Периодические паводки в поймах и дельтах рек сухих территорий поддерживают опресненность (обессоленность) почвенного покрова и грунтовых вод. Накапливаемые в сухой сезон легкорастворимые соли вымываются паводковыми водами. После прекращения паводков за счет транспирации грунтовых вод происходит накопление солей в почвенной толще. Этот процесс часто наблюдается после строительства гидроузлов и плотин. Полное прекращение паводков приводит к де-

градации почвенного и растительного покрова, к засолению, осолонцеванию и слитогенезу (переуплотнению) почв.

2.1.7. Время почвообразования и возраст почв

Почвенный покров Земли — результат развития всей природы и в первую очередь жизни. Появление новых сочетаний жизненных форм организмов с другими природными факторами приводили к появлению и исчезновению различных типов почвообразования.

Древнеримский поэт и философ Тит Лукреций Кар говорил так:

Время меняет ведь всю мировую природу.
Мир не коснеет в одном положении:
Тлеет одно и от дряхлости чахнет,
Тогда как другое взрастает и выйти из мрака стремится.
Так изменяется с возрастом сущность великого мира.
Из одного состояния Земля переходит в другое.
Прежних нет свойств у нее,
Но есть то, что не было прежде.

Исследование вопроса о возрасте почв важно в двух аспектах. Во-первых, исторический анализ прошлого почв, их становления и развития в неразрывной связи с формированием биосферы, природных зон, ландшафтов и биогеоценозов позволяет глубже проникнуть в сущность явлений эволюции и генезиса почвенного покрова, в понимание природы и специфики компонентов и свойств почвы как самостоятельного природного тела. Это дает возможность научно обоснованно строить прогнозы управления почвенными процессами, свойствами и, в конечном итоге, плодородием. Во-вторых, изучение возраста почв необходимо в плане решения проблем охраны окружающей среды. Скорость деградации почв и возобновления деградированных профилей, время превращения горной породы в полноразвитую почву при рекультивации земель, определение степени ущерба и перспектив восстановления разрушенного почвенного покрова на эродированных территориях, интенсивность биогеоценологического окультуривания малоплодородных почв — вот далеко не полный круг вопросов, имеющих, несомненно, практическое значение и в разной степени связанных с возрастными характеристиками почв.

Возраст почв занимал внимание ученых на всех этапах развития почвоведения. Основатель почвоведения В.В. Докучаев рассматривал

длительность процессов, «возраст страны», как важное условие совместно воздействующих факторов почвообразования. Оформился самостоятельный раздел почвоведения — палеопочвоведение.

В тридцатые годы в связи с разработкой концепций о едином почвообразовательном процессе В. Р. Вильямс предложил понятия относительного и абсолютного возраста почв. Относительный возраст применялся для определения различных типов быстроты и энергии биологических процессов как конкретное отражение влияния среды на темпы почвообразования, как замедление или ускорение почвообразовательного процесса под воздействием разных материнских пород, неодинакового рельефного положения почв, и т. д. Относительный возраст почв не мог быть выражен определенными временными датами. В такой трактовке относительный возраст почв принимается большинством почвоведов.

Понятие абсолютного возраста почв представляет разные категории:

1) возраст типов почвообразования на планете Земля, например, подзолистого, черноземного, ферраллитного и т. д.;
2) возраст почвообразования на конкретной территории от начальных примитивных почв на исходной породе через ряд стадий до актуальной почвы;
3) возраст современных почв на данной территории, исключая предшествующие почвенные стадии;
4) возраст становления почвы или время ее превращения из горной породы в полноразвитую почву, вступившую в равновесие с окружающей средой.

Все категории абсолютного возраста почв могут быть выражены единицами меры времени.

Возраст типов почвообразования. Разнообразие природных систем, ландшафтов, типов почв, которое мы наблюдаем сейчас на нашей планете, — это результат длительного исторического развития, усложнения и дифференциации отдельных компонентов земной поверхности. Существующая сейчас система генетических типов — суммарный результат развития всей природы и, в частности, природных систем суши. Менялись условия почвообразования, сочетания факторов-почвообразователей, появлялись новые типы почв. Прогрессивное усложнение почвенного покрова — характерная черта развития типов почвообразования. И это развитие по-

чвообразования тесно связано с эволюцией всей жизни на Земле. Появление новых растительных сообществ, новых групп растений, новых сочетаний, растительных формаций с другими природными факторами приводили к появлению новых типов почв и новых типов почвообразования.

С большой достоверностью мы можем указать абсолютное время существования того или иного типа почвообразования, абсолютный возраст ряда типов почв, не как реальных почвенных тел, масс, а как время, начиная с которого могли появиться эти почвы на нашей планете.

В конце силурийского периода с появлением растений псилофитов возникли болотные почвы. Эти почвы относились к группе болотно-иловатых, и их остатки в виде горючих сланцев наблюдаются сейчас в Ленинградской области и Эстонии. В конце девонского периода, около 350–360 млн. лет назад, исчезают псилофиты. Повсюду распространяются папоротники и хвощи. Под лесами с этой растительностью формировались почвы, похожие на красные и желтые ферраллитные влажных тропических и субтропических лесов. Реликты этих почв находят в породах каменноугольного периода в Донбассе. Они кислы, бедны кремнеземом, содержат много окислов железа и алюминия. Однако настоящие красные и желтые ферраллитные почвы возникли вместе с появлением современных гелей уже в третичном периоде.

Остатки таких почв на Земле редки. Они встречаются в Африке и Южной Америке. В России эти уникальные реликты сохранились только на Северном Кавказе, в предгорьях. Они известны как красноцветные коры выветривания, фиксирующиеся при почвенных исследованиях в качестве почвообразующих пород. В современной классификации почв выделяются особые роды пестроцветных (красноцветных) лесных почв.

Голосемянные хвойные растения появляются в юрском периоде (140 млн. лет назад). Вместе с хвойными лесами этого периода начинают формироваться и подзолистые почвы. Дубравы и близкие к ним широколиственные леса типичны для третичного периода (56 млн лет назад). Вместе с ними распространились буролесной и серолесной типы почвообразования. В конце третичного периода оформились как самостоятельные природно-географические сообщества луговые степи, разнотравнозлаковые сухие степи и вместе с ними черноземные

и каштановые почвы, а также почвы болотные торфяные верховые со сфагновыми мхами.

Таким образом, от группы иловато-болотных почв началось развитие почвенного покрова суши, который насчитывает сейчас около двухсот типов. Наблюдаемые современные подзолы, серые лесные, бурые лесные, красноземы, черноземы, красные и желтые аллитные почвы и т. д. имеют различный возраст возможного начала почвообразования и возникли в разные геологические эпохи. Они появлялись и исчезали на Земле, суша занималась морями, морское дно становилось сушей, пустыни замещались лесами, ледники выпахивали громадные площади. Однако почвообразовательные процессы следовали за растительными формациями, исчезая и возникая вновь, сменяя друг друга вместе с изменением всей географической среды.

Абсолютный возраст почвообразования на конкретной территории предполагает период от начала почвообразовательного процесса до сегодняшних дней. Этот период соизмерим с геологическими масштабами. Начало почвообразования может быть четко зафиксировано, если оно наступает на исходной породе относительно молодого геологического возраста: конец ледникового периода, смещение почвенных масс в результате оползней, эрозии, сбросов, поднятий, а также перекрытия почв, превращение их в палеопочвы за счет лавовых потоков и вулканического туфа, эоловых, аллювиальных, делювиальных, пролювиальных и других явлений. Это учет всей истории развития почвы с возникновения почвообразования. В частности, в **Северном** полушарии абсолютный возраст почв определяется геологическим временем после отступления ледникового покрова. При этой трактовке в понятие абсолютного возраста входит вся история эволюции почвообразования на определенной территории, которая включает несколько стадий развития в меняющейся физико-географической обстановке.

На значительной территории почвенный покров Земли отличается сравнительной геологической молодостью, которая проявляется в наличии в почвах обломков пород и маловыветренных минералов, в литологической слоистости почв и материнских пород и в небольшой мощности почвенного покрова в ряде районов суши. Это объясняется тремя общепланетарными факторами: величиной материкового оледенения от полюсов к экватору и от вершин гор к низменно-

стям, альпийским орогенезом и непрерывным повышением уровня Мирового океана (мирового базиса эрозии и аккумуляции) на всем протяжении послеледникового периода. Большая роль в непрерывном динамическом преобразовании рельефа земной поверхности, а следовательно, в обновлении почв, отводится процессам денудации и аккумуляции поверхностных отложений. А суммарный результат всех указанных процессов — молодой возраст почв на поверхности нашей Земли. Однако история развития отдельных регионов Земли неодинакова. Конкретные территории имеют свою специфику почвообразования, которая во многом определяется возрастом поверхности. Поэтому на территории планеты выделяются области с разным возрастом: молодые почвы аллювиальных и приморских равнин с недавним супераквальным режимом, молодые почвы эоловых песчаных равнин, относительно молодые почвы лессовых равнин, относительно молодые почвы ледниковых равнин, постоянно омолаживаемые почвы горных территорий, древние коры выветривания и почвы денудационных равнин.

Наиболее молодые почвы характерны для горных территорий. В результате смыва и переотложения идет постоянное омолаживание почв. Очень молодые почвы на аллювиальных и приморских равнинах, например, на Прикаспийской.

Абсолютный возраст почв для территорий оледенения 5—12 тыс. лет, для других участков суши — 10—30 тыс. лет. Возраст современного почвообразования на Русской равнине на покровных отложениях дал интервал 8—10 тыс. лет.

Таким образом, на поверхности суши абсолютный возраст почвообразования в современных почвах исчисляется в очень широких пределах от менее 100 лет и до более миллиона лет. Однако преобладают на Земле относительно молодые почвы с абсолютным возрастом менее 10—30 тыс. лет.

Абсолютный возраст почвообразования обязательно предполагает развитие почв через ряд стадий. Современные почвы в прошлом были иными, так как неизбежно меняются биоклиматические и геоморфологические условия. При изменении факторов почвообразования некоторые признаки почв становятся несоответствующими этим факторам и приобретают свойства реликтовости, т. е. сохраняют информацию о былых состояниях факторов почвообразования.

Возраст современного почвообразования или возраст современных почв отражает длительность существования конкретных почв, находящихся в состоянии климакса при относительно устойчивых условиях внешней среды. При установлении этой категории почвенного возраста необходимо отделить актуальную стадию развития почвенного покрова от предшествующих и ставших уже реликтовыми стадиями. Эти категории абсолютного возраста включает длительность только последней стадии развития без учета предшествующих почвенных фаз.

С большой уверенностью можно предположить, что возраст современных почв соответствует последним климатическим изменениям, прошедшим в голоцене. Для Русской равнины можно констатировать повсеместную молодость почвенного покрова, не превышающую 2,5 тыс. лет.

Возраст становления почвы или время превращения горной породы в почву. Наблюдения в природе и полученные экспериментальные данные установили скорость первичного почвообразования. Окружающая нас действительность иногда предоставляет нам возможность наблюдать за развитием почвы от обнаженной горной породы до почвенного тела зрелого профиля, возраста. Процесс превращения горной породы в почву совершается довольно быстро в масштабах геологического времени. В. В. Докучаев на основе наблюдений за развитием почв на стенах Староладожской крепости пришел к выводу, что вполне развитая перегнойно-карбонатная почва образуется за 400–500 лет. В. В. Акимцев приводит аналогичные данные в отношении почвенного слоя, образовавшегося на башнях Каменецкой крепости на Украине.

Интересны наблюдения за скоростью отдельных процессов, приводящих к определенным генетическим результатам в почвенном профиле. Н. Н. Соколов изучал почвы на старых постройках и морских террасах, производил косвенные подсчеты гумусированности, выветренности, выщелачивания. Его главный вывод: за 50–100 лет возможно формирование почв, но еще не имеющих устойчивой стадии.

Материнская порода через ряд стадий первичного почвообразования превращается в полноразвитую климаксную почву. Различные стадии первичного почвообразования целесообразно назвать сукцессиями почвы по аналогии с сукцессиями биоценозов при их развитии

до климаксного состояния. Почвы — более консервативные тела природы, чем биоценозы. Сукцессии биоценозов протекают относительно почвы значительно быстрее. Сукцессии почвы наблюдаются при климаксном состоянии биоценоза. Существенная черта ландшафтов и биогеоценозов — состояние равновесия достигается не одновременно всеми компонентами, а путем постепенного вхождения в стадию климакса отдельных составных частей этих объектов. Климаксное состояние почв достигается значительно позже, чем биоценоза.

Таким образом, на обнаженных горных породах почвы в довольно короткий исторический срок (500—1500 лет) приобретают уровень полной генетической зрелости профиля. Скорость достижения генетической зрелости отдельными свойствами и компонентами почв не одинаково. В равновесие с факторами почвообразования могут вступать в разные периоды содержание и запасы гумуса, pH, выщелоченность от карбонатов или аккумуляция карбонатов, состав почвенного поглощенного комплекса, мощность и оформленность генетических горизонтов и т. д. Особенно быстрыми темпами развиваются солончаковый и солонцовый процессы, слитогенез при возникновении соответствующих условий. Очень медленны скорости преобразования первичных алюмосиликатов, связанные с их конечным распадом в процессах оглинивания, оподзоливания, аллитизации и др. В современных суббореальных условиях процессы алюмосиликатных превращений и распада минералов далеки от завершающих стадий. Даже в Черноморских субтропиках фиксируются только аллитсиаллитные коры выветривания, далекие от типичных ферраллитных кор тропиков, где конечными продуктами являются только минералы окислов железа и каолинит. Но во многих частях тропических стран возраст почвообразования достигает многие сотни тысяч лет.

Полновозрастной зрелой почвой можно считать только ту, у которой все свойства, все показатели достигли равновесия с окружающими условиями среды. Эталонами такой зрелости являются зонально-провинциальные и интразональные почвенные типы. В разных природных условиях время достижения равновесного состояния неодинаково. Безусловно, в более влажных и теплых ландшафтах равновесие наступает быстрее.

Реликты в почвах. Почвообразование обязательно предполагает развитие почв через ряд стадий. Современные почвы в прошлом были

иными, так как неизбежно меняются биоклиматические и геоморфологические условия. При изменении факторов почвообразования некоторые признаки почв становятся несоответствующими этим факторам и приобретают свойства реликтовости, т. е. сохраняют информацию о былых состояниях факторов почвообразования.

Академик И.П. Герасимов отмечает широкую распространенность в современных почвах отдельных признаков и свойств реликтового характера, образованных в других условиях, чем существующие сейчас. В.А. Ковда, Е.В. Лобова, Б.Г. Розанов приводят целый перечень показателей, которые можно считать достоверными реликтами древнего гидроморфизма: наличие новообразований кремнезема, остатков гидрофильной флоры и фауны, слоев, цементированных полуторными окислами, кремнеземом, известью и т. д.

В Восточной Африке реликтами 20—25-миллионной давности являются мощные коалиновые красноцветные коры выветривания, не содержащие свободных соединений железа, но включающие его в состав кристаллической решетки глинистых минералов. В этих же районах встречаются латеритные панцири скоплений окислов железа. Все это свидетельствует о высокой в отдаленном прошлом геохимической миграции железа, свойственной длительному плювиальному периоду. Яркие примеры реликтов ферраллитного и латеритного влажнотропического почвообразования составляют характерную черту пустынь Австралии. Мощные кремневые, карбонатные, гипсовые и солевые коры в почвах аридных областей считаются реликтами древнего почвообразования, протекавшего в более влажных условиях.

Моногенетические профили строения почв — явление относительно редкое. Чаще встречаются почвы полигенетические с признаками реликтовости. Эти признаки органически включены в состав современных почв, преломляют в определенном направлении почвенные процессы и становятся существенной частью актуального почвообразования и плодородия. Два наиболее убедительных примера. Слитость в черноземах слитых и лесостепных почвах способствует созданию в почве условий поддержания этой слитости современными процессами: в осенне-зимние периоды года почвы из-за крайне низкой водопроницаемости переувлажняются, а летом сильно иссушиваются, что является обязательным условием слитогенеза. Из-за слитости эффективное плодородие снижается почти в два раза в сравнении с черноземами. Другой пример — реликтовые палеогидроморфные аккуму-

ляции карбонатов в почвообразующих породах черноземной полосы. Карбонаты включаются в элементарный почвообразовательный процесс выщелачивания и формируют иллювиально-десуктивный горизонт новообразований, который рассматривается как существенная черта строения профиля черноземов. В некоторых местах предгорий Северного Кавказа наблюдаются древнеферраллитные коры выветривания третичного времени, являющиеся почвообразующими породами современных бурых и коричневых лесных почв.

2.2. ПРОЦЕССЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

2.2.1. Концепция процессов почвообразования в общей теории генезиса почв

Почвообразовательный процесс представляет собой совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, формирующих самостоятельное биокосное тело в поверхностном слое земной коры — почву. Почвообразование совершается под влиянием солнечной энергии при взаимодействии живых организмов и продуктов их распада с корой выветривания, содержащей воду и воздух. Сущность почвообразовательного процесса определяют два противоположных и взаимосвязанных комплекса биохимических, химических, физических, физико-химических процессов — поглощение живыми организмами минеральных веществ из окружающей среды и воздействие на окружающую среду живых организмов, продуктов их жизнедеятельности и распада.

В порядке усложнения и генетической результативности почвообразовательные процессы объединяются в следующие три группы:

— простейшие микропроцессы;
— элементарные почвенные процессы (ЭПП);
— общие (тотальные) макропроцессы.

Простейшие микропроцессы представляют, как правило, различные противоположно направленные явления. Главная черта этих процессов: они не оставляют в почвах в данный момент заметных морфологически выраженных признаков.

Можно назвать следующие пары явлений, свойственных генезису почв:

Поглощение живыми организмами из почвы минеральных соединений и синтез органического вещества. *Выделение* живыми организмами в почвенный покров и почвенную атмосферу органических и минеральных соединений.

Разложение и минерализация органических остатков. *Синтез* из органических и минеральных соединений гумусовых веществ почвы.

Подкисление почвенных растворов органическими кислотами, продуцируемыми организмами при жизни, освобождающимися после отмирания и образующимися при гумификации. *Нейтрализация* почвенных растворов при обменных реакциях водорода органических кислот с основаниями, освобождающимися при минерализации органических остатков и разложении первичных минералов.

Разрушение первичных минералов почвообразующей породы. *Синтез* вторичных минералов и органо-минеральных комплексов.

Коагуляция органических, органо-минеральных и минеральных коллоидов, образование устойчивых агрегатов. *Пептизация* почвенных коллоидов, разрушение агрегатов.

Гидратация минеральных соединений. *Дегидратация* этих соединений.

Окислительные процессы, идущие при свободном доступе кислорода в почвенную толщу или при отсутствии дефицита кислорода в почвенных водах. *Восстановительные процессы* при постоянном или периодическом застое влаги и недостатке кислорода.

Движение растворов вверх и накопление подвижных соединений в верхней части профиля. *Движение растворов вниз, растворение и вынос* подвижных соединений.

Поглощение элементов органогенов живыми организмами и биогенное их накопление в верхних горизонтах почв. *Растворение и вынос* элементов биогенной аккумуляции.

Адсорбция почвенными коллоидами и живущими в почве живыми организмами газов почвенной атмосферы. *Десорбция* газов, их выделение в процессе дыхания и при разложении растительных остатков.

Дифференциация почвенного профиля и формирование различных по составу и свойствам генетических горизонтов. *Нарушение* строения почвенного профиля при физико-механических деформациях в результате деятельности почвенных животных и перемещениях почвенной массы.

Элементарные почвообразовательные процессы (ЭПП) представляют сочетание взаимосвязанных биологических, химических и

физических явлений, протекающих в почвах и являющихся главными составляющими почвообразования в целом. Это конкретные явления, механизмы и процессы, приводящие к образованию того или иного признака почвы, например, гумусового горизонта, солонцеватости почвы, горизонтов карбонатных новообразований или гипса и т. д. По своей сущности ЭПП является проявлением многолетнего суммирования веществ и энергии простейших микропроцессов.

До настоящего времени нет четкой классификации элементарных почвообразовательных процессов. Разные авторы неодинаково представляют их содержание по объему и сущности явлений. Часто вызывает нарекания термин «элементарные». Его следует понимать не в смысле элементарной простоты, а как составляющий компонент (элемент) более сложных тотальных явлений, формирующих почвенное тело, целостное самостоятельное природное образование.

Общие (тотальные) макропроцессы формируют определенные почвенные индивидуумы (типы, подтипы и др.). В почвоведении они рассматриваются как черноземообразование, подзолообразование, буроземообразование, солонцеобразование и т. д. Чернозем, подзол или солонец образуются в результате определенного совместного воздействия нескольких элементарных почвообразовательных процессов.

Прецессионный подход к генезису почв позволяет глубже познать их производственно-генетические возможности. При рассмотрении конкретного почвенного профиля внимание концентрируется на двух-трех ведущих элементарных почвообразовательных процессах, которые формируют тип (подтип) почвы и поддерживают его в равновесии с окружающими внешними факторами.

Развитие почвенного типа (подтипа) происходит под воздействием нескольких элементарных процессов, и эти процессы являются главными, определяющими генезис конкретной почвы. Главные процессы могут сочетаться с сопутствующими подчиненными явлениями, не характерными для данного почвообразования. Главенство процессов не абсолютно. В зависимости от типов почв и конкретных условий главное может стать второстепенным, подчиненным.

Любой почвенный профиль не формируется только каким-либо одним ЭПП. Поэтому явления подзолообразования, черноземообразования, буроземообразования, солонцеобразования и другие представляют совокупность ЭПП, приводящих к формированию соответствующих почв.

2.2.2. Преобразование и накопление органических веществ в почвах

Органические вещества, образующиеся в результате фотосинтеза и появляющиеся за счет потребления животными и микроорганизмами растительной органики, поступают в почву как продукты жизнедеятельности компонентов биоценоза. Вместе с растительными и животными остатками почвы получают энергию, консервированную фотосинтетическим путем, биогенные элементы, аккумулированные телами растений, а также исходные вещества для образования гумуса.

В различных природных зонах объем органического вещества естественных биоценозов, обусловливающих биологический круговорот, неодинаков. Вещества органических остатков в сложнейших процессах превращения претерпевают изменения по двум главным направлениям — минерализации и гумификации.

Минерализация. В процессе минерализации сложные органические соединения при участии различных групп микроорганизмов превращаются в простые химические вещества — воду, углекислый газ, соли в виде различных катионов и анионов. В минерализацию вовлекается большая часть органических остатков — до 80–90%. Продукты минерализации попадают в почвенные растворы и в значительной степени становятся источником питания растений, а значит, вновь включаются в биологический круговорот веществ.

Скорость минерализации и характер образующихся при этом продуктов зависит от химического состава растительных остатков и условий, в которых происходит разложение.

Гумификация — процесс образования гумусовых веществ. Они образуются из обломков биологических макромолекул или их мономеров, которые оказываются в почве благодаря ее живому населению. Это те же сахара, аминокислоты, белки, целлюлоза, лигнин и другие химические соединения растительных остатков, а также корневые выделения живых растений, которые, попадая в почву, могут подвергнуться полной минерализации, а могут стать источником синтеза гумуса.

Гумификация — глобальный процесс, встречающийся во всех без исключения почвах. Это главная и всеобщая черта почвообразования, отражение биологического круговорота веществ в свойствах почв. Если интенсивность разложения растительных остатков слабее, чем их

поступление, то в верхней части почвы образуются *органогенные горизонты*: лесная подстилка (A_0), степной войлок (A_0), торфяной ($A_т$). При оптимальном сочетании процессов минерализации и гумификации в результате гумусообразования в почвах формируются *гумусово-аккумулятивные горизонты* различного типа и мощности. Разнообразие определяется разнокачественным характером гумификации и сочетанием аккумуляции гумуса с другими процессами. В черноземах и каштановых почвах гумусовый профиль представлен горизонтами А, АВ. Серые лесные почвы характеризуются следующим выбором почвенных гумусовых горизонтов: A_1, A_1A_{2i}, A_1B_{ti}. Подтипы бурых лесных почв неодинаковы по характеру горизонтов: кислые и насыщенные почвы — A_1, A_1B_{ti}; лессивированные почвы — A_1, A_1A_{2i} A_1B_t.

Эти гумусовые горизонты являются основой плодородия почв, кладовой их богатства. Гумус — понятие не только химическое и биологическое, но и экологическое в очень широком понимании, от требования отдельного растения до формирования гумосферы Земли. В процессе эволюции жизни при почвообразовании возникло сложное и целесообразное единство растений и почвенных условий, а в более узком смысле — растений и гумуса, с которыми неразрывно связаны многие свойства и явления в почвах.

Торфообразование — процесс накопления медленно гумифицирующихся и почти не минерализующихся растительных остатков, протекающий в анаэробной среде при избыточном увлажнении. Накопление торфа как одно из важнейших явлений болотного почвообразования может развиваться в разнообразных гидрологических условиях, создающих различный качественный состав конечного продукта, его количество и объем. Торфяные слои формируются при резком недостатке элементов минеральной пищи (сфагновые верховые болота) и при подтоке грунтовых вод различной минерализации (низинные зеленомховые болота). Особые болота формируются при эвтрофическом зарастании водоемов. Торфообразование наблюдается во всех термических поясах Земли, но наиболее оно выражено и изучено в бореальном влажном климате таежных лесов.

2.2.3. Преобразование почвенной массы

Первичное почвообразование — это развитие почвообразовательного процесса на обнаженной горной породе. Оно понимается

как сложный комплекс одновременно протекающих биологических, физических и химических процессов. Воздействие на горные породы организмов и продуктов их жизнедеятельности стимулирует физические и химические явления. В начальных стадиях первичный почвообразовательный процесс связан с развитием бактериальных и актиномицетных форм, которые способны разлагать первичные и вторичные минералы с образованием хелатов. При накоплении в первичных почвах органического вещества количество актиномицетов уменьшается и постепенно замещается бактериальной и грибной микрофлорой, развивающейся в соответствии с условиями среды. В результате первичного почвообразования идет разрушение горных пород и составляющих их первичных минералов с образованием мелкозема и накоплением элементов — органогенов, а также веществ почвенного гумуса. Формируются почвы с маломощным профилем — литосоли, рендзины, регосоли, ареносоли, пелосоли. Их профиль определяют горизонты: А — С ($А_0$ — А — С) на рыхлых породах и $А_д$ — Д ($А_д$ — А — Д) на плотных породах. Литосоли формируются на плотных массивно-кристаллических бескарбонатных породах (граниты, базальты, диабазы и др.), а рендзины — на плотных карбонатных породах (известняки, мергели и др.). На рыхлых породах образуются регосоли (суглинистые наносы), ареносоли (песчаные наносы), пелосоли (глины).

Изучение процессов первичного почвообразования предоставляет исследователю ценный материал о скорости и этапах развития почвы. Впервые изучение начальных этапов почвообразования было сделано В. В. Докучаевым на древних стенах Староладожского монастыря.

Дальнейшее развитие маломощных почв предполагает их эволюцию в зональные. Вместе с почвами развивается и материнская порода; увеличивается мощность ее рухлякового слоя. Период формирования полноразвитой климаксной почвы составляет 500—1500 лет.

Дерновый процесс предполагает накопление гумуса и приобретение почвой комковато-зернистой структуры под воздействием травянистой растительности. При этом происходит аккумуляция в верхних горизонтах азота и зольных элементов питания растений, приобретение почвами благоприятных водно-физических, химико-физических свойств.

Дерновый процесс связан прежде всего с жизнедеятельностью травянистой растительности и сопутствующей ей разнообразной биоты.

Следует признать первостепенное значение дернового процесса как фактора, создающего агрономическое эффективное плодородие почвы. Именно дерновый процесс обусловливает высокое потенциальное плодородие почв и создает благоприятную экологическую обстановку для большинства сельскохозяйственных растений.

Из всех растений только травы уникальны как создатели нужного земледельцу плодородия почвы. Причина заключается в их эколого-биологической сущности. Травы на 60–90% своей биомассы находятся в почвенных горизонтах, и для них характерно ежегодное поступление всего этого органического вещества в биологический круговорот, в процессы гумификации и минерализации. Велико значение физической разрыхляющей способности корневых систем травянистой растительности, ее структурообразующих функций. Благодаря травам в результате дернового процесса почвенная масса значительно увеличивается в объеме. Например, на черноземах лессовидный суглинок имеет плотность 1,45–1,50, а дерновый горизонт залежной почвы 1,05–1,15. В результате дернового процесса почва как бы растет вверх.

В проявлении дернового процесса важную роль играют вещественные химические особенности травянистых биоценозов. Травы богаты азотом и фосфором и отличаются высокой зольностью.

Оглинивание. Под оглиниванием понимается процесс образования вторичных глинистых минералов типа монтмориллонита, гидрослюд, каолинита, вермикулита, аллофана и других, составляющих илистую фракцию почв. Эти высокодисперсные минералы образуются из первичных минералов путем изоморфных замещений, а также из продуктов распада как первичных, так и вторичных минералов. Применительно к почвам употребительны следующие синонимы оглинивания: сиаллитизация, оглинение, метаморфизация, внутрипочвенное выветривание, неосинтез глин. В почвах с невыраженными элювиально-иллювиальными явлениями в отношении алюмосиликатной части оглинивание обнаруживается по накоплению илистых частиц. Для всех почв большое значение имеет сравнительное изучение минералогического состава ила исходной материнской породы и почвенных горизонтов, а также микроморфологические исследования. Увеличение глинистости почвенной массы является главным генетическим итогом оглинивания. Оглиненные горизонты называются текстурными, или метаморфическими, и обозначаются B_t, AB_t.

Оглинивание — биогеохимический процесс. Наиболее интенсивно он протекает при непосредственном контакте минеральной массы с биологическими системами. Изучение выветривания мусковита, биотита, микроклина под действием корней древесной растительности, почвенных микроорганизмов и грибов показало, что живые организмы способны извлекать K, Mg, Fe из кристаллической решетки первичных материалов. Биологическое выветривание сопровождается изменением типа минерала, например, биотит трансформируется в вермикулит. Кроме биологических факторов при оглинивании немаловажную роль играют химические и физико-химические процессы замещения катионов, окисления, гидролиза, гидратации, образования осадков, комплексов, и т. д. Поэтому необходимые условия оглинивания — господство положительных температур и достаточного увлажнения, а интенсивность внутрипочвенного выветривания возрастает от полярных областей к тропикам. В аридных условиях и при отрицательных температурах преобладает физическое разрушение пород. Минералы же остаются относительно устойчивыми.

В каждой почвенной зоне оглинивание направлено к формированию определенного типа коры выветривания, который представляет завершающую стадию развития, находится в равновесии с окружающими ее компонентами и условиями природного ландшафта и характеризуется типичным минералогическим составом.

Зональность процессов выветривания впервые отмечена в работе В.В. Докучаева о зональности в минеральном царстве. Представление о зрелых корах выветривания, характерных для каждой почвенной зоны, обобщил В.М. Фридланд. Для каждой почвенной зоны В.М. Фридланд выделяет различные типы стадийно-незрелых неустойчивых переходных кор выветривания, которые в завершающей стадии развития дают продукты выветривания, значительно более близкие между собой, чем исходные породы.

Для большинства почв России характерен сиаллитный (Si-Al-lito) тип оглинивания. При этом типе преобразования минералов коренных пород происходит накопление вторичных глинистых минералов типа гидрослюд, каолинита и монтмориллонита. Преобразование минеральной части почв по сиаллитному типу характерно для черноземов, каштановых почв, серых и бурых лесных почв, дерново-карбонатных и др.

Во влажных субтропиках Черноморского побережья тип оглинивания — аллит-сиаллитный. Здесь происходит обогащение почв минералами окислов железа и алюминия.

Почва и материнская порода — самостоятельные тела природы, вместе составляющие кору выветривания. Оглинивание и в почве, и в материнской породе протекает по общему направлению. Почвы всегда развиваются в толще коры выветривания, располагаясь в верхней ее части. При маломощных щебнистых корах выветривания почвенный профиль полностью занимает объем этих кор. Мощные, например тропические аллитные, коры выветривания во много раз превосходят объем почвенной массы.

Наблюдаемые современные почвы и приуроченные к ним коры выветривания в решающей степени определяют минералогический состав почвы и направление внутрипочвенного оглинивания. В то же время почвенные процессы оказывают непосредственное влияние на ход выветривания коры, особенно при проникновении в них почвенных растворов в условиях промывного водного режима.

Вопрос о различиях и сходстве в составе минералов между почвами и материнскими породами имеет значение в смысле констатации неодинаковой скорости развития этих природных тел. В зрелых корах выветривания и приуроченных к ним зональных почвах различия в минералогическом составе будут минимальными.

В толще коры выветривания скорость процесса оглинивания, т. е. интенсивность образования вторичных глинистых минералов, неодинакова. Обычно она выше в биологически активных почвенных горизонтах, причем в самой почве характерно обособление более оглиненного метаморфического текстурного горизонта B_t. Оглинивание наиболее интенсивно в незрелых щебнистых корах выветривания, обогащенных первичными минералами. При высоком содержании в почвах потенциальной части, т. е. первичных минералов, происходит быстрое накопление глинистых частиц и оглинивание становится важнейшей частью почвообразования. Оглинивание ослабевает, замедляется в почвах и материнских породах тяжелого механического состава, обогащенных вторичными минералами. Отмечено слабое развитие процесса внутрипочвенного выветривания в горизонтах коры выветривания, достигшей зональной зрелости. В этом случае оглинивание не представляет решающего качественного компонента почвообразования.

Слитогенез. Слитыми почвами называют плотные образования, которые в сухом состоянии обладают очень высокой твердостью, а во влажном состоянии — низкой твердостью и высокой пластичностью. Например, слитые черноземы Кубани имеют в зависимости от влажности объемную массу от 1,93–2,00 (сухие) до 1,40–1,42 (влажные) и соответственно — порозность от 26 до 48%. Характерная особенность слитых почв — их склонность к сильному растрескиванию при высыхании. Объемная усадка составляет около 30%. К свойствам слитости относятся также вязкость и липкость глинистой массы, бесструктурность, «сплошность» во влажном состоянии и глубокая крупноглыбистая трещиноватость в сухом. Слитые почвы обладают способностью к самомульчированию, т. е. при высыхании поверхностного слоя образуют рыхлый мелкочешуйчатый, не обладающий капиллярностью горизонт.

Контрастный водный режим, резкие колебания от переувлажнения к иссушению ведут к перестройке минеральной части, изменению структуры, появлению высокой способности к набуханию и сжатию. Этому способствует обогащенность слитых почв и почвообразующих пород монтмориллонитовыми минералами, а монтмориллонитовое оглинивание — одна из важнейших сторон слитогенеза. При слитогенезе образуется темная, почти черная, масса за счет прочного комплексирования гуматов с монтмориллонитовыми минералами.

Оригинально складывается водный режим слитых почв, способствующий застою воды на поверхности. Проникновение дождевых вод непосредственно в глубокие слои почвы возможно лишь после иссушения профиля до глубины 150 см, когда он будет пронизан трещинами. В этом случае только влага обильных дождей может достигнуть по трещинам глубоких слоев, и проникновение будет происходить до тех пор, пока в результате набухания средние и верхние слои почвы не превратятся в водоупор. Фильтрация слитого слоя составляет всего 0,1–0,4 мм/ч. При таких величинах фильтрации слитые почвы практически не имеют промывного режима, какое бы количество осадков ни выпадало. Круговорот веществ происходит в пределах почвенного профиля, т. е. в слое 0–170 см, а материнская порода оказывается изолированной от гравитационного тока влаги набухшей глинистой массой. Избыток атмосферной нефильтрующейся влаги застаивается на поверхности в микрорельефных понижениях, вызывая переувлажненность пахотного слоя.

Со слитогенезом связано явление *педотурбации.* Педотурбация — это механический процесс внутреннего профильного перемешивания почвенной массы, вследствие которого происходит перемещение веществ в почве. В слитых почвах к концу сухого сезона возникают глубокие трещины. Мелкозернистая масса поверхности почвы, образованная в результате самомульчирования, проваливается в трещины под воздействием силы тяжести, воды и ветра, обработки и др.

При увлажнении и набухании почвы педотурбация происходит снизу вверх из-за развивающегося в трещинах давления на блоки почвы. Могут происходить и горизонтальные смещения. Как правило, при увлажнении блоки поднимаются выше, чем места трещин. Это одна из причин формирования в естественных условиях микрорельефа типа гильгай.

Как результат педотурбации профиль слитой почвы слабо дифференцирован на горизонты. Происходит гомогенизация почвенной массы, замедляющая горизонтацию.

Оглеение. Под глеевым процессом понимается процесс образования глинистых материалов, содержащих закисное железо, а также простых закисных солей железа и марганца. Наиболее распространенные — сидерит $FeCO_3$ и вивианит $Fe_3(PO_4)_2u8H_2O$. При гидролизе сидерита образуется весьма мобильный бикарбонат железа $Fe(HCO_3)_2$. Эти вещества окрашивают зоны оглеения в зеленоватые, зеленовато-голубые и черно-голубые тона.

В почвах, содержащих сульфаты, закисное железо находится в виде гидротроилита $FeSunH_2O$, небольшие количества которого окрашивают почву в интенсивно черный цвет. Гидротроилит, подвергаясь кристаллизации, переходит в пирит — FeS_2.

Сущность глеевого процесса состоит в следующем: под воздействием неспецифических гетеротрофных анаэробных организмов железо свободных окисных соединений, а также железо, извлекаемое из частично распадающихся силикатов и алюмосиликатов, восстанавливается до закисного двухвалентного, вступает в комплексные связи с органическими соединениями и алюмосиликатами. В закисные формы вместе с железом переходят и другие элементы.

Глеевый процесс, проявляясь в различных почвенных типах, увеличивает разнообразие почвенного покрова Земли. Глеевые процессы возникают при переувлажении. В условиях застойно-промывного водного режима морфохроматические признаки оглеения в виде холод-

ного цвета — синего, сизого, голубого и голубовато-зеленого и др. не проявляются. Эти признаки характерны для почв болотного ряда, т. е. они возникают под влиянием глееобразования при постоянном переувлажнении без условий промывного водного режима.

Глеевый процесс имеет биохимическую природу. Специфические группы микроорганизмов не установлены. Их состав может варьировать в различных почвах и климатических зонах. Но все эти микроорганизмы гетеротрофны, т. е. наличие в почвах органического вещества — обязательное условие глеевого процесса. Наибольшее количество микроорганизмов, вызывающих редукцию железа, находится в верхних почвенных горизонтах, богатых органическим веществом. Растительные остатки и почвенный гумус используются бактериями как энергетический материал. Зоны оглеения наиболее интенсивно развиваются вокруг скопления органического материала, а в глубоких горизонтах оглеение лимитируется низким содержанием гумуса. При глееобразовании может иметь место масляно-кислое брожение сахаров и крахмала, а также брожение клетчатки. Однако определяющим является сбраживание протеинов и гумусовых веществ. При этом происходит усреднение кислой реакции почв. В легко подвижную форму превращаются гумусные кислоты, связанные с трехвалентным железом.

Оглеение развивается в переувлажненных почвах. Однако вода не является его непосредственной причиной. Избыток влаги ограничивает процесс обмена воздуха между почвой и атмосферой, что приводит к недостатку кислорода — необходимому условию развития анаэробных микроорганизмов.

При переменном гидроморфизме, когда процессы переувлажнения сменяются окислительным режимом, типична следующая реакция:

$$4Fe(HCO_3)_2, + O_2 + 2H_2O = 4Fe(OH)_3 + 8CO_2.$$

Гидроокись железа $Fe(OH)_3$ и ее производные придают профилю ярко-оранжевые и ржавые тона, которые распределяются в виде пятен и примазок. Они сочетаются с пятнами ярко сизо-зеленого цвета истинного оглеения. Образуется мраморовидная пятнистая окраска, как результат периодичности (сезонности) в избыточном увлажнении, т. е. периодичности в господстве восстановительных и окислительных условий. С переменным гидроморфизмом также связано наличие конкреций и марганцево-железистых пленок (мелкие и

крупные ортштейны, трубчатые корневые конкреции, примазки, пятна $Fe(OH)_3$ и Mn_2O_7).

В глеевых засоленных почвах закисные формы железа окисляются с образованием серной кислоты, и почвы в отсутствие карбонатов приобретают сильно кислую реакцию среды. Схема образования серной кислоты может быть представлена следующим образом:

$$FeS_2 + 7O + H_2O = H_2SO_4 + FeSO_4,$$

$$FeS + 4O + 2H_2O = H_2SO_4 + Fe(OH)_2.$$

Таким образом, глееобразование, или глеевый почвообразовательный процесс, протекает в анаэробных условиях при обязательном участии гетеротрофной микрофлоры и наличии органического вещества в условиях постоянного или периодического обводнения отдельных горизонтов или всего профиля. Глееобразование сопровождается переходом окисных соединений в закисные.

Аллитизация (ферраллитизация) — совокупность явлений почвообразования и выветривания, результатом которых является накопление в почвах окисных минералов железа и алюминия (гетит, гидрогетит, лимонит, гидрогелит, гиббсит), а также вторичного алюмосиликата каолинита. Происходит также потеря кремнезема и всех остальных окислов. Аллитизация (ферраллитизация) совершается в тропических и субтропических странах в условиях достаточной влажности и хорошего естественного дренажа. Образующиеся свойства аллитности (ферраллитности) включают: красную и желтую окраску, прочную железистую микроструктуру, низкую поглотительную способность, слабую связанность, пластичность и набухаемость.

Аллитными почвами и корами выветривания считаются те, у которых молекулярные отношения SiO_2: R_2O_3 в илистой фракции менее 2.

Аллитизация (ферраллитизация) — процесс, охватывающий не только почвенные горизонты, но и преобразующий всю кору выветривания на большую глубину, что отличает его от ряда других почвообразовательных процессов. Специфические генетические горизонты не формируются. В толще аллитной коры выветривания различают верхний активный слой современного почвообразования и мягкую породу, потерявшую свою внешнюю структуру — зону литомаржа («гнилого камня»).

Латеритизация — почвенно-гидрогеологический процесс формирования железистых и железисто-кварцевых каменных конкреций, слоев (панцирей) в мелкоземистой толще почв под воздействием притока соединений железа и алюминия с кислыми водами, чаще всего горизонтального и реже вертикального направления. Латеритизация обусловливает вывод из круговорота значительных количеств соединений железа. Наиболее широко латеритизация проявляется в условиях сезонно-влажных тропиков.

При латеритообразовании значительную роль играют малопроницаемые подпочвы, являющиеся своеобразным водоупором, под которым во влажные периоды года возникают текущие по уклону местности почвенные воды типа верховодки. Этому может способствовать различный литологический состав наносов, например глинистые породы, перекрытые легкими отложениями.

Выпадение соединений железа в осадок, образование конкреций, цементация конкреций из окружающего их силикатного материала в железистые панцири происходит при смене реакции среды на нейтральную или щелочную, что возможно при контакте кислых железистых вод с грунтовыми водами иного, не почвенно-поверхностного происхождения. Большое значение в образовании латеритов принадлежит периодическому высыханию почвенных растворов и слоев. Особенно крупные скопления латеритов встречаются в замкнутых депрессиях рельефа. В зависимости от условий образования и стадий развития процесса встречаются пизолитовые (гороховидные), каменисто-гравелистые и альвеолярные (ячеистые) крупноблочные, каменисто-плитообразные. Эти латериты имеют поверхностно-гидроморфное происхождение и связаны с дополнительным притоком воды, насыщенной растворимыми соединениями железа.

На Северном Кавказе процесс латеритообразования можно наблюдать в субтропических подзолисто-желтоземных почвах на выровненных морских и речных террасах Черноморского побережья, в районах Туапсе — Сочи — Адлер. Большие площади этих почв сосредоточены в долинах рек Мзымты и Псоу. Их конкреционный горизонт В имеет латеритную природу.

В почвах сезонно влажных тропических стран типично образование латеритных конкреций из ферраллитной глинистой массы вследствие ее цементации.

Присутствие в почвах латеритов резко снижает их плодородие, а эрозионные процессы делают эти почвы совершенно бесплодными вследствие выхода на поверхность каменистой массы.

2.2.4. Преобразование и миграция почвенной массы

Выщелачивание. Под выщелачиванием понимается процесс выноса (вымывания) за пределы почвы и коры выветривания простых солей щелочных и щелочноземельных металлов. Обычно это миграция солей Na, K, Ca, Mg, которые или содержались в материнской породе, или неизбежно возникали при почвообразовании и выветривании. Эти явления могут происходить вместе с лессивированием, оподзоливанием, осолонцеванием и др. Однако весьма часто удаление из почвы простых солей не обязательно сопровождается указанными процессами, а носит индивидуальный характер. Поэтому выщелачивание целесообразно понимать как самостоятельный почвообразовательный процесс, включающий явления вымывания из почвы солей без развития свойств солонцеватости, оподзоленности, лессиважа и др.

Из всех солей, включающихся в процесс выщелачивания, карбонат кальция ($CaCO_3$) — наиболее труднодоступная соль. Миграция карбонатов возможна только после их превращения в бикарбонаты, что происходит в водных растворах в присутствии углекислоты:

$$CaCO_3 + H_2O + CO_2 \Leftrightarrow Ca(HCO_3)_2.$$

Бикарбонат кальция — $Ca(HCO_3)_2$ существует только в водорастворимом состоянии. При высыхании почвы он обратимо превращается в $CaCO_3$, образуя иллювиально-дессуктивные карбонатные горизонты.

Тотальный вынос карбонатов и других солей за пределы почвы и коры выветривания происходит при промывном водном режиме. При этом создаются условия для возникновения кислой реакции почвенной среды. Выщелачивание и миграция солей при непромывном водном режиме являются условиями формирования иллювиальных горизонтов гипса и легкорастворимых солей. Почвы, не обнаруживающие элювиально-иллювиальных явлений в отношении сиаллитной части, становятся таковыми и для простых солей — это черноземы, каштановые, коричневые почвы и др.

Солончаковый процесс в классическом виде — это накопление легкорастворимых в воде солей в верхней части профиля почвы. Он проявляется в гумидно-аридных условиях с коэффициентом увлажнения менее 1,0. Характерным для солончакового процесса является выпотной водный режим, когда количество выпадающих осадков меньше способности почвы и растений расходовать влагу. Избыток влаги возникает за счет близкого уровня грунтовых вод, капиллярная кайма которых, испаряя влагу, приводит к формированию засоленных почв. Обычно уровень грунтовых вод располагается на глубине 0,5–3,0 м.

Мергеленакопление — одно из проявлений болотного почвообразования. При подтоке гидрокарбонатно-кальциевых подземных вод на заболоченные массивы возможны условия выпадения $CaCO_3$ и $MgCO_3$ в осадок в виде тонкомучнистой массы. Этому способствует расход воды на испарение, изменение температуры давления растворенной угольной кислоты. Карбонатная масса может иметь тенденцию к самостоятельному накоплению, образуя слои на поверхности или ниже торфяного горизонта. Содержание $CaCO_3$ и $MgCO_3$ в таких аккумуляциях достигает 90%. Мергеленакопление проявляется также в пропитывании карбонатами верхних горизонтов заболоченной почвы при выпотном водном режиме. Здесь мергеленакопление сходно по сущности с солончаковым процессом, а образующиеся почвы — не что иное как *карбонатные солончаки.*

Мергелистые слои и горизонты не содержат, как правило, повышенных концентраций легкорастворимых солей. Эти соли удаляются во влажные периоды года избыточным количеством воды, когда господствует промывной режим и подавлены выпотные явления. Трудно растворимые карбонаты кальция и магния отмываются от подвижных хлоридов и сульфатов.

Солонцовый процесс (осолонцевание) связан с внедрением в почвенный поглощающий комплекс обменного натрия:

$$\text{почва} - Ca^{2+} + 2Na^{+} \leftrightarrow \text{почва } 2Na^{+} + Ca^{2+}.$$

При насыщении поглощающего комплекса натрием почва приобретает щелочную реакцию:

$$\text{почва} - Na^{+} + H_2O = \text{почва} - H^{+} + NaOH.$$

Присутствие в почвенном растворе ионов CO_3^{2-} и HCO_3^- вызывает образование соды:

$$\text{почва} - 2Na^+ + H_2CO_3 = \text{почва} - 2H^+ + Na_2CO_3,$$

$$\text{почва} - 2Na^+ + Ca(HCO_3)_2 = \text{почва} - Ca^{2+} + 2NaHCO_3.$$

Высокая щелочность и присутствие соды приводят к диспергации коллоидно-илистой части почвы, коллоиды из геля переходят в золь, перемещаются из верхних горизонтов вниз, образуя уплотненный коллоидно-илистыми частицами иллювиальный солонцеватый горизонт.

Содержащийся в солонцах и солонцеватых почвах обменный натрий определяет многие химические и водно-физические свойства почв, которые называют свойствами солонцеватости.

Осолодение (щелочной гидролиз) происходит в степных депрессиях (западинах) в условиях лесостепи, степи и сухой степи при близком стоянии слабоминерализованных грунтовых вод или при периодическом передвижении растворов водами поверхностного стока. При осолодении происходит разрушение минеральной части почвы под воздействием слабо конденсированных дисперсных фульвокислот. Реакция растворов — слабощелочная, поэтому и распад минералов определяется как щелочной гидролиз.

Подзолистый процесс (оподзоливание) наиболее ярко протекает под пологом хвойного леса в континентальных условиях бореального пояса. На поверхности почвы аккумулируется грубая лесная подстилка — горизонт A_0 мор. Малозольные растительные остатки этого горизонта с преобладанием целлюлозы, лигнина, гемицеллюлозы, а также в присутствии ингибиторов (воски, смолы, дубильные соединения) медленно разлагаются под воздействием преимущественно грибной микрофлоры. При этом среди образующихся органических соединений значительна роль неусредненных фульвокислот и низкомолекулярных уксусной, муравьиной и других кислот, т. е. веществ, обладающих агрессивностью в отношении большинства минералов почвы. Фильтрующиеся из лесной подстилки органические кислоты в кислой среде разрушают первичные и вторичные минералы. В связи с этим подзолистый процесс часто называют *кислотным гидролизом.* Продукты разрушения могут частично накапливаться в нижележащей иллювиальной толще, формируя иллювиальный горизонт B_i, а также вымываться вертикальными токами воды или горизонтальной

внутрипочвенной верховодкой. Промывной водный режим является важнейшим условием развития подзолистого процесса.

Элементарный подзолистый процесс необходимо отличать от подзолистого общего почвообразовательного процесса, формирующего тип подзолистых почв. В генезисе подзолов подзолистый процесс — ведущий, но не единственный в общем комплексе явлений почвообразования. Со времен В.В. Докучаева, утвердившего понятие «подзол» в научной терминологии, формирование подзолистых почв рассматривалось по-разному. В то же время теоретические положения различных авторов дополняли друг друга, с большей достоверностью раскрывали возможные пути становления этих почв.

Лессиваж (иллимеризация) — почвообразовательный процесс перемещения глинистых частиц без их разрушения под действием нисходящих вертикальных и боковых токов влаги.

В классическом виде лессиваж — сбалансированный элювиально-иллювиальный процесс: вынос ила из элювиальной толщи соответствует его накоплению в иллювиальных горизонтах. В этих горизонтах фиксируется ориентированная глина, под которой понимаются глинистые частички, расположенные по направлению вертикальных ходов, пор, трещин.

В результате лессиважа в горизонтах на поверхности почвенных отдельностей появляется кремезимистая присыпка. Рыхлое структурное сложение профиля и вертикальность почвенных токов влаги способствуют глубокому обезыливанию почв.

Важный признак лессивирования — однородность валового состава илистой фракции по профилю почвы: молекулярные отношения характеризуются близкими величинами в элювиальных горизонтах и в материнской породе.

Для лесных почв отмечается более легкий гранулометрический состав верхних горизонтов A_1, $A_1Ад$ в сравнении с горизонтом B_i и материнской породой. Это связано с выносом илистых частиц из верхней элювиальной толщи.

Псевдооподзоливание. Под псевдооподзоливанием следует понимать сложный, преимущественно элювиальный процесс, сочетающий сезонное переулажнение и лессивирование. При псевдооподзоливании происходит дифференциация профиля, морфологически напоминающая оподзоливание. Сезонное переувлажнение и возникающее при этом оглеение вызывают мобилизацию Fe вследствие перевода его

в закисные формы. Fe отделяется от глин и мигрирует независимо от них. Частично его соединения вымываются, частично сегрегируются на месте при высыхании почвы в различные по величине и форме новообразования. Минеральная дифференциация интенсифицируется обезыливанием верхних горизонтов.

Таким образом, почвообразовательный процесс представляет собой совокупность явлений превращения и передвижения веществ и энергии, формирующих самостоятельное биокосное тело в поверхностном слое земной коры, — почву. Различают простейшие микропроцессы, не оставляющие видимых морфологических следов в почвах. Под элементарными почвообразовательными процессами понимается сочетание взаимосвязанных биологических, химических и физических явлений, приводящих к образованию того или иного признака почвы. Общие (тотальные) почвообразовательные макропроцессы (подзолообразование, черноземообразование, буроземообразование и т. д.) формируют конкретные почвенные индивидуумы.

Часть III

КЛАССИФИКАЦИЯ, ГЕОГРАФИЯ, СВОЙСТВА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ, ТАКСОНОМИЯ И НОМЕНКЛАТУРА ПОЧВ

Классификация почв представляет собой объединение их в группы по важнейшим свойствам, происхождению и особенностям плодородия. В разные периоды развития почвоведения как науки и его практического преломления в сельском хозяйстве и земледелии, в лесоводстве и земельном кадастре разрабатывались и применялись различные классификационные подходы к систематике почв. В.В. Докучаев и Н.М. Сибирцев утвердили взгляд на почву как на особое природное образование, развивающееся в тесном взаимодействии с окружающей средой, в единой природной экологической системе. Их учение о генезисе почв, о генетических типах почв явилось основой для создания классификационных систем, а сами классификации получили название эколого-генетических, эволюционно-генетических, субстантивно-генетических.

Классификация почв, представленная в этой книге, по своей методологической сущности является эколого-генетической, учитывающей в диагностике условия почвообразования. Факторы почвообразования в той или иной интерпретации отражены при выделении классификационных таксонов. Экологичность и зональность проявляются не только в зональных типах и подтипах почвообразования, но претендуют на фундаментальную основу и в интразональных и азональных почвах. Как логическое следствие эколого-географического подхода классификация базируется на процессах почвообразования, формирующих почвенные индивидуумы различного таксономического ранга. При этом сохранен классический подход И.П. Герасимова и М.А. Глазовской к элементарным почвенным процессам как к сочетанию взаимосвязанных и взаимообусловленных биологических, химических, физико-химических и физических явлений, составляющих почвообразование в целом и конкретизирующихся в устойчивых признаках-диагностах почвенного профиля.

Почва как самостоятельное естественно-историческое тело не может одновременно не быть составной частью экосистемы, ландшафта,

природной зоны. Отрыв почвы от экологических условий ее бытия есть нарушение докучаевского принципа системного подхода к анализу природных явлений. Поэтому ландшафт, природная зона, не будучи объектом классификации, в той или иной степени диагностирует почвенные образования.

Новейшей разработкой в классификационных системах является субстантивно-генетическая классификация (Классификация почв России, 2002). В этой классификации абсолютизируется эмпиричность восприятия внешних признаков почвы, статичность факторов строения профиля, что служит основанием однозначности диагностической идентификации экологически разнообразных, хотя и близких по внешнему виду почв. Условия и факторы почвообразования практически исключаются из диагностики почв, при этом авторы считают теоретической основой субстантивно-генетической классификации почв учение о генезисе почв и классическую докучаевскую триаду — «факторы—процессы—свойства».

Внешняя профильная морфологическая логика субстантивно-генетической классификации приводит к ненормативной ломке номенклатуры и отделяет названия почв от широко распространенных в русской лексике эколого-ландшафтных наименований.

Сохранение признаков генетической индивидуальности почв и вместе с этим сложившейся номенклатуры в приводимой эколого-генетической классификации базируется на резистентности почв, их относительной консервативности, несмотря на пресс антропогенного преобразования.

Эколого-генетическая классификация (Классификация и диагностика почв СССР, 1977) лежит в основе всех почвенных карт существовавших в СССР колхозов и совхозов, предприятий лесного хозяйства. Массовые почвенные обследования, выполненные в системе Гипроземов России и бывших союзных республик в 60—80-е гг., сейчас являются единственным и пока незаменимым материалом для учета земель, их хозяйственной оценки и кадастра. Начиная с 90-х гг. широкомасштабные почвенные обследования в стране не производятся. В то же время к 1990 г. каждый колхоз и совхоз в СССР имел почвенную карту, часто 2—3-кратной повторности разных туров почвенного обследования на основе эколого-генетической классификации.

Таксономия почв. Система таксономических единиц современной эколого-генетической классификации предусматривает выделение в

пределах биоклиматических фаций следующих категорий: тип, подтип, род, вид, разновидность, разряд.

Тип — ключевая таксономическая единица, фундамент всей классификации, объединяет почвы, развивающиеся в однотипных биологических, климатических и гидрологических условиях. Все эти почвы характеризуются единой системой основных диагностических горизонтов и общностью свойств, что является следствием сходства или однотипности режимов и процессов почвообразования.

Подтип — группа почв в пределах типа, качественно отличающихся по проявлению основного и налагающихся процессов почвообразования, в связи с чем основные генетические горизонты при их однотипности имеют те или иные количественные различия. Подтипы почв представляют собой переходные ступени между типами как следствие постепенно изменяющихся биоклиматических условий географического порядка и местных экологических условий.

Род — таксономическая единица в пределах подтипа, которая отражает качественные генетические особенности, возникающие в процессе генезиса почв под влиянием комплекса местных условий: состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод, появление солонцеватости, засоленности, развитие слитогенеза, эродированности и пр.

Родовые признаки почв существенно меняют качественную оценку подтипа. Подобная эколого-генетическая значимость позволила сторонникам субстантивно-генетической классификации многие роды черноземов, каштановых и других почв перевести в разряды подтипов. Так появились подтипы, например, черноземов солонцеватых, засоленных, осолоделых, слитизированных. За родом в этой классификации остались признаки состава почвенного поглощающего комплекса и химизма засоления.

Вид — таксономическая единица в пределах рода, а иногда и подтипа, определяющая количественные показатели степени выраженности тех или иных признаков почвы (степень гумусированности, засоленности, солонцеватости, мощность горизонтов и др.).

Разновидность — определяет почвы по гранулометрическому составу (механическому составу), скелетности и каменистости.

Разряд — таксономическая единица, группирующая почвы по особенностям материнских пород (моренные, флювиогляциальные, покровные, лессовые и т. д.).

Номенклатура. Под номенклатурой почв понимается наименование почв в соответствии с их свойствами и классификационным положением. В основу научной генетической номенклатуры положены русские народные названия: чернозем, подзол, краснозем, серые лесные почвы, бурые лесные почвы, солонец, солончак, солодь. Эти названия широко вошли в научную практику и некоторые из них употребляются в других языках без перевода (чернозем, подзол, солонец, солончак, глей и др.).

По мере накопления научного и практического опыта число вновь открытых почв постоянно растет, увеличивается и их классификационный объем. В начале XX века почвоведы обходились 10—15 названиями типов почв. Сейчас их в научно-производственном обиходе более 200. В течение векового развития почвоведения соблюдается традиция — сохранять старые названия почв, дополняя их новыми номенклатурными терминами с семантической основой, понятной широкому кругу не только специалистов и практиков в области почвоведения, но и других отраслей.

Субстантивно-генетическая классификация почв, наряду с традиционной русской терминологией, изобилует массой новых названий почв: псевдофибровые, агрогенногетерогенные, турбированные, альфегумусовые, криогенно-мицелярные, галоморфные и др. Широко распространены в этой классификации такие названия: аброземы (эроземы), агроземы, торфоземы, стратоземы, агроабраземы, глееземы, криоземы, литоземы и др.

Полное название почвы начинается с наименования типа, далее следует подтип, род, вид, разновидность, разряд. Например, чернозем в районе Ростова-на-Дону имеет следующее полное название: чернозем обыкновенный малогумусный среднемощный тяжелосуглинистый на лессовидной глине. Название чернозема в окрестностях Краснодара: чернозем выщелоченный сверхмощный малогумусный суглинистый на лессовидных суглинках.

Земельный учет, Земельный кадастр, бонитировочная оценка почв учитывает все многообразие почвенного покрова. Так, в Ростовской области зафиксировано около 2000 почвенных разновидностей, а в Краснодарском крае — около 3000.

Диагностика почв. Под диагностикой почв понимается совокупность признаков, по которым они относятся к тому или иному таксономическому уровню классификации. Диагностика объединяет ком-

плекс экологических условий и факторов почвообразования, генетических процессов почвообразования и признаков строения, а также свойств генетических горизонтов и профиля почвы в целом.

Особенности строения генетического профиля почв определяются системой почвенных горизонтов (слоев), возникновение которых закономерно обусловлено экологическими условиями формирования ландшафтов. Генетические горизонты выделяются по сумме признаков и свойств, возникших в результате совместного действия процессов почвообразования. Названия горизонтов отражают их генетическую процессную сущность, а их свойства представляют генетические признаки почв, являющиеся главной основой диагностики в сочетании с условиями и факторами географического распространения (табл. 34).

Таблица 34

Диагностика генетических горизонтов почв

Индексы		Название горизонта и его диагностические признаки
Эколого-генетическая классификация	Субстантивно-генетическая классификация	
A_0	O	Подстилка. Чаще всего образуется в лесных сообществах (лесная подстилка). Может образовываться под травянистой, особенно влажно-луговой, растительностью (степной войлок). Мощность менее10 см. Содержание органических веществ более 35%. Органические и животные остатки сохраняют частично свое строение. Объем подстилки в лесах составляет: субтропические леса — менее одного годичного, суббореальные с бурыми лесными почвами — 1–2,5, бореальные таежные леса или горные хвойные — более 3 (3–5). В северной тайге около 20
T	T	Торфяный. В субстантивно-генетической классификации горизонт может быть сухоторфяным (TJ) и торфяно-минеральным (TR). Представлен оторфяненными органическими остатками различного ботанического происхождения. Мощность от 10 до 50 см. TO — олиготрофные сфагновые, TE — эутрофные разнорастительные горизонты

Продолжение табл. 34

AT	H	Перегнойный. Темный почти черный, мажущейся консистенции с содержанием органических веществ 20–25%. Растительные остатки свое исходное строение утратили. Характерен для гидроморфных почв
A0A1	AT	Грубогумусовый. Гетерогенный по составу: растительные и животные остатки различной степени разложения и минеральные компоненты почвы. Общее количество органического вещества менее 35%
A	AY, AU	Гумусовый. Часто ранее назывался гумусово-аккумулятивным горизонтом. Субстантивно-генетическая классификация впервые гумусовый горизонт разделяет на два генетически самостоятельных: AY — светлогумусовый с содержанием фульватного или гуматно-фульватного гумуса до 4–6%, AU — темногумусовый с содержанием гуматного или фульватно-гуматного гумуса более 4%
Ад	AD	Дерновый гумусовый. Насыщен живыми корнями травянистой растительности. Типичен для почв под травянистыми фитоценозами, в которых преобладает злаковый травостой. Максимальное проявление в целинных черноземах и луговых почвах. Типично интенсивно зернистое или ореховато-зернистое структурообразование
Апах	PY, PU, PB	Пахотный. Верхняя часть профиля любых почв, преобразованная земледельческой обработкой, с мощностью максимальной глубины вспашки. Пахотный горизонт является производным одного или нескольких верхних горизонтов естественных почв. Отличается утратой структуры первоначальных почв. Имеет общую закономерную тенденцию: несмотря на генетическое разнообразие природных почв, происходит уравнивание агропроизводственных агрономических характеристик до экологического оптимума для сельскохозяйственных растений, возделываемых в конкретном регионе. В субстантивно-генетической классификации наличие в профиле агрогенно-преобразованного горизонта послужило основой выделения самостоятельных типов и подтипов почв

Продолжение табл. 34

A_1 (A_1A_2)	AEl	Гумусово-элювиальный. Осветленный горизонт. В результате элювиирования обеднен илом и полуторными оксидами в сравнении с нижележащим. Содержит гумуса около 2%, отношение Сгк: Сфк чаще менее 1
A_2	EL	Элювиальный. Четко осветленный, ясно кремнеземистый, похожий на подзолистый. Почвенная масса плитчатой, слоеватой, чешуйчатой, листовой структуры или бесструктурна. Отличается резким обеднением илом и полуторными оксидами
A_2	E	Подзолистый. Разновидность элювиального горизонта. Характерно обеднение всех гранулометрических фракций полуторными оксидами по сравнению с нижележащими горизонтами и материнской породой. Впервые выделен как самостоятельный элювиальный горизонт в субстантивно-генетической классификации почв
AB		Гумусовый переходный. По гумусовому содержанию является количественно менее выраженным продолжением горизонта А. Может совмещаться с текстурным, метаморфическим и иллювиальными горизонтами (ABt, ABi)
AB	BMK	Каштановый метаморфический. Рыжевато-коричневый со специфической хорошо оформленной структурой призмовидно-ореховатой формы. Залегает под гумусовым горизонтом и содержит гумуса около 1,5–2,0%. В эколого-генетической классификации выделялся как гумусовый переходный. Впервые показан как типодиагностический горизонт в субстантивно-генетической классификации
B_1	BI	Иллювиальный (иллювиально-глинистый). Бурый или коричнево-бурый с ореховато-призмовидной структурой. Отмечен накоплением илистой фракции за счет лессивирования из вышележащего элювиального горизонта. Характерны глинисто-гумусовые кутаны по граням структурных отдельностей

Продолжение табл. 34

B_t		Метаморфический, текстурный. Бурый или коричнево-бурый горизонт, располагающийся ниже гумусового и часто совпадающий с ним. Признаки иллювиирования не отмечаются. Характерно метаморфическое оглинивание, выражающееся в накоплении ила in situ. По мере увеличения глинистости материнской породы дифференциация в содержании ила между подпочвой и горизонтом ослабевает. Горизонт типичен для бурых лесных суббореальных и субтропических почв
B_{hFe}	BHF	Иллювиально-гумусово-железистый (альфегумусовый). Характеризуется наличием ясно выраженных гумусовых и оксидножелезистых пленок на поверхности минеральных зерен и агрегатов почвы. Обогащен несиликатными формами оксидов железа
B_{Fe}	F	Рудяковый. Обильны (более 50%) скопления конкреций, сцементированных в глыбы и плиты. Идентифицируется как латерит
B_{Ca}	BCA	Аккумулятивно-карбонатный. Содержит максимальное в профиле почвы количество карбонатов за счет иллювиально-десуктивной аккумуляции. Помимо карбонатной пропитки почвенной массы встречаются новообразования CaCO3 в виде прожилок (псевдомицелий), мучнистых скоплений (белоглазки) и каменисто-сцементированных конкреций (журавчики)
B_{CsSa}		Иллювиальный горизонт гипса (BCs) и легкорастворимых солей (BSa). Является нижней частью профиля почв с непромывным водным режимом. Типичны новообразования гипса в виде друз кристаллов и пропитка почвенной массы легкорастворимыми солями. Часты их мелкокристаллические выцветы.
B_{Na}	BSN	Солонцовый. Характеризуется типичными свойствами солонцеватости, главные из которых — иллювиированное накопление коллоидов, их пептизационная способность и щелочная реакция среды
Bсл	V	Слитой. Вязкий и пластичный во влажном состоянии, очень плотный (плотность 1,7–1,9 г/см3), глыбистый в сухом. Почти черного цвета при слабой гумусированности. Всегда глинистый

Продолжение табл. 34

G	G	Глеевый. Признаки оглеения проявляются на площади более 80% вертикального среза. Тона окраски: сизые, голубоватые, зеленоватые с ржавыми и охристыми пятнами. Пересыщен влагой
	Q	Криптоглеевый (скрытоглеевый). В субстантивно-генетической классификации выделяется как вариант глеевого горизонта, что совершенно справедливо. Характерны оливковые, грязно-серые или стальные тона, хотя четкие цветовые сизо-зеленые глеевые тона отсутствуют. Содержит карбонаты, возможен гипс и легкорастворимые соли. Реакция среды нейтральная и слабощелочная
B (BC)		Переходный. Горизонт переходный от собственно почвы к материнской породе
C		Почвообразующая порода. Рыхлая порода, не затронутая или слабо затронутая почвообразованием
D		Подстилающая порода. Выделяется в том случае, когда почвенные горизонты образовались на одной породе, а ниже расположена другая. Или массивно-кристаллическая почвообразующая порода

Часто возможно совпадение горизонтов, например гумусовый и элювиальный (A_1A_2), гумусовый и метаморфический (AB_t), гумусовый и иллювиально-глинистый (AB_i) и др.

3.2. ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПОЧВ

Горизонтальная зональность и фациальность почв. В.В. Докучаев по праву считается создателем учения о зонах природы. В додокучаевский период естествознание, безусловно, давало географический анализ природных явлений. Однако это была континентальная, а чаще всего страноведческая география. Описывались отдельные части континентов, их страны, и на этом поприще глубокий вклад в научные познания природы внесли многие ученые. В.В. Докучаев открывает закон зональности в глобальном распределении природы. Главная сущность докучаевской концепции заключается в следующем. Тундра, тайга, степи, саванны, гилеи и т. д. — целостные природные образования, куда растительность, животный мир, почвы, кора выветривания, приземный слой, слой атмосферы и др. входят как составные части, не могущие существовать отдельно друг от друга. Эти природные образования обнаруживают зональное размещение или распространения на Земном шаре в виде поясов, полос. Учение В.В. Докучаева нашло отражение во многих естественно-географических науках, изучающих природу поверхности Земли. Само название работы, где изложена концепция зональности, «К учению о зонах природы», определяет общепланетарную сущность закона. В.В. Докучаев как почвовед прежде всего применил установленные им закономерности к анализу распространения на Земле почвенного покрова. Он отмечал, что почвы и грунты есть зеркало, вполне правдивое отражение, так сказать, непосредственный результат, совокупного векового взаимодействия между воздухом, водой и землей, с одной стороны, и живыми и мертвыми организмами, с другой. А так как все названные факторы почвообразования распределяются на земной поверхности зонально, то неизбежно, что и почвы должны располагаться по земной поверхности зонально, в строгой зависимости от климата, растительности и пр. В.В. Докучаевым формулируется и сам закон *широтной поясности*: «Главные типы почв распределяются

от экватора к полюсам в виде полос или зон, вытянутых более или менее параллельно широтам».

В.В. Докучаев впервые отметил и возможности иных географических закономерностей пространственного распространения природы. Сейчас установлено, что широтное расположение зон является лишь одной из форм проявления закона зональности. Зоны во многих случаях не следуют широтной ориентации и не покрывают все континенты сплошными широтными полосами. Встречается как субмеридиональная, так и концентрическая ориентация зон.

Изучение географии природных зон дополняется учением о фациальности (провинциальности) каждой природной зоны. Оказалось, что зоны неоднородны по особенностям свойств и строения почв. Юг России (Северный Кавказ, Крым) не похож на Западную и Восточную Сибирь, хотя имеют общие типовые черты строения. Местные долготные и другие изменения климата, гидрологических и геологических условий, рельефа определяют во многих частях мировых географических поясов радикальное осложнение горизонтальной зональности и способствуют появлению специфических местных явлений, формированию особых закономерностей зонального распределения.

Таким образом, фациальность природных зон, как и их обязательных комплексов — почв, определяется комплексным своеобразием природных факторов. Например, в Евразии типично выделение следующих территориальных фаций с особыми чертами почвенного покрова:

1. Атлантическая в Западной Европе с мягким океаническим климатом. В России — это Калининградская область, Карелия.
2. Южноевропейская фация, где развитие природы вообще и почв в частности протекает в условиях теплового эффекта гор Кавказа, Крыма, Карпат.
3. Восточноевропейская умеренно-континентальная равнина, где в полной мере проявляются факторы широтной зональности.
4. Западно-сибирская низменность с господством переувлажненных ландшафтов.
5. Восточная Сибирь с резко-континентальным климатом и мерзлотными почвами разных типов.
6. Монгольские степи на равнинах высоко поднятых над уровнями моря с почвами без признаков соленакопления.

В субтропиках и тропиках Евразии, как и на других континентах установлены повсюду внутри природных зон своеобразные фациальные территории с часто неповторимым сочетанием ландшафтного разнообразия.

Вертикальная зональность почв. Автор закона вертикальной (горной) зональности почв — В.В. Докучаев. Он отмечал: «Так как вместе с поднятием местности всегда закономерно изменяется и климат, и растительность, и животный мир, эти важнейшие почвообразователи, то, само собой разумеется, что также закономерно должны изменяться и почвы, по мере поднятия, от подошвы гор, например. Казбека или Арарата, к их снежным вершинам, располагаясь в виде тех же, последовательных, но уже не горизонтальных, а вертикальных зон».

В 1924 г. С.А. Захаров в учебнике «Курс почвоведения», развивая представления В.В. Докучаева о вертикальной зональности, выдвигает идею об аналогии между вертикальными и широтными зонами, т. е. каждой горизонтальной зоне соответствует своя вертикальная зона.

В конце 30-х гг. XX века С.А. Захаров отказывается от идеи аналогии и отмечает, что горные почвы «нельзя считать тождественными с почвами низменных равнин; они отличаются от них по ряду признаков и свойств. Положения С.А. Захарова о необходимости дифференцировать в горных условиях различные типы и формы почвообразования нашли отражение в работах В.М. Фридланда, И.П. Герасимова, С.Н. Зонна, Б.Х. Фиапшева, Э.Н. Молчанова и др.

Современные представления о горной зональности интерпретируются следующим образом. В.В. Докучаев открывает закон горной зональности, т. е. почвы от подножия к горным вершинам располагаются в виде поясов (зон), закономерно сменяющих друг друга. В горных системах встречаются почвы, не свойственные равнинным территориям (альпийская и субальпийская зоны). В то же время в горах не встречаются некоторые почвы, свойственные равнинным территориям (тундровые глеевые, болотные и др.). Вертикальная зональность никоим образом не повторяет горизонтальную. *Каждая горная страна своеобразна.* В зависимости от физико-географических зон Земли типы горной зональности варьируют; они многообразны и оригинальны по своей сущности. Горные территории Земли по особенностям вертикальной зональности можно подразделить на четыре группы (по В.М. Фридланду):

1. Зоны термической гумидной зональности: смена хорошо увлажненных зон обусловлена термическими причинами (северо-запад Америки, Южные и Северные Анды, Восточная Азия, влажные горы Европы).
2. Зоны термической экстрааридной зональности: смена зон обусловлена изменением термических условий на фоне низкой слабоменяющейся влажности (западные склоны Анд в центральной их части, нагорья Сахары, горы Тибета).
3. Зоны смешанной зональности: в нижней части гор роль играет увлажнение, а в верхней — термические факторы (Балканы, Северный Кавказ, Карпаты, Средняя Азия, Австралия).
4. Зоны зональности увлажнения: влажность средняя, меняется и обуславливает возникновение зон, но в то же время она не настолько значительна, чтобы обусловить термическую гумидную зональность (Южные Кордильеры США, горы Передней Азии, Центрального Китая).

Такой концепции горного почвообразования сейчас придерживается большинство исследователей. Именно она объясняет тезис: *каждая горная страна индивидуальна, неповторима.*

Северный Кавказ в этой системе имеет два типа зональности. Во-первых, это термическая гумидная зональность склонов гор к Черному морю. Здесь смена почвенных зон при постоянном высоком увлажнении связана с изменением термических условий: желтоземы и красноземы — желто-бурые лесные почвы — бурые лесные ненасыщенные — горно-луговые альпийские и субальпийские почвы. Субтропические условия с годовой суммой положительных температур более 3600–3800° не простираются выше 600 м над уровнем моря (рис. 4). Во-вторых, для северных склонов Западного Кавказа характерна смешанная зональность. Смена почвенных зон определяется изменением увлажнения и температуры: черноземы выщелоченные — черноземы слитые и лесостепные почвы — бурые лесные — горно-луговые. Здесь почвообразование протекает в суббореальных условиях. Смешанная зональность, но с другим чередованием зон, присуща Центральному и Восточному Кавказу.

Теневой эффект гор. Н.Н. Розов в 70-е гг. высказал положение о теневом эффекте гор — особой зональности на равнинах, не входящей в систему горной зональности, однако обусловленной присутствием горных систем. Почвенные зоны теневого эффекта формируются в

условиях усиленной конденсации атмосферной влаги или, наоборот, с ее подавлением в связи с горно-континентальным перегревом воздушных масс.

Именно теневой эффект гор позволил выделить среди черноземов СССР на предгорных равнинах оригинальную южноевропейскую фацию, куда входили Северный Кавказ, Крым, Молдавия.

Например, теневой эффект гор Западного Кавказа распространяется на всю Азово-Кубанскую низменность, вплоть до Ростова-на-Дону. Здесь наблюдается своеобразная фациальная зональность природы. Не было бы Кавказа, на просторах Кубани и Дона господствовали бы сухие степи как в Волгоградской области и на юге Украины. Теневой эффект гор наблюдается на Крымском полуострове. На Северо-Американском континенте меридиальные горные системы Кордильер на Западе и Апаческих гор на востоке видоизменили зональность Великих Американских равнин, придав ей в значительной степени меридиональный характер. Теневой эффект характерен и для других горных систем мира.

Особенности почвообразования в горах. Многие десятилетия после В.В. Докучаева считалось, что «горные почвы по ряду признаков отличаются от почв равнин: их нельзя отождествлять с последними, а нужно выделять в особый отдел или класс. Горные почвы оригинальны и по своему образованию, и по своей морфологии, и по динамике». Это отмечалось С.А. Захаровым в 40-х гг. А.М. Мамытов в конце 70-х тоже считал, что горные почвы — лишь весьма отдаленные аналоги почв равнин, и то больше в силу традиционности их наименования и до последнего времени недостаточной изученности. Этому способствует специфика горного почвообразования: литогенность, скелетность, уменьшение с высотой биологической активности, повышенная гумусность и подверженность эрозионным процессам, горизонтальная (склоновая) миграция почвенных растворов, элювиальность профиля и др. Таким образом, все почвы в горах рассматривались как самостоятельные типы, отличные от аналогичных почв равнинных территорий.

Однако с 80-х гг. появилась оппозиция подобным воззрениям. Все признаки, указанные для горных почв, могут встречаться и на равнинах, особенно при пересеченном рельефе. В то же время в горных странах неизбежны равнинные территории (плоскогорья, террасы и др.), и чем древнее страна, тем в большей степени они выражены.



Рис. 4. **Зональность предгорий и гор Западного Кавказа:**
Чо — чернозем обыкновенный; Чт — чернозем типичный; Чв — чернозем выщелоченный; Чсл — чернозем слитой; Слс — серая лесостепная; Сл — серая лесная; Бл — бурая лесная; Блк — бурая лесная слабоненасыщенная; Гл — горно-луговые; ЖБл — желто-бурая лесная; Ж — желтозем; Н — нивальный пояс

Представители этого направления считают, что в горах самостоятельными типами являются лишь оригинальные горные почвы, не встречающиеся на равнинах: горно-луговые, горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные. Все остальные горные почвы, имеющие аналоги на равнинах, рассматриваются как единый с ними тип. В соответствии с этим подходом были построены и классификация и диагностика почв СССР.

При крупномасштабных почвенных исследованиях применение терминов «горные» и других не получило распространения. Уникальность горных почв при сравнении их с аналогичными вариантами на равнинах состоит в повышенном содержании гумуса. В Средней Азии в горах выделяются темные сероземы, а на склонах Анд, к Амазонке, распространены ферраллитно-гумусовые красные и желтые почвы. В Краснодарском крае Н.Е. Редькиным установлены тучные горные черноземы с уникально высокими запасами гумуса — 1200 т/га. Близкие черноземы характерны для Ставрополья, где они наблюдаются до высоты 1200 м. Интересно, что эти почвы никак не привяжешь к какому-либо подтипу и даже фации. Сейчас принято на обзорных мелкомасштабных почвенных картах показывать горно-бурые лесные, горно-подзолистые, горно-черноземные почвы и т. д. При этом к горным территориям относятся местности выше 500 м над уровнем моря при сечении рельефа не менее 300 м. Складывается необычная ситуация: плоскогорья Перу, Чили, Тибета, Монголии к горным территориям не относятся, а некоторые возвышенности на равнинах можно назвать горными.

Согласно современным воззрениям, почвенный профиль, его строение, свойства, диагностические признаки, функциональность процессов ведут к отрицанию понятия горных почв как специфических почвенных объектов. Процессы и свойства почв, как в горных условиях, так и на равнинах анализируются в соответствии с условиями и факторами почвообразования в общей системе процессов генезиса почв.

3.3. ПОЧВЫ ПОЛЯРНОГО ПОЯСА

Полярный биоклиматический пояс характерен для областей Арктики и Антарктики. Основной географический показатель — годовая сумма положительных температур более 10°С не превышает 800°С. Полярный пояс представлен двумя зонами: *зона полярных пустынь* и *тундровая зона*.

3.3.1. Почвы полярных пустынь

В Северном полушарии Арктическая зона пустынь включает северные острова Ледовитого океана (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, острова Де-Лонга, север Новосибирских островов) и северную оконечность полуострова Таймыр. Арктическая зона полярных пустынь охватывает также северное побережье Гренландии, некоторые острова Северо-Американского архипелага. Полярные пустыни распространены и в высокоширотных областях Антарктиды, свободных от ледяного покрова.

Зона полярных арктических пустынь отличается исключительной суровостью природы и резкой сухостью климата. Большие площади заняты ледниками. На пространствах свободных от ледника собственно и распространяется полярная пустыня, где количество атмосферных осадков всего 50—100 мм. Туманы и морские аэрозоли — составная часть этих осадков. Годовая сумма температур более 10°С составляет 0—300°С.

В фитоценозах наблюдается слабое участие наземной растительности, образующей местами в понижениях рельефа и в защищенных от ветра укрытиях сомкнутый покров. Однако на большей части повышенных элементов рельефа растительный покров очень скуден, поверхность почв часто покрыта панцирем из щебня, среди которого ютятся отдельные низкорослые растения, главным образом лишайники. Биоклиматические условия Антарктиды более напряженны, чем в Арктике. Растительность очень скудна: большая часть поверхности скал и мелкоземистых наносов обнажена. На скалах местами поселяются различные виды накипных и кустистых лишайников и литофиль-

ных мхов, на мелкоземистом субстрате значительно чаще — мхи. На скалах обильна флора зеленых и сине-зеленых водорослей.

Выветривание и почвообразование локализируется в узких перигляциальных зонах между краями ледников и береговой линией. Здесь почвенный покров практически отсутствует. Фрагменты почв: ожелезненные пленки на каменистой поверхности, несколько миллиметров органо-минеральной смеси под накипными лишайниками, иногда выцветы солей, карбонатность поверхностных наносов.

В структуре ландшафтов полярных пустынных почв в Арктике и Антарктике выделяют каменистые панцири, горизонты сухой многолетней мерзлоты, мелкоземистые россыпи чаще всего не более 10 см мощности, отсутствие явлений образования гумуса. Почвенный мелкозем имеет нейтральную или слабощелочную реакцию. Сильно изменчиво содержание солей в разных местах, от 0,003 до 2,1%. Натрий и хлор являются преобладающими ионами в водных вытяжках, что свидетельствует о поступлении солей с морскими аэрозолями.

Общие особенности преобразования поверхности полярных пустынь, включая фрагментарное почвообразование, отличаются следующими чертами:

1. Слабое выветривание и деструкция горных пород. Образование глин крайне ослаблено, преобладает щебнистость и легкий гранулометрический состав коры выветривания при незначительной ее мощности.
2. Наземная растительность принимает очень слабое участие в формировании маломощных (менее 10 см) дерновых почв в защищенных от ветра укрытиях и трещинах горных пород. Содержание гумуса может составлять 1–5%. Сплошной почвенный покров отсутствует.
3. Выщелачивание проявляется незначительно. Типична нейтральная и слабощелочная реакция среды, насыщенность основаниями 100%, возможны карбонатность и соленакопление.
4. Типично ожелезнение скальных поверхностей и каменистых обломков, похожее на пустынный загар.
5. Полное отсутствие явлений заболачивания. Здесь нет проявлений торфонакопления и оглеения, столь типичного для преобладающей тундровой части полярного пояса.
6. Низкое содержание органического вещества, преимущественное участие в почвообразовании водорослей и лишайников сближа-

ет описываемые почвы с почвами высокогорных пустынь (Памира, Тибета, Атакамы) и с почвами жарких пустынь мира.

3.3.2. Почвы тундровой зоны

Тундровая зона расположена к югу от арктической зоны. В Евразии она простирается от северо-запада Кольского полуострова до Беренгова пролива. Американская тундра охватывает северные побережья континента и южную часть Северо-Американского архипелага.

В Южном полушарии Земли тундровая зона отсутствует.

Климат. Южная граница тундры приблизительно совпадает с июльской изотермой воздуха в 12°С. При средней июльской температуре ниже 10–12° уже не могут расти деревья. Лета, в нашем понимании, если называть летними дни со средней суточной температурой воздуха выше 12°, в тундре, как правило, не бывает. Самая теплая часть тундровой зоны расположена на Кольском полуострове. К востоку нарастает континентальность климата тундры – осадков становится меньше, а зимы холоднее. Мурманское побережье, находящееся под влиянием Гольфстрима, имеет осадков 350–400 мм в год, средние температуры: февраль –6,2°, июль-август 9,1 °С, амплитуда – 15,3°, тогда как в дельте реки Лены осадков всего 100 мм в год, средняя температура февраля –42°, а июля 5 °С, т. е. амплитуда около 47°. За Колымой сказывается влияние Тихого океана, и климат снова приближается к океаническому: зимы не так морозны, но лето прохладнее.

Основная часть тундрового сообщества деятельна лишь в летнее время (растительность, микроорганизмы, беспозвоночные животные). Летом протекают и все основные абиотические процессы в ландшафте: выветривание, эрозия, оттаивание мерзлоты и т. д. Поэтому первостепенное значение в жизни тундры имеет продолжительность безморозного периода, который и определяет главные особенности тундрового ландшафта, его органического мира. Этот период повсеместно менее 4 месяцев.

Общее количество осадков в тундре незначительное, в среднем 150–250 мм с отклонениями в меньшую и большую стороны. По количеству осадков тундра приближается к пустынным регионам низких широт. Однако в тундре много воды, высокая влажность почвы и воздуха. Большие территории заняты болотами. Тундра увлажнена

сильнее прочих ландшафтов Земли. Только некоторые пространства заболоченных таежных районов, например в Западной Сибири, могут соперничать с ней по обилию воды. Нигде ландшафтообразующая роль воды не выступает так отчетливо, как в тундре. Подземные льды, снег, талые воды, туманы и длительные моросящие дожди — все это мощнейшие экологические и ландшафтообразующие и почвообразующие факторы в тундре. Избыток воды связан с низкой испаряемостью и транспирацией растениями, которая повсеместно не превышает 100 мм в год. Коэффициент увлажнения в тундре всегда более 1,0.

Рельеф. На большей части территории тундры господствует равнинный рельеф, местами холмистый, увалистый или грядовый, изобилующий замкнутыми термокарстовыми понижениями, занятыми озерами и болотами. В отдельных провинциях рельеф имеет типично горный характер (Хибины, Полярный Урал, горы Бырранга, Чукотский горный массив и др.) однако в горных условиях типичного тундрового почвообразования не наблюдается, как нет горных тундровых зон во всех горных системах мира.

Мерзлотные явления — трещинообразование, пучение, солифлюкция (сползание почвогрунтов по уклону), термокарст — формируют пятнисто-мелкополигональный и бугорковатый (пятнисто-бугорковатый) микрорельеф на тундровых водоразделах и их склонах, крупнополигональный, плоско- и крупнобугристый микрорельеф — на обширных болотных равнинах.

Горные породы — ледниковые, морские и аллювиальные отложения различного гранулометрического состава, часто сильно каменистые. В горах почвообразующие породы представлены преимущественно грубоскелетным элювием коренных пород.

Растительность. Общие ландшафтообразующие и почвообразующие особенности фитоценозов тундровой зоны можно охарактеризовать следующим образом:

1. Длительный период биологического мерзлотного покоя (около 8 месяцев) и пониженная биологическая активность в летний период из-за относительно низких среднесуточных температур и охлаждения профиля почв холодом вечной мерзлоты определяет господство мхов и лишайников, кустарничков и кустарников, низкорослость и разреженность многолетников. Однолетники практически отсутствуют.

2. Растительность тундры развивается в условиях избыточного увлажнения, однако влага часто остается недоступной для растений, так как присутствует в виде льда, поэтому многие растения имеют приспособления для уменьшения испарения (так же как и растения пустынь): мелкие листья, опушение, восковый налет и др.

3. Невысокое по сравнению с другими природными зонами Земли количество синтезируемой биомассы (4–5 ц/га) и медленные темпы ее гумификации и минерализации. В связи с этим создаются предпосылки к накоплению на поверхности почвы полуразложившихся растительных остатков (оторфовывание). Из-за избыточной увлажненности оторфовыванию и процессам оглеения способствует господство анаэробных процессов, как в органической, так и в минеральной части почвенной массы.

4. По химическому составу растительные остатки отличаются исключительно низкой зольностью. При их разложении образуются органические кислоты, вызывающие сильное подкисление почвенной массы.

В тундровой зоне различают следующие четыре подзоны: арктические тундры, типичные тундры, южные тундры и подзона лесотундры.

Вечная мерзлота. Важнейшим условием формирования природы тундры является вечная мерзлота. Это слои почвы или грунта с отрицательными температурами в течение круглого года. Мощность составляет 1–400 м. Над толщей мерзлоты лежит слой земли, замерзающий зимой и оттаивающий летом. Называется он *деятельным слоем*. Величина его колеблется в пределах 30–150 см в зависимости от гранулометрического состава, наличия торфяного слоя и географической широты. В этом ограниченном слое происходят биологические процессы и развиваются почвы. Вечная мерзлота — один из факторов, поддерживающий заболачиваемость и водность ландшафтов тундры, так как она является водоупором, препятствующим вертикальной фильтрации воды, дренированности территории. И, конечно, вечная мерзлота — постоянный «холодильник», снижающий биологическую активность почв и кор выветривания.

Генезис и строение профиля. Главнейшее условие формирования профиля почв тундры определяются следующим:

- ограниченная активность по времени и интенсивности процессов в развитии фитоценозов и микробиологической деятельности,

связанная длительным мерзлотным покоем почв и пониженными температурами летнего периода;

- переувлажненность профиля почвы, обусловленная преобладанием выпадающих атмосферных осадков над эвапотранспирацией, при полном отсутствии внутрипочвенного стока, что связано с водоупором из вечной мерзлоты и равнинностью территорий, не обеспечивающих поверхностный и внутрипочвенный сток воды;
- преобладающее развитие болотной растительности в виде разнообразных мхов, лишайников, влаголюбивых трав.

Развитие тундровых почв определяют главным образом процессы болотного почвообразования, протекающие в тундровых условиях полярного пояса.

1. *Оторфовывание органических остатков* и их накопление на минеральной поверхности почвы. Торфообразование проявляется всегда, но в разной степени, от маломощных горизонтов до бугристых торфянников, со слоем торфа около 50 см. Однако преобладающая мощность торфяного горизонта A_T обычно не превышает 20 см.

2. *Гумусообразование* с преимущественным образованием фульвокислот при разложении торфяного горизонта, их миграция вместе с другими органическими соединениями по всему активному надмерзлотному слою почвы при возможном накоплении в нижних горизонтах. Формирование гуминовых темноокрашенных фракций гумуса крайне ограничено, а гумусовый горизонт A_1 фрагментарен по мощности. Гумусовые вещества всегда кислые, ненасыщенные из-за крайне низкой зольности растительных остатков тундровой растительности.

3. *Оглеение* всей минеральной толщи от торфяного слоя до вечной мерзлоты, с образованием мощного глеевого горизонта G. Развитию анаэробного глеевого процесса способствуют передвижение минеральной массы и постоянная высокая обеспеченность среды растворимыми органическими веществами из верхнего оторфянного органогенного горизонта.

В относительно теплых местах тундры, преимущественно в долинах рек, возможно развитие настоящего дернового процесса с образованием почв, близких к луговым. В южной тундре характерно появление элементов подзолистого процесса с выделением особого подтипа почв лесотундровой подзоны.

Типичный профиль *тундрово-глеевой почвы* определяют следующие горизонты:

Т — органогенный торфянистый горизонт мощностью 5—10—20 см, часто и больше;

АТ — перегнойный гумусовый с мощностью менее 5 см;

G — глеевый горизонт высокой мощности (60—120 см), простирающийся до вечной мерзлоты или в крайне редких случаях до безмерзлотных слоев горной породы. Здесь характерны преобладание сизо-голубоватых и сизых тонов в окраске, а также тиксотропность перенасыщенной влагой минеральной массы. Глеевый горизонт для растений и животных абиотичен: здесь нет свободного кислорода, избыток воды, кислая реакция среды, ядовитые соединения восстановленного железа и марганца. В нижней части может фиксироваться некоторое повышение содержания фульватности гумуса, т. е. глеевый горизонт разделяется на G_1 и G_2 .

Типичное строение тундровых почв как правило нарушается мерзлотными явлениями криогенеза.

Криогенез — комплекс почвенных и грунтовых процессов, связанных с промерзанием и оттаиванием. Присутствуют совокупность явлений физического, химического и биологического преобразования почвенных масс. Тиксотропия, солифлюкция, образование пятнистых и полигональных тундр, гидролаколиты, термокарст и некоторые другие явления — все это свойственно криогенезу.

Тиксотропия — явление превращения твердой почвенной массы в жидкотекучую (геля в золь). Это происходит при механических воздействиях на почву. С тиксотропией связана *солифлюкция* — сползание тиксотропного почвенного слоя вниз по уклону под воздействием силы тяжести. Глеевый почвенный слой разжижается и переходит в плывунное состояние.

Тиксотропность глеевого горизонта может привести к формированию *пятнистых тундр*.

В северных районах тундры часто встречается *полигональная тундра*, которая образуется на однородных песчано-суглинистых отложениях. Обычно полигоны состоят из четырех-, пяти-, шестиугольников. Выпуклые участки мелкоземистого материала полигональной тундры окаймлены очень часто каменистыми обломками, вытесненными из мелкоземистого материала в результате криогенных явлений.

Специфический элемент тундровых ландшафтов — *бугры-гидролаколиты*. Их высота меняется от 1 м (диаметром 2–5 м) до 70 м (диаметром 150–200 м). Возникновение бугров объясняют пучением грунта в результате образования подземной ледяной линзы.

Оттаивание гидролаколитов по разным причинам, в основном антропогенного происхождения, приводит к просадкам почв и грунтов, которые называют *термокарстом*. При этом образуются провалы, сдвиги, ямы, которые разрушают все наземные сооружения, и в первую очередь дорожную сеть.

Криогенез происходит во всех промерзающих почвах. Чем продолжительнее, глубже промерзание и ниже температура, тем более ощутим специфический эффект криогенеза, который ярче всего проявляется в тундре.

Классификация и свойства тундровых почв. Зональным типом почв в тундровой зоне являются *тундровые глеевые почвы*, которые разделяются на подтипы (рис. 5):

тундровые слабоглеевые гумусные почвы распространены в Северо-Сибирской тундре на хорошо дренированных суглинистых водоразделах;

тундровые глеевые перегнойные почвы наиболее типичны для европейской подзоны арктической тундры и влажных местообитаниях Северо-Сибирской провинции;

тундровые глеевые торфянистые почвы приурочены к подзонам типичной тундры и лесотундры;

тундровые глеевые оподзоленные почвы наиболее характерны для лесотундры европейской части и Чукотско-Анадырской провинции.

Особенности состава и свойств тундровых почв показаны в табл. 35.

В тундре, особенно в ее нижней части, широко распространены болотные почвы, аллювиально-тундрово-дерновые и подзолистые почвы (подзолы иллювиально-железисто-гумусовые). На морских побережьях можно встретить засоленные маршевые почвы.

На Фарерских островах и в Исландии, которые хотя и расположены в полярном поясе, однако к собственно тундре не относятся, встречаются лугово-дерновые почвы. По исследованиям канадских почвоведов почвы имеют мощный гумусовый темноокрашенный горизонт с количеством гумуса около 15,0%. Емкость обмена составляет 23–83 мг.-экв/100 г., реакция среды сильнокислая, степень насыщенности основаниями всего 20%.

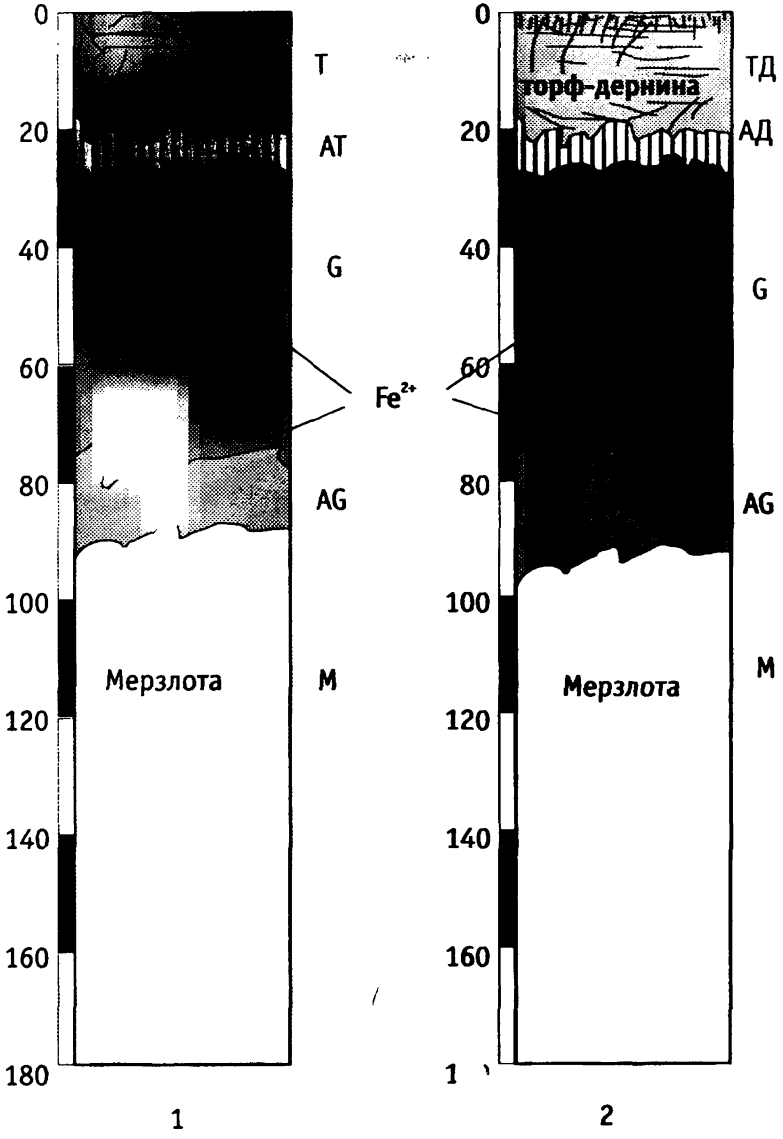


Рис. 5. **Строение почв тундры:**
1 — торфяно-болотная, 2 — торфяно-глеевая

В пределах России зона тундры разделяется на провинции:

1. Кольская провинция тундровых почв;
2. Калинско-Печорская провинция тундровых глеевых почв;
3. Чукотско-Анадырская провинция тундровых перегнойно-глеевых почв;
4. Северо-Сибирская провинция тундровых глеевых и слабо глеевых почв.

Выделяются также горные провинции: Уральско-Новоземельская, Чукотская, Таймырская.

Использование и охрана почв тундровой зоны. Земледелие в тундровой зоне практически невозможно. В ней распространено только мелкое потребительское огородничество, сеют репу, редьку, брюкву, лук и сажают картофель. При этом решается проблемы улучшения теплового режима, питания растений, выбора «теплых» почв, оптимизация обеспеченности растений водой.

Главным занятием в тундре является оленеводство, базирующееся на скудных кормовых запасах. Основным зимним подножным кормом оленей служат лишайники — ягели, которые в виде лишайниковых тундр, хотя и занимают довольно значительную площадь, но чрезвычайно медленно растут и плохо возобновляются после стравливания и вытаптывания.

Таким образом, оленеводство, естественно, является кочевым хозяйством, ибо зимой ему необходимы лишайниковые пастбища, весной влажные низинные болота и долины рек, а осенью — сухие мохово-лишайниковые или моховое тундры.

Охрана природы тундры связана с тиксотропными явлениями, медленным восстановлением растительного покрова, с оттаиванием мерзлоты и появлением термокарста, и т. д.

Таблица 35

Состав и свойства тундровых почв

Генетический горизонт	Глубина взятия образца, см	pH		Гумус, %	Поглощенные катионы, м.-экв/100 г почвы				Вытяжка Тамма, мг/100 г почвы		Фракции гранулометрического состава, %		
		водной вытяжки	солевой вытяжки		Ca^{2+}	Mg^{2+}	H^+	S	Al_2O_3	Fe_2O_3	0,5–0,01	< 0,01	< 0,001
Тундровая слабоглеевая гумусная почва (Центральная Сибирь, Караваева)													
A_1	3–7	5,1	4,2	5,4	12,4	4,8	3,8	21,0	440	1280	59	39	17
G_1	7–15	4,7	3,6	1,9	4,5	3,1	0,9	8,5	280	880	63	29	11
G_2	25–35	5,0	3,5	1,4	7,4	3,7	0,4	11,5	320	780	58	34	14
Мерзлота	50–60	4,9	3,6	1,5	6,2	2,9	0,9	10,0	360	830	58	32	14
Тундровая глеевая торфянистая почва (европейская тундра, Игнатенко)													
A_0T	5–19	4,2	3,1	57,56*	11,2	8,2	88,4	107,8	2160	5920	Не опр.	Не опр.	Не опр.
G_1	19–28	4,4	3,4	1,7	5,0	4,6	7,8	17,4	640	1320	38	33	19
G_2	50–60	5,0	4,4	3,0	7,1	3,0	12,3	22,4	990	2170	33	36	20
Мерзлота	90–100	5,8	5,1	0,6	7,4	3,6	0,8	11,8	400	680	27	37	20
Тундровая глеевая оподзоленная почва (Анадырская тундра, Караваева)													
A_0A_1	4–10	4,4	3,8	22,8	7,4	4,3	11,0	22,7	970	1100	Не опр.	Не опр.	Не опр.
A_1A_2	10–15	4,8	4,2	3,5	2,6	1,0	4,0	7,6	850	690	24	36	12
A_2	20–30	5,6	4,3	1,6	5,2	1,4	0,9	7,5	510	450	26	31	7
G	80–90	6,6	6,0	4,4	12,7	1,8	0,2	14,7	790	590	23	40	18

* Потеря при прокаливании, %

3.4. ПОЧВЫ БОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА

Бореальный (умеренно-холодный) биоклиматический пояс северного полушария Земли отличается наибольшей протяженностью и монолитностью. Он охватывает области хвойных лесов с фрагментами горных тундр Евразии и Северной Америки в виде сплошного то расширяющегося, то сужающегося пояса, который протягивается от западных до восточных побережий континентов. Южная граница в Восточной Сибири проходит примерно на 50° с.ш. В Западной Сибири она смещается к северу и проходит на 58—57° с.ш. вплоть до восточной части Европейской равнины. За пределами России бореальный пояс находится в северной половине Европы, в Северной Америке. В Южном полушарии он находится только в Южной Америке, в районе Огненной Земли.

В России площадь бореального пояса около 55% всей территории, а на Земле его площадь составляет 15% всей суши.

Условия почвообразования. Бореальный пояс по провинциальным биоклиматическим особенностям разделяется на следующие области: Западная лугово-лесная, Центральная таежно-лесная умеренно-континентальная (европейская часть и Западная Сибирь), Восточносибирская мерзлотно-таежная континентальная и Дальневосточная таежно-лугово-лесная — в Евразии, а также Лаврентийская и Аляскинско-Кордильерская области на Северо-Американском континенте.

Климатические особенности. Климатические условия бореального пояса отличаются большим разнообразием. Зимние температуры значительно ниже нуля и доходят в Восточной Сибири до —40—50 °С. Средняя температура июля от 10 до 20°С. Количество осадков от 600 мм в западной части зоны до 300 мм и несколько меньше — на востоке (в бассейне средней Лены до 150 мм). Максимум осадков выпадает преимущественно на июль-август.

Несмотря на значительные изменения температур зимнего периода, от резкоконтинентальных до океанических областей, и разное количество осадков бореальный биоклиматический пояс на всем его протяжении имеет общие особенности.

1. Сумма положительных температур выше 10°С составляет 600 (800)–1800°. Повсеместно летняя температура вегетационного периода более 10–12 °С, что благоприятствует успешному произрастанию лесной растительности.
2. Относительно короткий вегетационный период и соответственно длительный период мерзлотного покоя снижают биологическую активность.
3. Преобладание выпадающих осадков над испарением и транспирацией, что создает промывной водный режим. По данным многих наблюдений, из общего количества осадков на испарение и траспирацию расходуется только 60–80%. Остальные 20–40% составляют внутрипочвенный сток.

Таким образом, формирование ландшафтов бореального пояса связано с воздействием влажного умеренно холодного климата. Среднегодовой коэффициент увлажнения 1,5–1,0. Летний максимум осадков и невысокие температуры лета (среднеиюльские — от 10 до 17 °С) обусловливают достаточное увлажнение почв в течение всего теплого сезона.

Почвообразующие породы. В европейской части, Западной Сибири и Лаврентийской области бореального пояса распространены преимущественно ледниковые и водно-ледниковые отложения. Это в основном моренные, бескарбонатные и карбонатные породы, разного гранулометрического состава. Встречаются покровные суглинки и глины, водно-ледниковые пески и супеси. Ленточные голубые озерные глины наблюдаются в Ленинградской, Новгородской и других областях. В горных районах коры выветривания представлены главным образом элювием и делювием коренных пород. В Центрально-Якутской низменности почвообразующими породами являются четвертичные (озерно-аллювиальные) лессовидные суглинки и супеси. Равнинные пространства Дальнего Востока сложены четвертичными и третичными песками, супесями и глинами.

Все почвообразующие породы бореального пояса по генетическому результату почвообразовательных процессов можно разделить на четыре группы:

На бескарбонатных глинах и суглинках независимо от их генезиса формируются типичные для тайги подзолистые и мерзлотно-таежные почвы.

На песках и супесях водно-ледникового происхождения почвообразование приводит к формированию оригинальных иллювиально-железисто-гумусовых подзолов, которые можно считать интразональными почвами.

На карбонатных породах, содержащих значительные количества $CaCO_3$, — интразональные дерново-карбонатные почвы.

На элювии основных пород, а также на слабокарбонатных глинах суглинках образуются оригинальные почвы, которые получили название подбуры.

Растительность. На незаболоченных территориях бореального пояса распространены таежные леса с господством хвойных пород: ели, лиственницы, пихты и кедра. В них встречается также сосна, второстепенное значение имеют наиболее выносливые лиственные породы: береза, осина, ольха. В тайге обычно много сфагновых болот. В южной тайге в смешанных лесах к редеющим здесь хвойным примешиваются, то в меньшем, то в большем количестве широколиственные породы (дуб, бук, граб, вяз, клены, ясень, липа и т. п.). Значительно распространена и луговая травянистая растительность — на суходольных и пойменных лугах и под пологом леса. Большие площади заняты болотными ассоциациями. Особенно много болот в северной части зоны и в пределах Западно-Сибирской низменности.

Несмотря на различия в видовом составе хвойные леса обладают рядом общих свойств.

1. Основная масса растительных остатков поступает в биологический круговорот и процессы почвообразования с наземным опадом, т. е. на поверхность почвы. В связи с коротким периодом биологической активности во время относительно холодного лета ежегодный поступающий опад не успевает минерализоваться и гумифицироваться. Он накапливается на поверхности почвы, образуя во всех почвах особый органогенный горизонт A_o — лесная подстилка. В северных частях тайги, где вегетационный период наиболее короткий, запас подстилки на поверхности почв по массе превышает годичный наземный опад в 10 раз и более, в заболоченных лесах — в 20—30 раз, в южной наиболее теплой части — в 5—6 раз.

2. Среди всех хвойных лесов Земли, таежные отличаются некоторыми особенностями химического состава растительного опада. Он беден зональными элементами и азотом; по многочисленным данным средняя зольность опада 1—2%, отношение углерода органиче-

ских веществ к зональности в опаде сосновых лесов — 100—115, в еловых — 60—80. Недостаток оснований наряду с биохимическими особенностями растительных остатков (большим содержанием смол, восков) обуславливают малую активность микрофлоры и медленную гумификацию и минерализацию опада. Это, как и климатические условия, способствует формированию и накоплению лесной подстилки.

3. Специфичны черты гумификации, протекающие в лесной подстилке. Целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин и другие вещества растительного опада при крайне низком содержании зольных элементов гумифицируются с образованием различных кислот: специфические гумусовые и неспецифические муравьиная, уксусная, лимонная и др. Эти не нейтрализованные катионами кислоты фильтруются в почвенную толщу, создавая кислую реакцию среды в почвах и являясь главным фактором подзолистого процесса. Значительный гумусированный горизонт в таких условиях в почвах практически не формируется (его мощность всего 2—5 см).

Типы почвообразования. В зависимости от почвообразующих пород, широтного положения территорий бореального пояса и биоклиматических особенностей отдельных областей, геоморфологического строения местности в составе почвенного покрова встречаются следующие типы почв: подзолистые, дерновые, дерново-подзолистые, мерзлотно-таежные, иллювиально-гумусово-железистые подзолы, подбуры, болотные. Классификация типов почв дана в табл. 36, а их биоклиматическое разнообразие — в табл. 37.

3.4.1. Подзолистые почвы

Название подзолистых почв происходит от народного русского слова «подзол». Этот термин ввел в научную литературу В.В. Докучаев.

Основные массивы подзолистых почв приурочены к подзолистой и глееподзолистой подзонам тайги. Встречаются они и в южных районах хвойно-широколиственной тайги, но только под массивами из хвойных пород. Как правило в регионах распространения подзолистых почв отсутствует вечная мерзлота.

Происхождение подзолистых почв связано с комплексом почвообразовательных явлений:

Таблица 36

Таксономия почв бореального пояса

Классификации	
Эколого-генетическая	**Субстантивно-генетическая**
Подзолистые	Подзолистые
Глееподзолистые	Подзолисто-глеевые
Подзолы иллювиально-гумусовые	Подзолы иллювиально-гумусовые
Подзолы иллювиально-железистые	Подзолы иллювиально-железистые
Мерзлотно-таежные	Криоземы
Подбуры	Подбуры
Дерново-карбонатные типичные	Дерновые типичные
Дерново-карбонатные выщелоченные	Дерновые типичные
Дерново-карбонатные оподзоленные	Дерновые иллювиально-глинистые
Дерновые литогенные насыщенные	—
Дерновые литогенные кислые	—
Дерновые литогенные оподзоленные	—
Дерново-поверхностно-глеевые	Дерновые глеевые
Дерново-грунтово-глеевые	Дерновые глеевые
Болотные торфяно-глеевые	Торфяные глеевые
Болотные верховые торфяные	Торфяные олиготрофные
Болотные низинные торфяные	Торфяные эутрофные

Таблица 37

Термические параметры фациальных типов почв бореального пояса

Фациальные подтипы почв	Σ температур выше 10°С	Продолжительность мерзлотного покоя почвы, месяцы
Холодный длительно промерзающий	900–1250	5–8
Холодный промерзающий	900–1250	2–5
Умеренно холодный промерзающий	1250–1600	2–5
Умеренно холодный длительно промерзающий	1250–1600	5–8
Умеренно теплый кратковременно промерзающий	2000–2500	1–2

1. *Выщелачивание* всех простых солей при интенсивно промывном водном режиме. Обязательна декарбонизация материнской породы, подкисление почвенной среды и постоянное ее освобождение

от солей Ca, Mg, K, Na и др., которые образуются при минерализации растительного опада.

2. *Формирование органогенного горизонта A_0 лесной подстилки* происходит из хвойного опада древесных пород. Этот горизонт является основным источником обогащения почвы органическим веществом, азотом и минеральными соединениями. Опад хвойного леса характеризуется невысокой зольностью, преобладанием клетчатки, низким содержанием белковых веществ, наличием веществ, замедляющих микробиологическую деятельность (танины, дубильные вещества, смолы). Общим свойством лесных подстилок является их кислотность: pH = 4–5. Разложение подстилки микроорганизмами, преимущественно грибами, протекает в кислой среде при достаточном или избыточном увлажнении. Накопление органического вещества и устойчивость горизонта A_0 обусловлено коротким летним периодом, невысокой биологической активностью и присутствием в лесном опаде веществ-ингибиторов, замедляющих микробиологические процессы. Масса лесной подстилки напрямую связана с продолжительностью и интенсивностью биологической активности лесного биоценоза. Кроме опада древесных пород часто участие в формировании горизонта различных мхов.

3. Гумификация растительных остатков с образованием ненасыщенных фульвокислот. Процесс протекает исключительно в пределах горизонта A_0 лесной подстилки. Грибное разложение и малая зольность хвойного опада предопределяют кислый характер фульватного гумуса. Возможно образование темного гумусового горизонта A_1 крайне малой мощности (2–3 см).

4. Подзолистый процесс в наиболее типичной форме своего проявления с элювиально-иллювиальной дифференциацией почвенного профиля на горизонты A_2 — подзолистый и B_i — горизонт накопления продуктов кислотного гидролиза, происходящего в элювиальной толще почвы.

Подзолистое элювиально-иллювиальное строение профиля может усиливаться процессами *лессивирования*. Возможны процессы *оглеения* и *оторфовывания* с образованием соответствующих подтипов или родов почв.

Строение подзолистой почвы определяют следующие генетические горизонты (рис. 6):

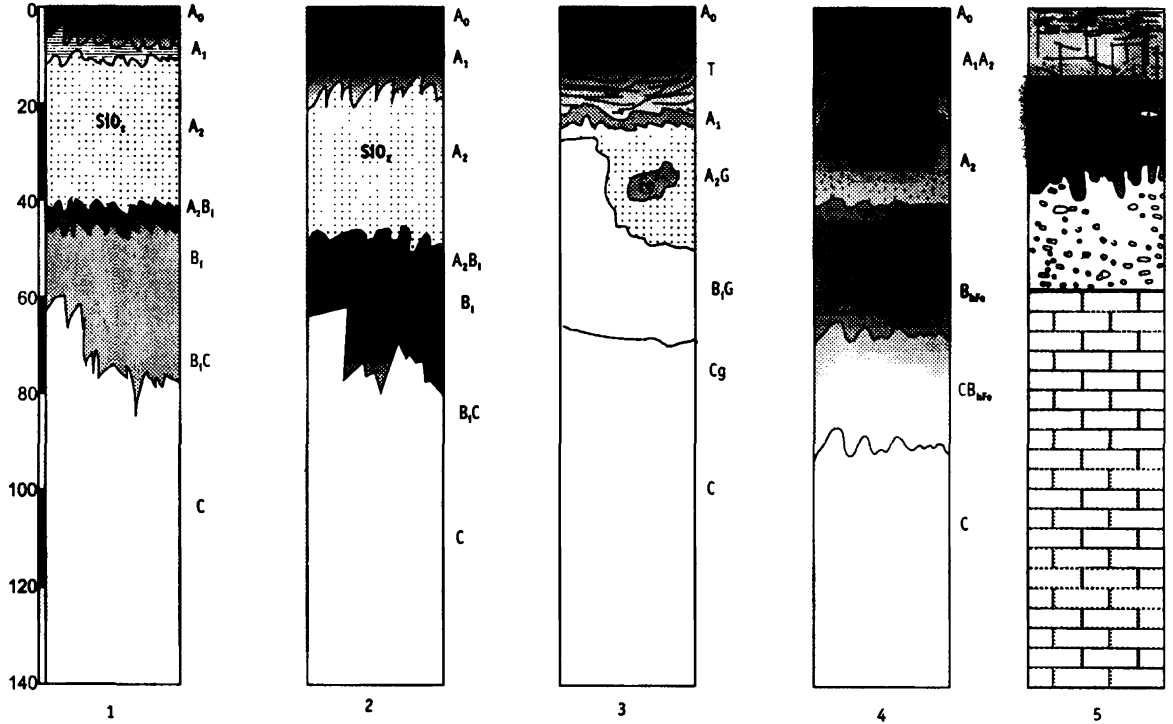


Рис. 6. **Строение таежных почв:**
1 — подзол, 2 — дерново-подзолистая, 3 — глее-подзолистая, 4 — подзол иллювиально-железисто-гумусовый, 5 — подбур

A_0 — лесная подстилка из полуразложившихся, часто оторфованных растительных остатков мощностью 2—10 см;

A_0A_1 — грубогумусовый;

A_1 — гумусовый затечный горизонт мощностью 1—3 см;

A_2 — подзолистый элювиальный самый светлый в профиле (белесый, иногда палевый, «подзолу»); кремнеземистый, легкого гранулометрического состава чешуйчато-плитчатой структуры;

B_i — иллювиальный, глинисто-железистый, коричнево-бурый или красно-бурый, самый плотный и ярко окрашенный, грубой комковатой структуры. Мощность горизонта может простираться до глубины 100 см;

C — материнская порода суглинистого или глинистого гранулометрического состава разного происхождения, но, как правило, бескарбонатная.

Таким образом, генетический профиль подзолистых почв определяют горизонты: $A_0+A_0A_1+A_1+A_2+B_i+C$. Важнейший генетический признак — отсутствие или рудиментарность горизонта A_1 при светлой белесой опесчаненной поверхности почвы.

Состав и свойства подзолистых почв определяются особенностями процессов почвообразования (табл. 38). Важнейший генетический признак — элювиально-иллювиальное распределение по профилю почв минеральной массы. Верхние горизонты обеднены тонкодисперсными механическими элементами (физическая глина и ил), а также полуторными окислами (Fe_2O_3, Al_2O_3), а нижняя иллювиальная часть профиля обогащена этими компонентами по сравнению как с материнской породой, так и особенно с элювиальным горизонтом A_2.

Для минералогического состава резкое преобладание первичных минералов (кварц, полевые шпаты, слюды и др.). Из вторичных минералов присутствуют гидрослюды, вермикулит, каолинит, монтмориллонит. Все они, как правило, достались почве в наследство от материнской породы. Почвообразованные вторичные минералы — аморфные полуторные окислы, гидрогетит, гиббсит.

Все подзолистые почвы промыты от растворимых солей и карбонатов. Для них характерно повышенное содержание подвижного железа, алюминия и марганца, часто в количествах токсичных для сельскохозяйственных растений.

Специфическая черта подзолистых почв — крайняя бедность гумусом. Практически это безгумусовые почвы: горизонт A_1 незначителен,

Таблица 38

Состав и физико-химические свойства подзолистой почвы (по Тюлину)

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %					pH солевой выт.	Поглощенные катионы, м.экв/100 г.		Насыщенность основаниями, %
		Физическая глина < 0,01 мм	Ил, >0,001 мм	Fe_2O_3	AL_2O_3	Гумус		Ca + Mg	K + Al	
A1	2–6	35.9	13.8	79.6	16.4	1.3	3.3	6.6	5.7	48
A2	10–20	20.1	8.4	81.2	14.0	0.6	3.8	0.8	2.9	12
Bi	35–45	49.0	37.6	72.0	21.5	0.5	3.9	19.7	0.8	83
C	100–110	46.7	33.0	72.7	21.0	–	4.7	22.4	0.1	91

а гумуса в нем 1–2%. В подавляющем количестве находятся фульвокислоты, отношение $C_{ГК}$:$C_{ФК}$ около 0,4. Фульвокислоты растворимы, гуминовые кислоты также в свободном состоянии.

Почвы подзолистого типа характеризуются невысокой емкостью обмена, низкой насыщенностью основаниями (менее 50%), кислой реакцией и малой буферностью. Низкая емкость обмена связана с небольшим содержанием гумуса, его фульвокислотным составом, с заметно обедненностью верхней части профиля илом. Наименьшей емкостью характеризуется подзолистый горизонт, наибольшей — иллювиальный. Подзолистые почвы имеют повышенную обменную кислотность, обусловленную водородом и алюминием.

Физические и видно-физические свойства подзолистых почв определяются механическим составом исходных пород, их сложением, выраженностью подзолистого процесса. Подзолистые почвы бесструктурные; их плотность заметно увеличивается при переходе от верхних горизонтов к нижним. Иллювиальный горизонт отличается повышенной плотностью и наименьшей пористостью. В суглинистых почвах из-за его слабой водопроницаемости в подзолистом горизонте может создаваться верховодка.

Классификация типа подзолистых почв предусматривает их разделение на подтипы:

- подзолистые почвы;
- глее-подзолистые почвы сохраняют признаки подзолистых почв, но характеризуются отчетливо выраженным оглеением верхней части профиля и образованием торфянистой подстилки. Мощность почвенного профиля 80–100 см. Глее-подзолистые почвы большей частью приурочены к северной тайге.

Подтипы подзолистых почв по биоклиматическим параметрам могут различаться фациально (табл. 37), а также по мощности горизонта A_0, его оторфованности, мощности подзолистого горизонта A_2, выраженности глеевых процессов и др.

3.4.2. Дерновые почвы

Дерновые почвы таежно-лесной зоны образуются под чистыми ассоциациями луговой травянистой растительности на любых породах, а под травянистыми или мохово-травянистыми лесами — на карбонатных или богатых первичными минералами породах.

Дерновые почвы встречаются в Прибалтийской, Ленинградской, Архангельской, Вологодской, Калининской, Московской и других областях. В Восточно-Сибирской широко распространены мерзлотно-таежные дерновые почвы, дерново-лесные почвы, а в Якутии — дерново-лесные палевые, большей частью осолоделые почвы под покровом лиственнично-брусничной тайги. Дерновые почвы встречаются также на Дальнем Востоке, Камчатке и Курильских островах.

Термин «дерновые почвы» введен в научную литературу В.В. Докучаевым, а теория дернового процесса почвообразования разрабатывалась В.Р. Вильямсом, И.В. Тюриным и другими учеными.

Наиболее существенной особенностью дернового процесса является накопление гумуса, питательных веществ и создание водопрочной структуры в верхнем горизонте почвы. Среди почв тайги дерновые считаются наиболее потенциально плодородными.

Дерновые почвы имеют следующие общие признаки и свойства: хорошо выраженный гумусовый горизонт комковато-зернистой структуры, отсутствие или слабую выраженность оподзоленности, высокое содержание гумуса (от 3–4 до 12–15% и более), высокую емкость поглощения, близкую к нейтральной реакцию среды, повышенный валовой запас азота и зольных элементов питания растений.

Среди дерновых почв тайги встречаются следующие типы: дерново-карбонатные, дерново-литогенные и дерново-глеевые почвы.

Дерново-карбонатные развиваются на породах, содержащих $CaCO_3$. Тип дерново-карбонатных почв представляют подтипы.

Дерново-карбонатные типичные почвы формируются на маломощноном элювии известковых пород, имеют небольшую мощность (около 30 см) и содержат карбонаты с поверхности почвы.

Дерново-карбонатные выщелоченные почвы развиваются на мощном элювии карбонатных пород, имеют хорошо выраженный гумусовый профиль со слабокислой реакцией среды, выщелоченной от карбонатов.

Дерново-карбонатные оподзоленные почвы характеризуются признаками оподзоленности. Это проявляется морфологически в присутствии кремнеземистой присыпки по структурным отдельностям почвы, а также в начальных стадиях элювиально-иллювиальной дифференциации минеральной массы в гумусовом профиле.

Дерновые литогенные почвы формируются на породах, содержащих много силикатных форм кальция и магния, на элювии пород,

богатых железом. Выделяются следующие подтипы дерново-литогенных почв: дерновые насыщенные, дерновые кислые и дерновые оподзоленные. Наиболее широко распространены в Средней Сибири. Содержание гумуса сильно варьирует (от 2–4 до 6–9%), количество его с глубиной быстро падает; реакция близка к нейтральной, профиль по валовому составу относительно однороден.

Лучшими среди этого типа почв являются дерновые насыщенные. При достаточной мощности они по уровню плодородия близки к дерново-карбонатным выщелоченным почвам.

Благоприятными условиями для проявления дернового процесса под лесами Средней Сибири являются богатое содержание оснований в породах, а также слабый вынос продуктов выветривания и почвообразования из-за малого количества осадков, позднего оттаивания сезонной мерзлоты и близкого залегания многолетнего мерзлого грунта.

Дерново-глеевые почвы развиваются при участии сильноминерализованных, богатых кальцием (жестких) грунтовых вод. Эти почвы сохраняют признаки дерновых почв, но, кроме того, они характеризуются отчетливо выраженным оглеением и образованием оторфованной подстилки и перегнойного горизонта. Дерново-глеевые почвы отличаются высоким содержанием гумуса (10–15%), большой емкостью поглощения (30–40 м.-экв.), высокой насыщенностью основаниями, нейтральной или слабокислой реакцией, биогенной и гидрогенной аккумуляцией ряда элементов. Среди типа дерново-глеевых почв выделяют подтипы: дерново-поверхностно-глеевые, дерново-грунтово-глеевые, перегнойные-поверхностно-глеевые и перегнойные грунтово-глеевые.

3.4.3. Дерново-подзолистые почвы

В южной тайге под покровом хвойно-широколиственных лесов с малым участием травянистого покрова образуются дерново-подзолистые почвы. Здесь увеличивается интенсивность биологической активности, и лесная подстилка формируется без участия моховых компонентов. В связи с повышенной зольностью травянистых растений и опада широколиственных пород снижается кислотность продуктов гумификации, а сам процесс приводит к образованию не только фульво-, но и гуминовых кислот.

Дерново-подзолистые почвы развиваются под воздействием подзолистого и дернового процессов. В верхней части профиля они имеют гумусо-элювиальный (дерновый) горизонт, образовавшийся в результате дернового процесса, ниже — подзолистый горизонт, сформировавшийся под влиянием подзолистого процесса. Эти почвы характеризуются небольшой мощностью дернового горизонта, низким содержанием гумуса; питательных веществ, кислой реакцией и наличием малоплодородного подзолистого горизонта. Дерново-подзолистые почвы под естественной растительностью имеют с поверхности или дернину ($А_Д$) или лесную подстилку ($А_0$) мощностью 3—5 см. Под ней залегает гумусо-элювиальный (дерновый) горизонт мощностью достигающий 10—20 см. Этот горизонт имеет светло-серый и реже темно-серый цвет. Ниже дернового горизонта идет подзолистый горизонт ($А_2$), сменяемый переходным ($А_2В_i$) и иллювиальным ($В_i$) горизонтом. Последний постепенно переходит в породу (С). В пахотных дерново-подзолистых почвах под пахотным горизонтом ($А_{ПАХ}$) лежит подзолистый($А_2$) или переходный ($А_2В_i$) или непосредственно иллювиальный горизонт ($В_i$).

Состав и свойства дерново-подзолистых почв неразрывно связаны с развитием подзолистого и дернового процессов, а также зависят от приемов их окультуривания и гранулометрического состава (табл. 39). Типично элювиально-иллювиальное строение почвенного профиля, кислая реакция среды, низкая поглотительная способность, присутствие в почвенном коллоидном комплексе обменных водорода и алюминия.

Минералогический состав дерново-подзолистых почв разнообразен и зависит главным образом от свойств почвообразующих пород. В крупных фракциях механических элементов встречаются кварц, полевые шпаты, слюды и другие первичные минералы. В илистой фракции почв, образовавшихся на моренных и покровных суглинках, наиболее характерными высокодисперсными минералами являются гидрослюды, вермикулит, минералы монтмориллонитовой группы, несиликатные аморфные полуторные окислы. Иногда присутствует небольшая примесь каолинита, кварца, редко гетита, гиббсита. При этом высокодисперсных глинистых минералов и полуторных окислов обычно меньше в подзолистом горизонте и больше в иллювиальном.

Дерново-подзолистые почвы бедны соединениями азота и фосфора. Мало в почвах и калия. Дерново-подзолистые почвы являются

Таблица 39

Состав и физико-химические свойства дерново-подзолистой почвы (по Кауричеву)

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %					pH солевой выт.	Поглощенные катионы, м.экв/100 г.		Насыщенность основаниями, %
		Физическая глина < 0,01 мм	Ил, >0,001 мм	SiO_2	R_2O_3	Гумус		Ca + Mg	H + Al	
$A_{пах}$	0–21	28.1	12.2	84.6	10.3	2.6	5.0	7.8	3.9	67
A_2	28–38	19.7	8.0	85.5	10.5	0.5	4.9	6.2	2.8	69
B_1	68–78	38.3	25.4	80.0	17.5	0.3	4.8	14.0	4.2	76
C	140–150	23.3	15.2	84.0	12.6	0.1	5.4	14.0	0.9	94

основным земледельческим фондом таежной зоны. Отличительная черта — высокая влагообеспеченность, исключающая возможность засухи, а также наличие хотя и маломощного, но четко выраженного гумусового горизонта.

3.4.4. Мерзлотно-таежные почвы, подбуры и иллювиально-гумусовые железистые подзолы

Мерзлотно-таежные почвы распространены к востоку от Енисея в Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области. Встречаются в Канаде на границе с тундрой. Они формируются под светлохвойными (лиственничными) лесами. Почвообразовательный процесс развивается при наличии многолетней мерзлоты. Почвы характеризуются холодным профилем и в течение 7—8 месяцев в году имеют отрицательную температуру. Оттаивающий летом слой почвы зимой промерзает до многолетней мерзлоты. Многолетняя мерзлота и особенности температурного режима оказывают большое влияние на развитие мерзлотно-таежных почв. Низкие температуры почвенного профиля в вегетационный период затрудняют поглощение питательных веществ растениями, замедляют их рост и развитие, тормозят разложение растительных остатков. Все это ослабляет биологический круговорот веществ и приводит к образованию лесной подстилки (горизонта A_0).

Многолетняя мерзлота оказывает влияние на водный и тепловой режим, на формирование микрорельефа и на течение химических и физико-химических процессов. Если мерзлота представлена плотным льдистым слоем, то она может привести к переувлажнению и оглеению почвенных горизонтов, накоплению гумусовых подвижных веществ в подмерзлотном слое (табл. 40).

В мерзлотно-таежных почвах слабо выражено гумусообразование. Это кислые почвы без признаков или с очень слабыми признаками элювиально-иллювиальной дифференциации профиля по механическим элементам гранулометрического состава, полуторным окислам и кремнезему. Почвы бедны зольными элементами, азотом и фосфором. Отличаются слабой биологической активностью и низким плодородием для сельскохозяйственных растений.

Подбуры. В холодных подзонах северной и средней тайги в мерзлотных и немерзлотных ее областях на легких хрящевато-щебнистых породах образуются особые почвы, названные В.О. Таргульяном

Таблица 40

Состав и физико-химические свойства мерзлотно-таежной почвы. Якутия (по Е.М. Наумовой)

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %						pH солевой выт.	Поглощенные катионы, м.экв/100 г.	
		Физическая глина < 0,01 мм	Ил, >0,001 мм	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	Гумус		Ca + Mg	H + Al
A_0A_1	0–5	39	23	65,7	5,8	17,7	46,1	4,1	24,2	7,6
AB	5–18	46	19	69,9	5,5	16,6	1,6	5,4	15,4	6,6
B_1	18–28	47	19	69,3	5,6	16,9	1,8	5,6	16,9	6,5
B_2	50–60	47	19	69,2	5,6	16,9	2,8	5,9	18,4	4,8
C	70–80	46	19	69,0	5,7	17,5	2,2	6,0	17,9	3,2

подбурами. Формирование подбуров обусловлено особыми материнскими породами. Это габбро и диабазы — основные кристаллические породы, состоящие из плагиоклаза, роговой обманки и авгита. Общие свойства этих пород: мало кварца, много биофильных элементов и железа, темный цвет. Они легко выветриваются, разрушаются, элементы активно включаются в биологический круговорот. Почвенный раствор способствует нейтрализации кислот и связыванию соединений железа. В связи с этим нет оподзоливания. Почва имеет бурый цвет, иллювиальный горизонт залегает сразу под легкой подстилкой.

Профиль почвы имеет следующее строение:

A_0 — горизонт оторфованной лесной подстилки;

A_0A_1 — торфяно-перегнойный горизонт рудиментарной мощности;

B_{iFe} — бурый гумусово-железистый горизонт собственно и представляющий собой большую часть почвенной массы;

С — скелетный элювий горных пород, обогащенных железистыми минералами.

Подбуры формируются в условиях свободного внутрипочвенного дренажа с преобладанием окислительных процессов и высвобождением свободных окислов железа, которые придают почвам бурую окраску. Эти явления называют обломочной ферраллитизацией, протекающей при замедленном оглинивании. Для всего профиля типично кислое элювиирование и обеднение зольными элементами. Почвообразование может варьировать с образованием перегнойных и сухоторфянистых подбуров, скрытоподзолистых и лессивированных почв, но всегда с морфологическим преобладанием по всему профилю гидроокисей железа и алюминия.

Подбуры — почвы лесов низкого бонитета, не используемые в сельском хозяйстве из-за малой мощности коры выветривания и каменистости почв.

Иллювиально-гумусовые и иллювиально-железистые подзолы. Это особые подзолистые почвы, формирующиеся на песках различный природы, включая большей частью флювиогляциальные наносы в условиях достаточного атмосферного увлажнения и хорошего дренажа под лесной, сосновой и лиственно-сосновой растительностью. Из-за яркой окраски В.М. Фридланд вначале называл эти почвы «ржавоземами».

Для иллювиально-гумусово-железистых позолов характерно присутствие оторфованной лесной подстилки (горизонт A_0), элювиально-

го осветленного подзолистого горизонта A_2, иллювиального горизонта B_{hFe}, коричнево-кофейных тонов в окраске для иллювиально-гумусовых подзолов (накопление гумусовых веществ) и ярко-охристых тонов у иллювиально-железистых подзолов (накопление несиликатных форм железа).

В составе гумуса преобладают фульвокислоты, реакция среды почв кислая и слабокислая, очень малая емкость поглощения, провальная водопроницаемость, крайняя бедность содержания элементов питания — типичные свойства песчаных подзолов.

3.4.5. Болотно-подзолистые почвы

Почвы болотно-подзолистого типа формируются в результате подзолистого и болотного процессов почвообразования, что осуществляется при временном избыточном увлажнении поверхностными или мягкими грунтовыми водами. Встречаются они преимущественно в подзонах глеево-подзолистых и подзолистых почв. В подзоне дерново-подзолистых почв такие почвы приурочены к пониженным элементам рельефа. Площадь их составляет около 88 млн га.

Рассматриваемые почвы относятся к полугидроморфным, имеют кислую реакцию (pH 3–4). Подзолистый горизонт их обогащен кремнеземом и обеднен полуторакисями, а в глеевых горизонтах накапливаются подвижные формы железа.

Болотно-подзолистые почвы сохраняют признаки подзолистых почв, но характеризуются оглеением минеральной части и имеют с поверхности торфянистый слой от 10 до 30 см.

Профиль почвы слагают горизонты: A_0+AT (T)+A_2G+B_iG+C. Могут встречаться подтипы поверхностно-глеевые и грунтово-глеевые с различной степенью выраженности торфяного горизонта.

Торфяно-подзолистые почвы часто являются начальными ситуациями заболачивания суши как на водоразделах, так и в низинных участках и предшествовать формированию верховых или низинных торфяников.

3.4.6. Болотные почвы

Основные площади болотных почв расположены в таежной и тундровой зоне Земли. Именно здесь проявляется болотное почвообра-

зование в своей классической завершенности. Особенно велики площади болотных почв в таежной полосе, а среди тайги наиболее заболочена Западно-Сибирская низменность. Одно Васюганское болото занимает площадь 5,3 млн га.

Болотные почвы разного типа и проявления практически встречаются во всех биоклиматических поясах Земли, там, где возникает избыточное увлажнение территории поверхностными или грунтовыми водами.

Генезис и типы болот. В тайге болота можно охарактеризовать как озера со связанной водой или как сушу, содержащую около 90% воды и лишь 10% сухого вещества. Болотные территории — это своеобразная группа ландшафтов, которые характеризуются общими чертами: серо-зеленые мхи с чахлыми деревьями, белой пушицей, озерками воды с ряской, богатство почв торфяным органическим веществом при крайнем недостатке кислорода.

Заболачивание почв проявляется в развитии болотных процессов торфообразования и оглеения. Торфообразование в болотных почвах формирует торфяной горизонт Т различной мощности. Оглеение охватывает минеральную массу болотных почв ниже торфяного слоя и образует глеевый или криптоглеевый горизонт G (рис. 7).

Одним из проявлений болотного почвообразования является *мергеленакопление*. При подтоке гидрокарбонатно-кальциевых подземных вод на заболоченные массивы возможно выпадение $CaCO_3$ в осадок в виде тонкомучнистой массы. Этому способствует расход воды на испарение, изменение температуры и давления растворенной угольной кислоты. Карбонатная масса может иметь тенденцию к самостоятельному накоплению, образуя слои на поверхности территории или ниже торфяного горизонта. Содержание $CaCO_3$ в таких аккумуляциях достигает 90%.

Болотные почвы формируют различного рода болота. В зависимости от характера растительности, происхождения и условий залегания болота принято делить на три типа: верховые, низинные и переходные.

Верховые болота образуются на водоразделах. Они увлажняются только атмосферными осадками и поэтому очень бедны минеральными веществами. Растительность состоит в основном из сфагновых мхов, вересковых кустарников, карликовых и болотных форм сосны и березы. *Низинные болота* образуются в понижениях и увлажняются

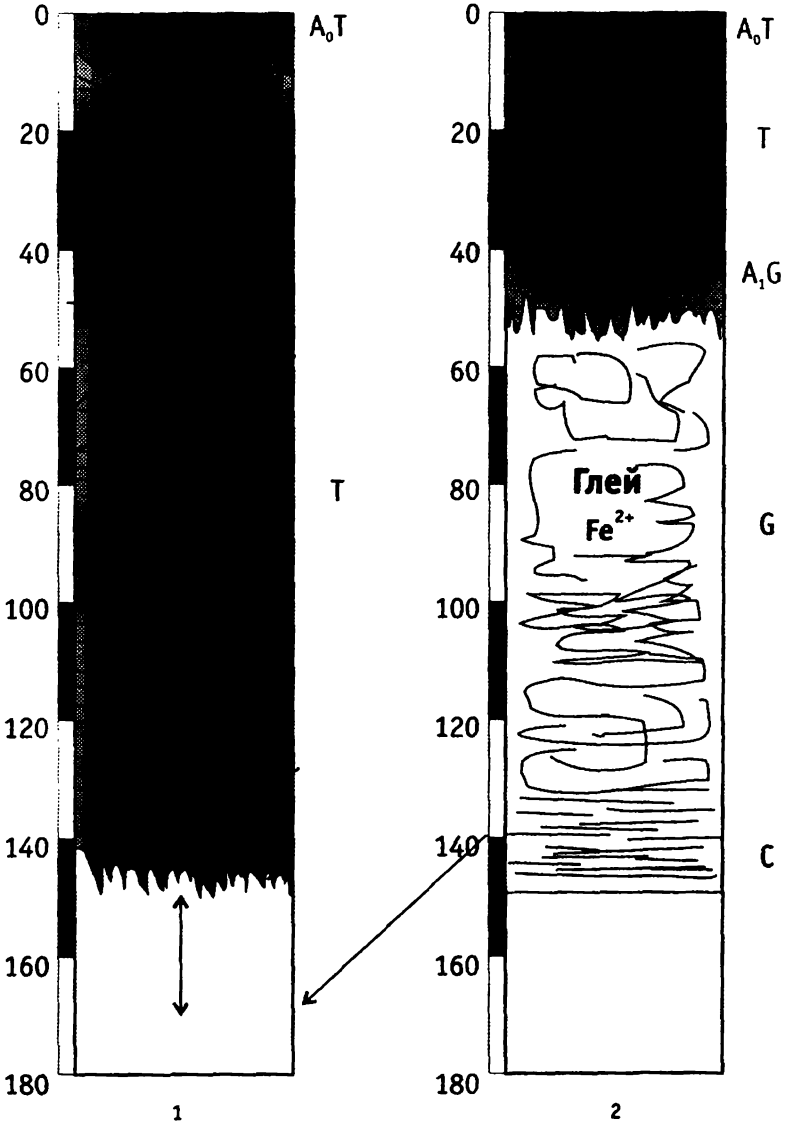


Рис. 7. **Строение болотных почв:**
1 — торфяно-болотная, 2 — торфяно-глеевая

минерализованными, часто жесткими грунтовыми или паводковыми водами. Широко распространены низинные болота в долинах рек, плавнях и дельтах. Низинные болота могут быть травянистыми (осоки, тростник, пушица), гипновыми (преобладают мхи) и лесными (древостои из черной ольхи). *Переходные болота* представляют совокупность форм, переходных между двумя предыдущими. Эти болота питаются слабоминерализованными водами. Различают травяные переходные болота, в которых наряду с травянистой растительностью встречаются сфагновые мхи, а также лесные переходные болота с древостоями из ели, березы, обильным развитием мхов, в том числе и сфагновых.

Существенные различия условий почвообразования верховых и низинных болотных почв определяют и значительные различия состава и свойств их торфяных горизонтов (табл. 41).

Возникновение болот при заторфовывании водоемов. Образование торфяных болотных почв возможно при заторфовывании водоемов (озер, заводей рек, стариц и т. п.). Эвтрофикация водоемов по И.С. Кауричеву происходит следующим образом. При отмирании планктона (водоросли, моллюски и др.) его масса смешивается на дне с минеральным илом, образуя сапропель (гниющий ил), который постепенно переходит в более твердую органоминеральную

Таблица 41

Химический состав и физические свойства торфа (по Лупинович и Голуб)

Показатель*	Типы болот		
	низинные	переходные	верховые
Степень разложения	24–40	20–45	5–50
Зольность	7–20	5–10	2–5
Азот общий	2,0–4,0	1,7–4,2	1,0–2,0
P_2O_5	0,15–0,45	0,15–0,35	0,1–0,25
K_2O	0,02–0,3	0,05–0,2	0,04–0,08
CaO	2,0–3,9	0,6–2,3	0,30–0,48
pH	5,5–6,0	3,5–5,3	3,2–4,2
Плотность (г/см^3)	0,11–0,17	0,11–0,16	0,04–0,08
Влагоемкость	640–870	550–950	600–1200

*Все показатели, кроме pH и плотности, даны в процентах

массу — сапропелит. По мере заполнения водоема сапропелем на нем, начиная от берегов, поселяются земноводные растения — камыш, тростник и др. При их отмирании растительные остатки постепенно заполняют мелководье. Кроме того, в образовании торфяной массы участвуют и плавающие растения — трифоль, сабельник, телорез и др. Эти растения могут образовывать довольно мощный плотный ковер-сплавину, состоящую из отмерших и живых растений. Отрываясь, нижние части сплавины опускаются на дно. Так постепенно происходит заторфовывание водоема сверху и снизу. На вышедшей на поверхность торфяной толще поселяется различная болотная растительность и в дальнейшем могут последовательно развиваться стадии почв низинного, переходного и верхового болота. При заторфовывании водоемов мощность торфяников достигает 15 м и более (рис. 8).

Почвы верховых, низинных и переходных болот классифицируются следующим образом: *торфяно-глеевые почвы* имеют слой торфа менее 50 см, *торфяные* — более 50 см. Мощность торфяного слоя может достигать 10 и более метров.

При классификации земельных угодий различают заболоченные сенокосы, пастбища и залежи со слоем торфа менее 30 см и болота с торфяным горизонтом более 30 см.

3.4.7. Использование земельного фонда таежно-лесной зоны

Таежная зона бореального биоклиматического пояса — основное лесное богатство России. Производство древесины как для внутреннего потребления, так и на экспорт, всегда было существенным экономическим потенциалом страны. Площадь земель лесного фонда 1046 млн га, или 61% общей территории России. Собственно лесные территории занимают 782 млн га.

Таежно-лесная зона имеет большие возможности для развития земледелия и животноводства. Она характеризуется благоприятным климатом, позволяющим возделывать сельскохозяйственные культуры ранних и среднеспелых сортов: зерновые (озимые и яровые), зерновые бобовые, прядильные, корнеклубнеплоды (картофель, кормовые корнеплоды), овощные, многолетние и однолетние травы, а также разнообразные ягодные и плодовые культуры.

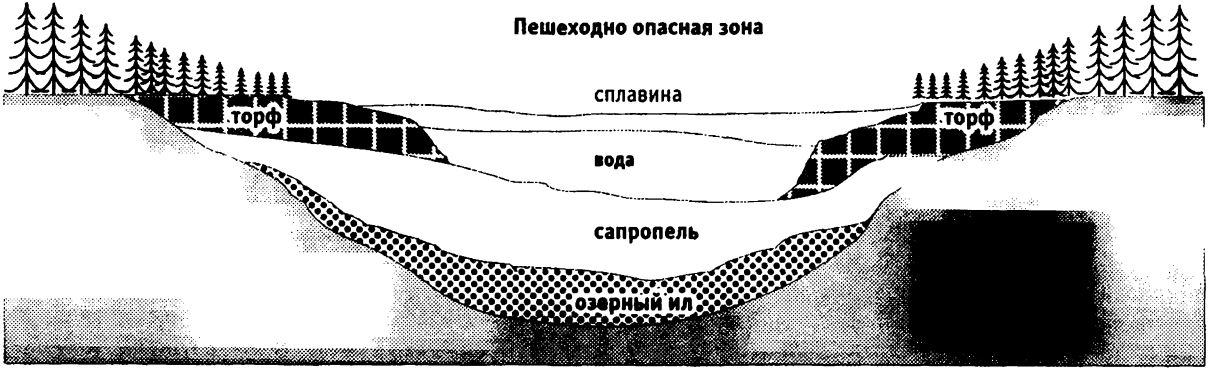


Рис. 8. **Заторфовывание озера в последней стадии развития**

Наиболее освоены в земледельческом отношении южные и западные районы зоны, менее — северные, а в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке пахотные угодья составляют всего 0,6% территории.

Наиболее распаханы дерново-подзолистые почвы. Под пашню при соответствующих затратах дополнительно можно использовать большие площади малопроизводительных лесов, вырубки и гари, низкоурожайные суходольные луга и пастбища. Пашня, сенокосы и пастбища занимают около 25 млн га.

Товарное сельское хозяйство в основном сосредоточено в южной подзоне хвойно-широколиственных лесов. Земледельческое использование земель учитывает общие основные особенности таежных почв: кислая реакция среды, незначительное содержание органического вещества, обедненность кальцием, калием, азотом, фосфором и другими элементами. Однако положительным является достаточная обеспеченность влагой.

Все природные таежные почвы далеки по свойствам от природной сельскохозяйственной пашни, параметры которой приведены в табл. 42.

Таблица 42

Оптимальные параметры дерново-подзолистых почв для некоторых сельскохозяйственных культур, (Именов и др.)

Культура	Оптимальные параметры свойств почв					
	Физ. глина, %	Содержание гумуса, %	pH	P_2O_5, мг/100г	K_2O, мг/100 г	Гидролит. кислотн., мг.экв/100 г почвы
Рожь	20–30	2,5–3,5	5,5–6,0	20–25	20–25	1–1,5
Ячмень	25–35	3,0–4,0	6,0–6,5	20–25	20–30	1
Пшеница	25–35	3,0–3,5	5,5–6,0	25–30	20–30	1–1,5
Картофель	15–35	3,5–4,0	5,5–6,0	20–30	30–40	1–3
Капуста белокачанная	25–35	4,5–5,5	7,0	50–70	70–100	1
Лен	25–35	2,5–3,5	6,0–6,5	20–30	20–30	1–2
Брюква	15–25	4,0–5,0	6,0–6,5	40–50	40–60	1–1,5

Для создания такой пашни необходимо соблюдение следующих основных приемов:

1. Борьба с кислотностью почв путем известкования. Известь вносят в дозах 3–10 т/га, что нейтрализует кислую реакцию почв.
2. Травосеяние как агробиологический прием мелиорации почв. Здесь истина проста: без включения в севооборот посевов клевера и других трав земледелие обречено на деградацию.
3. Обязательное внесения органических удобрений. Травосеяние, животноводство, производство земледельческих продуктов звенья неразрывной цепи.
4. Обязательное внесение минеральных удобрений в дополнении к органическим.

При соблюдении этих приемов в Нечерноземье получают высокие и рентабельные урожаи ржи, картофеля, льна, турнепса, брюквы, капусты, свеклы и других культур и даже пшеницы, которая в условиях Подмосковья на дерново-подзолистых почвах может давать урожаи не меньшие, чем на черноземах Кубани.

Использование земельного фонда болот бореального пояса. Различные типы болот по-разному должны использоваться в народном хозяйстве. Умело осушенные низинные болота становятся сельскохозяйственными угодьями с высоким уровнем эффективного плодородия. Роль же верховых болот совершенно иная. В условиях Нечерноземья эти болота являются прекрасными клюквенными угодьями. В Карелии и Скандинавских странах успешно практикуется повышение продуктивности верховых болот путем насаждения плантаций клюквы. Верховые болота эффективны и как торфоразработки (топливо, подстилки на скотоводческих фермах, и др.). Освоение же верховых болот под сельскохозяйственные угодья крайне нерентабельно из-за низкого уровня потенциального плодородия сфагновых торфов, их бедности зольными элементами, фосфором, азотом и сильной кислотности. Но не все это определяет необходимость сохранения верховых болот в первозданном виде. Верховые болота являются регуляторами влагооборота обширных территорий, поскольку они — незаменимые источники питания как лесных ручьев и речек, так и полноводных рек. Эти болота — собиратели и хранители влаги, что связано с особыми свойствами сфагновых мхов. Сфагновый торф обладает громадной влаговместимостью — около 1000%. Именно уникальная

естественная водовместимость делает верховые болота громадными водохранилищами — губками, которые медленно впитывают, сохраняют и постепенно отдают воду.

В Западной Сибири, по данным академика И.П. Герасимова, масса торфа объемом 90 млрд т содержит 1000 км^3 воды, что равно двухлетнему стоку Оби и Иртыша. Торфяники делают Западную Сибирь одним из самых переувлажненных пространств земной поверхности со скоплением вод в озерах, болотах, медленно текущих полноводных реках.

Бессистемное освоение верховых болот без уверенного предсказания последствий вмешательства в их природу может привести к печальным последствиям, повлечь за собой гибель десятков малых рек. А без них и большие реки также зачахнут. С потерей рек происходит усыхание и гибель лесов, появление огромных сухих оврагов, разрушительные весенние паводки, утрата почв и деградация естественных ландшафтов.

Безусловный объект мелиорации — низинные и частично переходные болота. При правильно организованном осушении болотные почвы превращаются в высокопродуктивные угодья для зерновых, льна и картофеля, трав. Опыт Голландии, Бельгии, Дании, Швеции, Германии показывает исключительно высокую продуктивность осушительных мелиораций. Средние урожаи озимой пшеницы здесь составляют 40—50 ц/га.

Задача мелиорации заболоченных почв состоит не в отводе избыточных вод, в осушении, а в оптимальном регулировании водного баланса территории, в создании оптимального водного, теплового и пищевого режима для получения высокой биологической продуктивности. Инженерные сооружения, дренажная система должны работать в двустороннем направлении — осушение при избытке влаги и снабжение растений грунтовой водой в сухие периоды года. При осушении торфяников приняты следующие оптимальные глубины грунтовых вод: овес и лен 80—85 см, многолетние травы 75—100 см, картофель и ячмень 100—120 см.

На осушенных и освоенных болотных почвах должны применяться специальная система удобрения и особая агротехника. Например, в севооборотах, вводимых на вновь обработанных болотных почвах, большое место должны занимать вико-овсяная смесь, многолетние травы, силосные культуры. И лишь при дальнейшем окультуривании

этих почв значительные площади можно отводить под овощные, технические и зерновые. На освоенных и окультуренных болотных почвах получают высокие урожаи зерновых, кормовых, овощных и технических культур.

Крайне негативное явление всех осушенных торфяников — возможность естественного и особенно антропогенного возгорания в отдельные уникально сухие годы.

3.5. ПОЧВЫ СУББОРЕАЛЬНОГО ПОЯСА

Суббореальный или умеренно-теплый биоклиматический пояс охватывает территории Земли с суммой положительных температур более 10°С — 1800—4000°. Условия увлажнения крайне разнообразны, от влажно-лесных с коэффициентом увлажнения более 1,0 до типично пустынных, где коэффициент увлажнения менее 0,15.

Лесные территории суббореального пояса на равнинах приурочены в основном к Западной Европе и широкое распространение получили в различных горных системах Евразии (Карпаты, Крым, Кавказ, Алтай). В южных частях азиатского сектора суббореального пояса в основном преобладают степные, сухостепные, полупустынные пространства и пустыни.

Климат на огромном протяжении Евразии с запада на восток и с севера к югу, сохраняя свои общие для степи черты, далеко не однороден. Так, среднегодовая температура колеблется в нем от 3 °С на севере, до 8° и даже 10° на юге. Наиболее теплый месяц — июль, на севере 19,5°, а на юге 25°. Осадков за год выпадает от 600 мм до 250—300 мм. Чем дальше к востоку, тем климат становится континентальнее: осадков становится меньше, годовая температура ниже, вегетационный период короче, зима более холодна и продолжительна, весенний переход от холода к теплу более короток и резок и т. д.

Почвенное разнообразие суббореального пояса биоклиматически представлено типами и подтипами серых лесных и бурых лесных почв, черноземов, каштановых и бурых полупустынных почв, а также интрозональными солончаками, солонцами и солодями.

3.5.1. Серые лесные почвы

Серые лесные почвы распространены под биоценозами широколиственных лесов лесостепи на границе перехода бореального биоклиматического пояса в суббореальный. Это относится к Русской равнине Европейской части России и к Западной Сибири и Алтаю.

Почвы промерзают зимой и находятся 2—5 месяцев в состоянии мерзлотного покоя. По обеспеченности влагой европейские области

относятся к влажным а центральные и восточные — к полувлажным. В связи с нарастанием континентальности климата постепенно к востоку уменьшается общая обеспеченность теплом, зима становится холодной, вегетационный период короче.

Сплошной полосы серых лесных почв не образуют: это отдельные участки, перемежающиеся с другими почвами, как на Юге России так и в Восточной Европе и Сибири.

Генезис и строение. Серые лесные почвы формируются под лесами с травянистым покровом. В европейской части господствуют дубовые леса с примесью липы, клена, ясеня и других широколиственных пород. Далее к востоку в лесах заметное место занимает береза, часто с примесью хвойных пород (пихта, сосна). В Западной Сибири преобладают березовые леса с примесью лиственницы. На территории всей зоны на песчаных террасах рек произрастают сосновые боры. На Северном Кавказе почвы образуются под дубовыми лесами с примесью граба, клена, вяза, ясеня, бука, дикоплодовых. В подлеске часто встречаются боярышник, лещина, кизил, азалия, ежевика. Травянистая растительность разнообразна и обильна.

Основное отличие широколиственных лесов от тайги и смешанных хвойно-лиственных лесов — многообразие древесных пород, наличие кустарников, которые создают в лесу ярусность. Поверхность почвы занимает травянистый покров. Для широколиственных лесов с травянистым покровом не типично формирование мощной лесной подстилки. Разложение растительных остатков имеет одногодичный цикл и происходит с участием как грибной, так и микробной флоры.

Комплекс явлений почвообразования можно объединить в следующие группы:

1. Дерновый процесс в несколько ослабленной форме, однако генетически выражен в создании хорошо оструктуренного горизонта A_1.

2. Комплексное травянисто-древесное происхождение гумусовых веществ типа фульватно-гуматного или гуматно-фульватного гумуса с отношением $C_{ГК}$: $C_{ФК}$ в пределах 0,7—1,5.

3. Зольность растительного опада высокая, до почти полной нейтрализации образующихся органических кислот и подавления в них кислото-активной агрессивности. Четкий результат гумификаци — гумусовый горизонт $A_1+A_1A_2+A_2B_i$, охватывающий как элювиальную, так и иллювиально-текстурную толщу почвенного профиля.

4. Лессиваж и слабое проявление подзолистого процесса с формированием элювиально-иллювиального профиля дифференциации почвенной массы ($A + B_i$).

5. Оглинивание, текстурное преобразование средней части почвенного профиля, усиливающее глинистость, обогащенность илом средней части почвы. В результате образуется иллювиально-текстурный горизонт B_{it}.

6. Выщелачивание легкорастворимых солей, гипса, карбонатов и формирование карбонатного иллювиального горизонта C_{Ca}. Процесс проходит при периодически промывном режиме, причем годы сплошного промачивания преобладают, что приводит к полному удалению средне- и легкорастворимых солей. Карбонатный горизонт наблюдается не всегда: при горизонтальном промывном токе влаги в условиях непересеченного рельефа на маловодопроницаемых породах иллювиальное накопление конкреций $CaCO_3$ исключается.

Конечно, в различных частях распространения серых лесных почв почвообразование имеет свои особенности (табл. 43).

Классификация и диагностика. Тип серых лесных почв разделяют на подтипы темно-серых, серых и светло-серых лесных почв, а также выделяется подтип серых лесных глеевых почв. Основными диагностическими показателями для разделения их на подтипы являются мощность гумусового слоя и содержание гумуса в нем. Количественные градации в разных фациях и областях распространения серых лесных почв могут быть различными.

Темно-серые лесные почвы характеризуются темно-серой или черной окраской горизонта A_1, отсутствием признаков лессивированности, рыхлым сложением, комковато-зернистой структурой. Гумусово-элювиальный горизонт ***серых и светло-серых лесных почв*** менее гумусирован, имеет меньшую мощность и ясные признаки лессивированности. Мощность горизонта A_1A_2 колеблется от 5 до 25 см. Часто лессивирование начинается с поверхности. Структура в горизонте А серых и светло-серых лесных почв зернисто-комковатая или листовато-комковатая, менее прочная, в горизонте В — комковато-ореховатая. У старопахотных почв особенно тяжелого гранулометрического состава структура пахотного слоя комковато-глыбистая.

Серые лесные глеевые почвы характеризуются наличием признаков периодического гидроморфизма (псевдооглеения). При детальном анализе почвенного покрова и дробном выделении почвенных

Таблица 43

Сравнение основных характеристик серых лесных почв Русской равнины и Северного Кавказа (по Ахтырцеву, Валькову)

Генетическая характеристика	Русская равнина	Северный Кавказ
Генетический профиль	A_0+A_1+A_1A_2+A_2B+B+C+C_{Ca}	A_0+A_1+A_1A_2+AB+B+C
Особенности горизонтов		
A_0	Лесная подстилка	Лесная подстилка
A_1	Гумусовый и элювиальный	Гумусовый и элювиальный
A_1A_2	Элювиальный и гумусовый с заметно выраженной присыпкой	Элювиальный и гумусовый, морфологически элювиирование скрывается гумусонакоплением
A_2B	Элювиально-иллювиальный слабогумусовый с кремнеземистой присыпкой	Отсутствует
AB	Отсутствует	Текстурно-гумусовый
B	Иллювиальный и текстурный	Текстурный, плотный, глыбистый
C	Бескарбонатная материнская порода	Материнская порода
C_{Ca}	Карбонатный иллювиальный	Отсутствует
Особенности почвообразовательных процессов		
Водный режим	Вертикальный периодически промывной	Горизонтальный периодически промывной с ослабленными вертикальными токами
Лессивирование (элювиальный процесс)	Охватывает гумусовые горизонты и верхнюю часть иллювиального (A_1+A_1A_2+A_2B)	Локализовано в гумусовых горизонтах A_1+A_1A_2
Иллювиирование	В горизонте В накапливается значительная часть продуктов лессивирования	Продукты лессивирования в профиле почвы практически не задерживаются
Оглинивание	Фиксируется повышенное содержание ила в горизонте В, значительно превышающее его элювиирование из горизонтов A_1 и A_1A_2	Не связано с накоплением ила. Предполагается только текстурная перегруппировка веществ в горизонте В, делающая его морфологически резко отличным от материнской породы

разновидностей серые лесные глеевые почвы можно разделять на поверхностно-глееватые (слабомочаковатые), грунтово-глееватые (мочаковатые) и грунтово-глеевые (сильно мочаковатые), т. е. по интенсивности временного заболачивания водами или поверхностного стока, или почвенно-грунтовой верховодки.

В субстантивно-генетической классификации почв разделение серых лесных почв на подтипы светло-серых, серых и темно-серых не предусмотрено. В едином типе серых почв выделяются подтипы: типичные, глееватые и серые со вторым гумусовым горизонтом. Выделяются в самостоятельный тип агросерые почвы. Они отличаются от естественного аналога — серых почв — «гомогенным агрогенно-преобразованным горизонтом» и выделением нового подтипа — «серые агрогетерогенные почвы». Ландшафтное название «лесные» в новой классификации исключается.

Состав и свойства. В распределении механических элементов по профилю видна четкая закономерность: по сравнению с породой верхние горизонты обеднены илистой фракцией (табл. 44). Такое распределение илистой фракции связано как с оподзоливанием почв, так и с проявлением лессиважа. Кроме того, в иллювиальном горизонте отмечается и развитие процесса оглинивания.

Минералогический состав илистой фракции представлен аморфными соединениями SiO_2, R_2O_3 и глинистыми минералами — гидрослюдами, вермикулитом, монтмориллонитом, хлоритом. В почвах присутствует также и каолинит.

Данные валового анализа серых лесных почв показывают, что верхние горизонты их обеднены полуторными окислами и обогащены кремнекислотой. Эта закономерность изменения валового состава по профилю серых лесных указывает на заметную оподзоленность и лессивированность. Наиболее четко она выражена у светло-серых почв и в меньшей степени у темно-серых.

Содержание по профилю гумуса и азота свидетельствует о более интенсивном проявлении дернового процесса у темно-серых лесных почв и наиболее слабом его развитии у светло-серых.

Общие запасы гумуса в метровом слое в среднем 200 т/га с колебаниями от 100—150 т у светло-серых до 300 т у темно-серых почв.

Содержание гумуса в горизонте A_1 ($A_{пах}$) у светло-серых почв составляет 1,5—3% в западных провинциях и до 5% в восточных: у серых — соответственно от 3—4 до 6—8% и у темно-серых от 3,5—4 до

Таблица 44

Состав и физико-химические свойства серых лесных почв

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %							pH	Обменные катионы, м.-экв/100 г			Насыщенность, %
		< 0,01 мм	< 0,001 мм	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	$CaCO_3$	Гумус		Ca	Mg	H	
Серая лесная восточноевропейской фации, Белгородская обл. (Л.С. Счастная)													
A_1	0–10	29,6	10,3	85,7	8,6	1,9	Нет	5,6	6,3	11,1	3,1	5,4	72
A_1A_2	10–17	24,9	11,7	86,2	8,4	1,8	–	1,8	6,8	6,4	3,2	3,9	71
A_2B_1	26–36	27,7	12,7	84,6	9,1	2,5	–	0,5	6,9	8,0	2,9	2,3	83
B_{1t}	45–60	43,1	25,0	78,7	12,3	4,6	–	0,3	6,8	12,9	7,0	3,8	84
C	105–110	33,6	26,7	82,0	10,7	4,6	–	0,2	6,6	13,0	6,1	4,3	85
C_{Ca}	150–160	30,0	20,1	79,6	10,6	4,4	6,4	–	7,6	11,2	5,0	Нет	100
Серая лесная южноевропейской фации, Краснодарский край. (А.И. Троицкий)													
A_1	0–10	54,6	22,6	76,2	13,5	3,4	Нет	6,4	6,2	17,0	5,0	0,2	99
A_1A_2	10–20	55,1	25,9	77,1	14,1	4,1	–	2,7	5,6	5,6	2,2	3,1	72
AB_1	45–55	65,2	37,2	67,7	20,5	4,2	–	2,1	5,7	14,3	4,8	1,1	92
B_t	60–70	68,6	40,6	64,1	24,5	4,0	–	0,7	5,8	17,8	6,1	1,1	96
C	130–140	64,2	37,8	65,0	23,8	4,1	–	0,2	6,8	17,0	2,5	4,1	99

8–9% и более. У темно-серых почв содержание гумуса вниз по профилю уменьшается постепенно. В этом отношении они ближе стоят к черноземам и заметно отличаются от светло-серых и серых почв, для которых характерно более резкое падение содержания гумуса с глубиной.

Для оценки содержания гумуса в пахотных серых лесных почвах возможны следующие придержки: очень низкое — менее 2,6–3,0, низкое 2,1–2,5, среднее 2,6–3,0, повышенное 3,1–3,5 и высокое содержание гумуса — более 3,5%. Эти данные относятся к тяжелосуглинистым почвам.

В составе гумуса присутствуют как фульвокислоты, так и гуминовые кислоты. Варьирование их соотношения может быть довольно высоким, в зависимости от степени выраженности дернового и элювиально-иллювиального процессов: светло-серые почвы тяготеют к дерново-подзолистым, а темно-серые — к оподзоленным черноземам.

Тип серых лесных почв отличается оптимальным для большинства растений суббореального пояса соотношением обменных катионов: преобладает кальций, затем магний, присутствуют в небольших количествах водород. Все это обеспечивает слабокислую, близкую к нейтральной реакцию почвенного раствора.

Использование земельного фонда лесостепи. Сельскохозяйственное использование серых лесных почв (пашня около 12%, сенокосы 5%, многолетние насаждения 0,5%, пастбища 0,6%) позволяет вести многоотраслевые высокопродуктивное производство: полевые культуры, овощи, мясомолочное животноводство, садоводство. На серых лесных почвах выращивают озимую и яровую пшеницы, сахарную свеклу, картофель, лен. Особенно хороши картофель, пшеница, лен, яблоня. В восточных частях преобладают яровые хлеба, в европейской части широко развито садоводство. Серые лесные почвы Кавказа относятся к южноевропейской фации. Главное экологическое отличие их от серых лесных почв других регионов состоит в том, что они не промерзают в течение всего года. На этих почвах возделываются более теплолюбивые культуры, чем на Русской равнине. Они хороши для многих плодовых культур, винограда, табака, кукурузы, а в естественных лесах широко распространены дикие яблоня, груша, алыча.

В земледелии обязательны минеральные и органические удобрения, травосеяние, рациональное использование земель в связи с экологическими особенностями сельскохозяйственных растений.

3.5.2. Бурые лесные почвы

Бурые лесные почвы суббореального биоклиматического пояса распространены в Калининградской области РФ, в западных районах Белоруссии и Литвы, на межгорных равнинах Хабаровского края и Амурской области, на Кавказе, в Карпатах. Вся атлантическая провинция Западной Европы представлена бурыми лесными почвами. На Северо-Американском континенте бурые лесные почвы встречаются в Аппалачских горах, Южном полушарии — в районе Огненной земли и на острове Новая Зеландия. Большой регион распространения бурых лесных почв отмечен на Дальнем Востоке (Восточный Китай, Корея, Японские острова).

Условия почвообразования. Климат умеренно-теплый и влажный. В предгорьях Западного Кавказа количество выпадающих осадков 700–900 мм, испаряемость 600–700 мм. Дальневосточные провинции: осадки 450–600 мм, испаряемость 430–550 мм. Такое соотношение осадков и испаряемости при наличии хорошего дренажа обусловливает промывной тип водного режима.

Температурные условия соответствуют суббореальному биоклиматическому поясу Земли. Годовая сумма температур > 10^0 составляет 1800–4000^0 . Для большинства регионов — это умерено теплое лето и мягкая зима. Температура почвы около 2–5°С . Только на Дальнем Востоке, в Калининградской области и Прибалтике наблюдается промерзание почв в зимний период. Температурные условия в гумидном суббореальном климате обеспечивают умеренное, но продолжительное в течение года протекание биологических процессов в почве, умеренную скорость почвообразования и выветривания, что отличает бурые лесные почвы от бореальных подзолистых и субтропических и тропических красноземов.

Почвообразующие породы весьма разнообразного состава и происхождения. Чаще всего — это глинисто-суглинистый щебнистый элювий, элювио-делювий осадочных и магматических пород, а также суглинки и глины ледникового происхождения, характеризующиеся

богатством силикатных и алюмосиликатных первичных и вторичных минералов. Карбонатные породы также могут быть подпочвами для буроземов. Материнские породы благодаря минеральному богатству (полевые шпаты, амфиболы, пироксены, роговая обманка, слюды, каолинит, монтмориллонит и т. д.) и относительной бедности инертным кремнеземом становятся основой для формирования почв с большими запасами зольных элементов и пониженной способностью к развитию элювиального процесса.

Растительность для большинства регионов представлена широколиственными буково-дубовыми, буково-грабовыми, буково-ясеневыми лесами. На Кавказе встречаются бурые лесные почвы под темно-хвойными лесами (ель, пихта). На Дальнем Востоке преобладают хвойно-широколиственные леса (саянская ель, пихта, дуб, клен, липа). В Белоруссии и Литве также распространены леса с участием дуба и ели. Количество лиственного опада ежегодно значительно, около 8 т/га. В составе опада много зольных элементов. Интенсивность биологического круговорота обеспечивает только 1–1,5-годичное по массе формирования лесной подстилки.

Генезис, строение, свойства, классификация. Процесс формирования бурых лесных почв называют буроземообразованием. Определяющие условия этого процесса:

- широколиственные и хвойно-широколиственные леса, хвойная, хвойно-широколиственная и широколиственная растительность, иногда с травянистым покровом, под которым протекает значительный по объему азотно-кальциевый биологический круговорот веществ;
- глубокое промачивание почвенного профиля и промывной водный режим;
- хороший вертикальный или горизонтальный внутрипочвенный дренаж;
- длительный теплый период, обеспечивающий процессы активного оглинивания и интенсивный биологический круговорот.

При буроземообразовании формируются профили двух типов: без ясной дифференциации минеральной части по генетическим горизонтам (бурые лесные слабоненасыщенные и кислые с горизонтами $A+AB_t+B_t$) и с четкими различиями в составе минеральной части по

горизонтам (бурые лесные слабоненасыщенные и кислые оподзоленные с горизонтами $A_1+A_1A_2+AB_t+B_t$).

Бурые лесные почвы с недифференцированным профилем формируются под воздействием следующих почвообразовательных процессов:

1. Выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов при промывном водном режиме. Генетический результат такого процесса — отсутствие в почвенном профиле горизонтов легкорастворимых солей и карбонатов, а также подкисление почвенной среды (pH всех подтипов буроземов ниже 6,5).

2. Гумусообразование и гумусонакопление, формирующие сравнительно мощный для лесных почв гумусовый горизонт. Обычно нижняя граница гумусового горизонта определяется содержанием гумуса около 1% (горизонт А).

3. Оглинивание почвенного профиля с накоплением глинистых коллоидов в нижней части профиля, где образуется метаморфический горизонт Bt. В этом горизонте наблюдается повышенное содержание глинистых частиц. Верхняя часть этого слоя (горизонты AB_t+B_t) граничит с гумусовыми горизонтами.

Под лесом развиваются почвы со следующим генетическим профилем: $A_0+A_0A_1+A_1+A_1Bt+Bt+BC+C$ (рис. 9).

A_0 — лесная подстилка мощностью от 0,5 до 5 см в зависимости от времени года.

A_0A_1 — грубогумусный горизонт, темно-серого цвета, рыхлый. Его мощность 1–5 см.

A_1 — гумусовый горизонт, темновато-бурый или серовато-бурый, рыхло-комковатый или комковато-зернистый, чаще суглинистый. Мощность 10–20 см.

A_1Bt — гумусовый метаморфический (текстурный) горизонт. Мощность 20–30 см.

Bt — метаморфический (текстурный) горизонт бурый или коричнево-бурый, тяжелосуглинистый, комковато-ореховый или зернисто-ореховатый, уплотненный. По граням структурных отдельностей тонкие органо-минеральные пленки. Мощность 20–30 см.

BC — переходный к почвообразующей породе горизонт.

C — материнская порода.

Бурые лесные почвы с дифференцированным профилем (оподзоленные) образуют следующие почвообразовательные процессы:

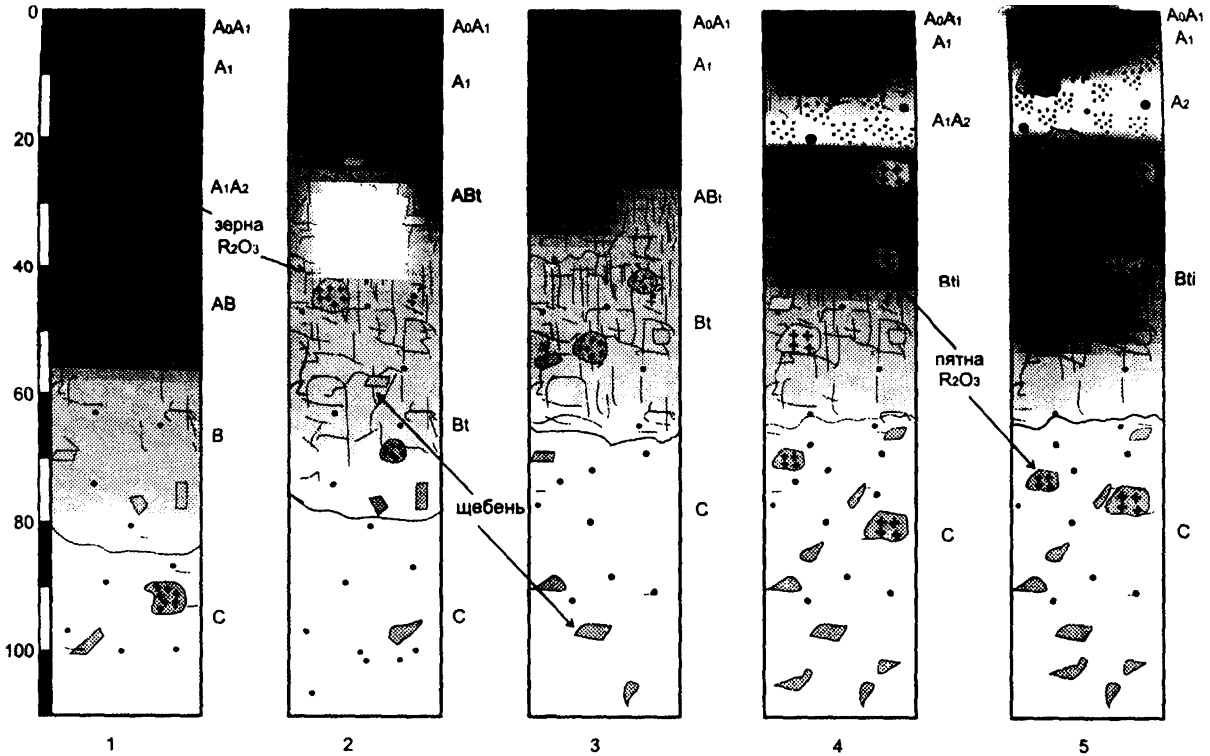


Рис. 9. **Строение серых и бурых лесных почв:**
1 — серая лесная; 2 — бурая лесная слабоненасыщенная; 3 — бурая лесная кислая; 4 — бурая лесная оподзоленная; 5 — подзолисто-бурая лесная

1. Выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов, имевшихся в исходной почвообразующей породе и образующихся в процессах почвообразования.
2. Гумусообразование и гумусонакопление в результате преобразования органических остатков.
3. Лессиваж и псевдооглеение.
4. Оглинивание.

Лессиваж и псевдооглеение, оподзоливание, оглинивание дифференцируют профиль по гранулометрическому составу на горизонты $A_1+A_1A_2+A_1Bt+Bt$.

Таким образом, под лесом бурые лесные почвы с дифференцированным профилем (оподзоленные) имеют следующее генетическое строение: $A_0+A_0A_1+A_1+A_1A_2+A_1B_t+B_t+BC+C$.

A_0 — лесная подстилка.

A_0A_1 — грубогумусный горизонт с обилием полуразложившихся растительных остатков; мощность 1—5 см.

A_1 — гумусовый горизонт с проявлениями элювиирования. Однако элювиальные явления маскируются гумусовым окрашиванием; мощность 7—12 см.

A_1A_2 — элювиально-гумусовый, осветленный горизонт с ясно выраженной кремнеземистой присыпкой, рыхлого сложения, ореховатой структуры. Преобладают серые тона; мощность 14—15 см.

A_1B_t — гумусовый метаморфический и текстурный. Плотный с преобладанием бурых тонов; мощность около 10 см.

B_t — иллювиальный метаморфический и текстурный. Очень плотный ореховато-глыбистый, бурые тона в окраске преобладают; мощность 20—30 см.

BC — переходный.

C — материнская порода.

Образование гумуса в мертвопокровных лесах происходит за счет преобразования лесной подстилки. Лесная подстилка на 80—90% минерализуется и только на 10—15% гумифицируется преимущественно под влиянием грибной флоры. Коэффициент накопления растительного опада (соотношение между опадом и неразложившимся органическим веществом) 1,0—1,5, в то время как в таежных лесах бореального пояса коэффициент накопления составляет 10—30. В лесах с травянистым покровом, безусловно, значительно участие в гумусообразовании корней трав. В этих условиях целесообразно выделять

дерново-бурые лесные почвы. Встречаются они, например, в районе Теберды.

Диагностический признак гумусообразования: формирование гумусового горизонта с гуматно-фульватным гумусом ($C_{гк}$: $C_{фк}$ от 0,5 до 0,9). В составе гумуса очень мало агрессивных по отношению к минеральной части кислотных фракций. Чаще всего представлены фракции гуминовых и фульвокислот, функциональные связи которых заняты катионами кальция и полуторных окислов. Эти катионы попадают в почвенный раствор в результате процессов минерализации растительных остатков, оглинивания и псевдоосглеения. Гуминовые кислоты преимущественно бурого цвета. Черных гуминовых кислот практически нет. Между отдельными подтипами бурых лесных почв нет четких различий в содержании гумуса в верхних горизонтах. Все они отличаются высоким гумусонакоплением. Запасы гумуса в почвенной толще до 200 т/га. Пониженным гумусонакоплением выделяются оподзоленные бурые лесные почвы.

Биоклиматические условия формирования бурых лесных почв проявляются в интенсивном выветривании первичных минералов. Особая интенсивность оглинивания обнаруживается на щебнистых породах, находящихся в процессе выветривания. У бурых лесных почв, кислых и слабоненасыщенных, сформированных на глинистых материнских породах, процесс накопления глинистых частиц в профиле выражен весьма слабо. Однако это не говорит об отсутствии явления оглинивания. В данном случае оно проявляется не в накоплении иловых частиц, а в преобразовании их минералогического состава. Оглинивание сопровождается высвобождением различных соединений железа. Этому способствует также периодическая переувлажненность. Специфичность оглинивания бурых лесных почв — накопление различных соединений железа — проявляется в повышенном содержании свободных и окристаллизированных форм оксидов железа.

Бурые лесные почвы формируются в условиях промывного водного режима. Как следствие процессов выщелачивания, лессивирования и псевдоосглеения, в бурых лесных почвах развивается кислая реакция среды и ненасыщенность основаниями.

Подтиповая диагностика. Разделение бурых лесных почв на подтипы учитывает особенности внешнего морфологического строения — присутствие элювиального горизонта A_1A_2 или его невыраженность. В зависимости от этого выделяют бурые лесные оподзоленные (кислые и

слабоненасыщенные) и просто бурые лесные (кислые и слабоненасыщенные). Различия между кислыми и слабоненасыщенными бурыми почвами внешне, морфологически, не выражены. Диагностируются они по составу поглощенных катионов. Кислые отличаются высокой ненасыщенностью почвенного поглощающего комплекса основаниями (кальция и магния): обменные водород и алюминий занимают 50–90%. Характерна кислая реакция всего профиля, pH менее 6,0. У слабонасыщенных почв обменных водорода и алюминия меньше, а реакция почвенной среды слабокислая, pH около 6,0–6,5.

У подтипов лесных глеевых почв наблюдаются четкие признаки оглеения и псевдооглеения в виде сизых и ржавых пятен по всему профилю: $A_1A_2+A_{1g}+B_{tg}$ и $A_0A_1+A_1A_{2g}+B_{tg}$.

В субстантивно-генетической классификации почв применительно к Северному Кавказу все бурые лесные почвы объединены в один тип — **буроземы** с разделением на подтипы: буроземы типичные, оподзоленные, иллювиально-глинистые, глеевые и поверхностно-турбированные. Для других районов России (Сибирь, Урал, Дальний Восток) выделены буроземы грубогумусные.

Широк спектр переходных форм и генетических связей бурых лесных почв к иным условиям почвообразования, бореальным и субтропическим, влажным и сухим. Переходные формы представлены особыми почвами, как правило, эндемичными и малоизвестными, хотя при крупномасштабных картографических работах контуры этих почв выделяются объектами особого почвенно-экологического использования. Так, бурые лесные почвы имеют контакт:

- во влажных прохладных условиях с дерново-подзолистыми почвами через *дерново-палево-подзолистые почвы*;
- с черноземными и серыми лесными почвами через *серо-бурые лесные почвы*;
- во влажных субтропиках с желтоземами и красноземами через *желто-бурые лесные почвы*;
- в сухих субтропиках с коричневыми почвами через *коричнево-бурые*.

Эти переходные почвы несут в себе черты как буроземообразования, так и соответствующих пограничных почв. Например, распространенные в низкогорьях Кавказа на черноморском побережье желто-бурые лесные почвы несут в себе признаки и ферраллитных процессов.

Использование земельного фонда бурых лесных почв. Районы распространения бурых лесных почв отличается широким диапазоном земельного использования и антропогенного пресса городов, населенных пунктов, промышленности, транспорта, сельского хозяйства и рекреации. Исторически сложилось так, что все равнинные территории можно считать полностью потребительски востребованными и освоенными, как Западная Европа. Только в горах сохраняются естественные и возобновляемые лесные массивы, местами превращенные в заповедники (Кавказский биосферный, Теберда и др.). Не заповедные леса совмещают в себе эксплуатационные и природоохранные функции, причем естественно стремление к ограничению хозяйственных рубок.

Бурые лесные почвы широко используются как пахотные, сенокосные и пастбищные угодья. Это районы развитого плодоводства и овощеводства. Однако лесные почвы нуждаются в интенсивном окультуривании. Их естественное плодородие для пшеницы, ячменя, сахарной свеклы, подсолнечника оценивается в 25—50 баллов. Неблагоприятно может сказываться невысокое гумусовое состояние, кислая реакция среды некоторых подтипов, а также отрицательные физические свойства нижних горизонтов почвенного профиля. Основные мероприятия по повышению эффективного плодородия — создание мощного окультуренного пахотного слоя с применением органических и минеральных удобрений, травосеяния и местами известкования.

Бурые лесные почвы обладают благоприятными условиями для плодовых деревьев, эфирно-масличных культур, табака, грецкого ореха. В условиях черноморского побережья эти почвы интенсивно используются под яблоки, грушу, сливу, персик, черешню, цитрусовые, хурму, инжир, фейхоа и виноград. Отрасль чаеводства в основном развивается на бурых и желто-бурых сильноненасыщенных (кислых) почвах.

3.5.3. Черноземы

Основные массивы черноземов находятся в Венгрии, Болгарии, Румынии, Молдове, на Украине, в центральных областях европейской части России, Поволжье, Северном Кавказе, Западной Сибири и Северном Казахстане. В России и на Украине сосредоточено около 50% мирового распространения этих почв.

Черноземы — наиболее плодородные почвы земледельческих районов страны. В.В. Докучаев называл их «царем почв», сравнивал с «никем не обогнанным арабским скакуном», утверждая, что чернозем для России дороже золота, каменного угля, нефти. И действительно, представить наше сельское хозяйство, основу жизни страны без черноземных почв невозможно. Большая широтная и меридиональная протяженность территории черноземных почв определяет значительную неоднородность ее природных условий.

Условия почвообразования. Климат характеризуется теплым летом и умеренно холодной зимой. В восточных областях зима холодная и суровая. Неоднородность климата проявляется в различной обеспеченности теплом в период вегетации, в зимних температурах и характере увлажнения. По мере движения с запада на восток уменьшается количество тепла, нарастает континентальность климата, снижается количество осадков. Это позволило разделить черноземы на отдельные фации (табл. 45).

Количество атмосферных осадков обеспечивает успешное произрастание травянистой растительности и ее высокую конкурентную способность по отношению к древесным растениям. Естественное увлажнение степной зоны обеспечивает успешное богарное (неорошаемое) земледелие, хотя в отдельные годы возможны засухи. Выпадающие осадки предопределяют периодически промывной водный режим почв, т. е. в отдельные влажные годы почва и кора выветривания промывается до грунтовых вод и освобождается от легкорастворимых солей и гипса. В годы с пониженным количеством осадков происходит промачивание почв только до определенной глубины без смыкания с грунтовыми водами. При таком водном режиме

Таблица 45

Фациальные биоклиматические условия черноземообразования в России

Фация	Сумма активных температур, >10 °С	Температура холодного месяца, °С	Глубина промерзания почвы, см	Годовая норма осадков, мм
Южноевропейская	3000–3600	–1...–5	0–40	400–660
Восточноевропейская	2000–3000	–7...–16	60–100	270–500
Западносибирская	1850–2300	–16...–18	150–170	300–360
Восточносибирская	1600–1800	–18...–20	300–250	300–400

карбонаты остаются в почве и коре выветривания, так как их растворимость в воде незначительная, в то же время почвенно-грунтовая толща часто освобождается от легкорастворимых солей и гипса. Карбонаты Ca и Mg предопределяют нейтральную и слабощелочную реакции среды.

Температурные условия определяют периодичность биологической активности биогеоценозов. Характерен период зимнего покоя (2–5 месяцев). Наибольшая активность живого вещества наблюдается в мае. Весенне-летне-осенний период обеспечивает длительный период вегетации растений и обилие ежегодно синтезируемой биомассы. Однако среднесуточные летние температуры, не превышающие 20°C, зимний покой, ранневесенняя и позднеосенняя прохладная погода не способствуют глубокому преобразованию минеральной части коры выветривания и почв, характерному для тропических и субтропических условий. Для степной зоны типично образование сиаллитной коры выветривания, обогащенной вторичными глинистыми минералами.

Почвообразующие породы в основном представлены лессовидными глинами и суглинками. В северных частях зоны встречаются покровные глины ледникового происхождения. Реже наблюдаются третичные глины, продукты выветривания различных горных пород.

Характерная черта практически всех почвообразующих пород — карбонатность. Содержание $CaCO_3$ в лессовидных отложениях 6–8%. Это влияет на характер почвообразования, предопределяя нейтральную реакцию почвенной среды, и создает благоприятные условия для развития травянистой растительности. Однако иногда встречаются и бескарбонатные глины и суглинки, на которых формируются своеобразные роды черноземов.

Биоценозы черноземных степей. Высокое плодородие черноземов было создано почти 10-тысячелетней предшествующей послеледниковой историей развития. Многие столетия они развивались в тесном экологическом единстве с буйной лугово-степной и степной растительностью.

Прошлый облик растительности степей представляется следующим образом. Наиболее красочна луговая степь со значительной долей разнотравья и бобовых. Широко распространены: пырей, мятлики, ковыли, степные овсы, костры, лядвенец, клевер, люцерна,

вьюнки, и многие другие. Растительность разнотравно-ковыльных степей составляли узколистные дерновинные злаки — ковыли, типчак, тонконог и другие с широким участием разнотравья. Характерны для степей однолетние эфемеры, отцветающие и отмирающие весной и многолетние эфемероиды, у которых после отмирания наземных частей остаются клубни, луковицы, корневища. Типчаково-ковыльные степи формировались в более засушливых условиях и характеризовались менее мощной и разнообразной растительностью, основными представителями которой являлись ковыли, типчак, тонконог, житняки, а из бобовых и разнотравья: донники, люцерны, шалфеи, зверобой, полынь австрийская и др. Меньшая фитомасса и проективное покрытие растительности типчаково-ковыльных степей, широкое участие в травостое эфемеров и эфемероидов, а также полыни — следствие заметного здесь дефицита влаги. Некоторые особенности растительности как фактора почвообразования:

Степная растительность образует сплошной травянистый покров, полностью скрывающий почвенную поверхность. Травы создают значительный объем биомассы, превышающий ежегодный прирост таежного леса в 3–5 раз. Основная биомасса сосредоточена в корневых системах растений (около 60–80%). Образно говоря, травы живут в основном в почвенной массе. Ежегодно синтезируемая биомасса отмирает на 95% в этом же году, т. е. практически полностью превращается в растительные остатки и поступает в биологический круговорот, подвергаясь минерализации и гумификации.

Примечателен химический состав травянистой растительности. Характерно высокое содержание белковых и других питательных веществ для травоядных животных веществ (углеводы, жиры и др.), что создает предпосылки для успешного существования первичных консументов.

Травянистая растительность накапливает в своей биомассе значительные количества зольных элементов (Ca, Mg, K, Na, P и др.). Высокая зольность обеспечивает полную нейтрализацию всех кислот, образующихся при минерализации и гумификации, что наряду с климатическими особенностями, создает нейтральную и слабощелочную реакцию почв, почвообразующих пород и грунтовых вод.

Высокое содержание протеина в растительных остатках и нейтральная реакция среды благоприятствуют жизнедеятельности микробных форм микроорганизмов.

Генезис и строение черноземов. Чернозем как тип почвообразования формируется в результате следующих ведущих процессов: дерновый процесс; образование и накопление гумусовых веществ (гумификация); выщелачивание и миграция простых солей; оглинивание почвенной массы.

Дерновый процесс наблюдается во многих почвах, однако наиболее ярко он проявляется в черноземах, особенно в типичных и обыкновенных, где охватывает мощную толщу почвы.

В черноземах процесс выщелачивания обязательно сопровождается явлениями вертикальной восходящей миграции солей в сухие периоды года. Это приводит к новообразованиям конкреций $CaCO_3$, $CaSO_4$ и легкорастворимых солей. Выщелачивание и миграция солей при непромывном водном режиме являются условиями формирования солевых иллювиальных горизонтов (белоглазка, гипс, легкорастворимые соли). Подобные условия характерны для каштановых почв, обыкновенных и южных черноземов. При периодически промывном водном режиме (черноземы оподзоленные, выщелоченные, типичные) складываются следующие условия: легкорастворимые соли и гипс вымываются за пределы почвы и коры выветривания, т. е. в грунтовые воды, а труднорастворимые карбонаты кальция остаются в профиле почвы и формируют иллювиально-десуктивный горизонт карбонатных новообразований (белоглазка, журавчики).

Главный генетический почвообразующий результат выщелачивания — формирование карбонатного профиля чернозема. Это карбонатный иллювиально-десуктивный горизонт B_{Ca} (C_{Ca}), образующийся ниже гумусовых горизонтов A+AB. Процессы выщелачивания сопровождаются растворением $CaCO_3$, переходом карбоната кальция в бикарбонат $Ca(HCO_3)_2$ и дальнейшим осаждением извести в форме мучнистых скоплений $CaCO_3$ (белоглазки) и твердых конкреций (журавчиков). Содержание $CaCO_3$ здесь достигает 12– 15%. Выше этого горизонта и глубже количество $CaCO_3$ снижается.

Следовательно, черноземы отличаются высокой карбонатностью, богатством извести в нижних горизонтах профиля. Почвенные растворы всегда насыщены $Ca(HCO_3)_2$. Для растений-ацидофилов условия неблагоприятные.

Карбонатность профиля черноземов генетически связана с карбонатностью материнских пород. Широко распространенные лессовидные

глины и суглинки всегда карбонатны, содержание в них $CaCO_3$ достигает 6–7%.

С процессами выщелачивания связано формирование в черноземах горизонта гипса и легкорастворимых солей B_{CsSa} (C_{CsSa}). Появляются друзы $CaSO_4$, прожилки легкорастворимых солей в слабозаметной форме и просто пропитка ими массы материнской породы. Образование иллювиального горизонта гипса и легкорастворимых солей происходит на глубине среднего многолетнего промачивания черноземов.

Строение черноземов. Все черноземы имеют общее генетическое строение профиля независимо от географического распространения.

А — гумусовый горизонт. Однородной темно-серой окраски иногда со слабым буроватым оттенком. Буроватый тон хорошо заметен только в южных черноземах. Интенсивность темного окрашивания увеличивается от южного чернозема через обыкновенные и типичные к выщелоченному тучному чернозему. В целинных и длительно залежных почвах могут формироваться горизонты A_0 (степной войлок) и $A_д$ (дерновый горизонт), имеющий прекрасную зернистую структуру без порошистых фракций. Горизонт А в пахотных черноземах разделяется на $A_{пах}$ (пахотный горизонт) и А (подпахотный горизонт). Пахотный горизонт, как правило, имеет разрушенную структуру. Она глыбистая после распашки под зябь, после зимы становится порошистой. Ценные зернистые и комковатые фракции или практически отсутствуют. Подпахотный горизонт сохраняет строение целинных вариантов чернозема;

АВ — гумусовый переходный горизонт. Однородное гумусовое темно-серое окрашивание ослабевает. Горизонты А+АВ определяют мощность гумусового профиля. Она изменяется в широких пределах от 40 до 150 см. Горизонт имеет хорошо выраженную комковатую структуру;

В (ВС) — переходный горизонт. Неоднороден по окраске, с преобладанием бурых тонов. Встречаются затеки гумуса, гумусовые пятна. Неоднородность окраски создается также интенсивной перерытостью землеройными животными, наличием червороин и кротовин, обилием прожилок и мицелия карбонатов;

B_{Ca} (C_{Ca}) — десуктивно-карбонатный иллювиальный горизонт с обилием конкреционных новообразований извести в виде

белоглазки, журавчиков и др. Общее накопление $CaCO_3$ достигает 10–14%. С глубиной количество извести уменьшается. Нижняя граница профиля чернозема определяется стабильным количеством $CaCO_3$, характерным для материнской породы;

B_{CsSa} (C_{CsSa}) — иллювиальный горизонт гипса и легкорастворимых солей. Он обнаруживается только в черноземах южных и обыкновенных. Хорошо промытые атмосферными осадками оподзоленные, выщелоченные и типичные черноземы этого горизонта не имеют;

С — почвообразующая порода.

Таким образом, общая мощность чернозема как типа почвообразования определяется горизонтами $A+AB+B+B_{Ca}+C_{Sa}$ или $A+AB+B+B_{Ca}$. Она простирается до материнской породы С и составляет у разных подтипов от 150 до 450 см. Самые мощные в мире черноземы наблюдаются в районе Краснодара. Это выщелоченные и типичные подтипы. Кроме общей мощности всего профиля, обозначают отдельно мощность гумусовых горизонтов, А+АВ, нижняя граница которых совпадает с содержанием гумуса около 1,0%. В быту мощность чернозема ассоциируется с мощностью гумусовых горизонтов. В классификации принято видовое разделение на маломощные, среднемощные, мощные и сверхмощные черноземы именно по мощности А+АВ.

Типовое строение чернозема характерно для рода обычные. Другие черноземы имеют те или иные отклонения.

Классификация и диагностика черноземов. Черноземы степей России по биоклиматическим особенностям разделяются на четыре фации; для некоторых специфичны экологические особенности земледельческого использования (табл. 46).

Черноземы южно-европейской фации характеризуются как почвы очень теплые, кратковременно и периодически промерзающие только в верхнем горизонте. Значительная толща чернозема в течение зимнего периода пребывает в активном состоянии. Это отличает их от всех других черноземов России. Территориально черноземы южно-европейской фации распространены в Краснодарском и Ставропольском краях, в Кабардино-Балкарии, Чечне, Ингушетии, Северной Осетии, на юго-западе Калмыкии и на юго-западе Ростовской области. За рубежом подобные черноземы встречаются в Молдавии, Румынии, Болгарии и Венгрии.

Таблица 46

Биоклиматическая оценка фаций черноземов по экологическим особенностям земледельческого использования

Фация	Основные направления земледельческого использования
Южноевропейская	Благоприятные условия для возделывания озимых и яровых хлебов, подсолнечника, сахарной свеклы, плодовых культур. Возможна промышленная культура укрывного винограда
Восточноевропейская	Благоприятные условия для озимых и яровых хлебов, сахарной свеклы, садов. Менее оптимальны для кукурузы и подсолнечника. Исключается промышленная культура винограда
Западносибирская	Исключаются из возделывания озимые хлеба, кукуруза, подсолнечник. Оптимальные условия для картофеля, яровых хлебов. Для садов условия неблагоприятные
Восточносибирская	Возможны яровые хлеба, картофель. Сады исключаются

Важнейшим фациальным генетическим признаком черноземов южно-европейской фации является внутрипочвенное оглинивание. В процессе почвообразования почвенная масса становится более глинистой, чем исходная материнская порода. Оглинивание генетически сближает южно-европейские черноземы с умеренно-влажными почвами субтропического ряда. Необходимо отметить еще одну также субтропическую экологическую особенность черноземов: на них возможна промышленная культура типично субтропического растения — винограда, чего практически нет на черноземах других фаций.

Фациальность черноземов проявляется в неоднородности их карбонатного профиля. Южноевропейская фация черноземов отличается повышенной карбонатностью. Известь присутствует уже в гумусовых горизонтах. Гумусовый профиль мицелярно-карбонатный, а содержание $CaCO_3$ в горизонте А+АВ является четким подтиповым диагностом при классификации черноземов этой фации.

По экологическим особенностям и потенциальному плодородию черноземы Предкавказья по праву считаются первыми в мире и превосходят черноземовидные почвы североамериканских прерий (бруниземы).

Черноземы восточно-европейской фации, находящиеся в центральных областях европейской России (ЦЧО), Поволжье, на Украине

и Северном Казахстане, относят к теплым промерзающим. В зимний период они пребывают в состоянии мерзлотного покоя. Главные фациальные черты характеризуются тем, что в сравнении с почвами южно-европейской фации они менее мощные и более гумусированные; миграционно-мицелярные новообразования карбонатов, как правило, отсутствуют, а горизонт белоглазки выражен четко и резко; оглинивание профиля не фиксируется, что связано с меньшей биологической активностью, из-за более холодного климата и большего периода промерзания зимой.

Специфика черноземов сибирских фаций определяется прежде всего термическими особенностями климата. Суровая зима, глубокое промерзание и позднее оттаивание, часто длительно сохраняющийся на глубине 2—3 м мерзлый слой, сокращенный вегетационный период приводят к тому, что активные биологические процессы протекают сравнительно короткое время и затрагивают небольшой почвенный слой.

Несмотря на краткость вегетационного периода, растительные остатки разлагаются полно, так как совпадение периодов наиболее высоких температур и наибольшего увлажнения способствует весьма активной микробиологической деятельности. Низкие зимние температуры благоприятствуют консервации гумуса и приводят к высокому его накоплению (8—12%) в гумусовом горизонте небольшой мощности. Состав гумуса гуматно-кальциевый; часто наблюдается повышенное содержание нерастворимого остатка. Для черноземов этой фации характерно наличие глубоких языков и карманов у нижней границы гумусового горизонта, проникающих иногда до глубины 100—150 см. Образование их связано с морозобойными трещинами, засыпанными материалом гумусовых горизонтов.

Другая особенность профиля черноземов этой фации, за исключением наиболее аридных форм, — глубинное оглеение, связанное с временным повышенным увлажнением в нижней части профиля, обусловленным наличием здесь длительно-сезонномерзлого слоя. В черноземах сибирских фаций горизонт гипса и легкорастворимых солей, как правило, отсутствует.

В пределах каждой фации тип чернозема разделяется на подтипы: оподзоленные, выщелоченные, типичные, обыкновенные и южные, за исключением восточно-сибирских длительно промерзающих

черноземов, где подтипы оподзоленных и типичных черноземов не фиксируются.

Фациальная специфика подтипов черноземов показана в табл. 47 и на рис. 10 и 11.

Состав и свойства черноземов. Общая особенность черноземов — гранулометрический и минералогический состав повторяет особенности почвообразующей породы. Гранулометрический состав практически не испытывает изменений в процессе почвообразования (табл. 48). Исключение составляет оподзоленные и выщелоченные черноземы восточно-европейской фации и оподзоленные южно-европейской в этих подтипах наблюдается элювиально-иллювиальная ослабленная дифференциация илистой фракции в профиле.

На обширных территориях преобладают черноземы легкоглинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического состава, в которых количество физической глины (частиц менее 0,01 мм) изменяется в пределах от 50–60%. Такие почвы относятся к категории тяжелых. Они имеют хорошие, оптимальные для растений свойства только при высокой зернистой, комковато-зернистой и комковатой структурности. При утрате структуры в пахотных горизонтах типична глыбистость, а при машинном уплотнении глубоких слоев черноземы могут проявлять признаки слитости.

Таблица 47

Фациальная специфика подтипов черноземов

Фации	
Восточноевропейская	Южноевропейская
Черноземы оподзоленные Профиль:	
A1+A1A2+ABJ+B+CCa	A1+A1A2+ABJ+BCa+CCa
Типична элювиально-иллювиальная дифференциация минеральной массы. Обязательна кремнеземистая присыпка на структурных агрегатах	
Типичен безгумусовый и безкарбонатный горизонт. В между гумусовым профилем A+AB и иллювиальным карбонатным горизонтом CCa	Безгумусовый горизонт B отсутствует: карбонаты присутствуют сразу ниже гумусового горизонта в BCa

Окончание табл. 47

Черноземы выщелоченные Генетический профиль:	
A+ABJ+B+CCa	A+AB+ BCa +CCa
Характерна элювиально-иллювиальная дифференциация минеральной массы (горизонт BJ). Между гумусовым горизонтом A+AB обязателен безгумусовый и безкарбонатный горизонт B. Преобладают среднемощные и мощные черноземы с содержанием гумуса 5–6%. Легкорастворимые соли и гипс в профиле отсутствуют	Дифференциация минеральной массы отсутствует. Безгумусовый и безкарбонатный горизонт B отсутствует: вскипание начинается в нижней части гумусового профиля. Преобладают сверхмощные черноземы с содержанием гумуса около 4%. Легкорастворимые соли и гипс в профиле отсутствуют
Черноземы типичные Генетический профиль:	
A+AB+ BCa +CCa	A+AB+ BCa +CCa
Преобладают мощные черноземы с содержанием гумуса 5–8%. Легкорастворимые соли и гипс в профиле отсутствуют	Преобладают сверхмощные черноземы с содержанием гумуса около 4%. Легкорастворимые соли и гипс в профиле отсутствуют
Черноземы обыкновенные Генетический профиль:	
A+AB+ BCa +CCa+CS	A+AB+ BCa +CCa+(CS)
Преобладают мощные и среднемощные черноземы с содержанием гумуса 5–6%. Вскипание от HCl начинается в горизонте AB. Иллювиальный горизонт гипса и легкорастворимых солей CS типичен	Преобладают мощные и сверхмощные черноземы с содержанием гумуса» 4%. Вскипание от HCl начинается с поверхности почвы. Иллювиальный горизонт гипса и легкорастворимых солей не типичен
Черноземы южные Генетический профиль:	
A+AB+ BCa +CCa+CS	A+ABt+ BCa +CCa+(CS)
Преобладают среднемощные черноземы (A+AB около 60 см) с темно-серой окраской профиля и содержанием гумуса 4–5%. Гипсовый горизонт типичен. Вскипание от HCl в средней части профиля, а у распахиваемых почв часто с поверхности	Преобладают мощные черноземы (A+AB — 90–100 см) с каштановой окраской профиля и содержанием гумуса около 2,5–3,0%. Гипсовый горизонт не типичен. Вскипание от HCl с поверхности почвы

Таблица 48

Состав и физико-химические свойства черноземов

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %								Поглощеные основания, мг.-экв/100 г		Насыщенность основаниями, %	pH
		Физ. глина, <0,01 мм	Ил, <0,001 мм	SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	$CaCO_3$	Гумус, %	Ca	Mg		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Восточноевропейская фация (Ахтырцев) Чернозем оподзоленный, Липецкая область													
$A_{пах}$	0–20	58,7	32,3	75,1	17,3	2,1	1,8	–	5,8	22,8	4,4	80	5,8
A_1A_2	40–50	57,4	33,5	74,5	17,2	2,2	1,6	–	5,3	21,6	3,2	80	6,1
A_2B_i	60–70	63,4	41,0	73,7	19,7	1,9	1,4	–	2,3	20,2	3,2	82	6,4
B_i	80–90	65,9	41,5	72,8	19,1	1,7	1,9	–	1,9	20,0	2,8	87	6,0
C	190–200	53,7	34,8	86,3	14,2	1,8	1,6	0,4	0,3	18,0	1,7	100	7,5
Чернозем выщелоченный, Липецкая область													
$A_{пах}$	0–20	60,6	29,4	73,9	16,7	2,2	1,6	–	6,4	28,9	7,6	80	6,7
A_1	20–30	60,8	30,6	73,7	17,0	2,0	1,3	–	4,9	28,1	6,1	80	6,8
AB_i	60–70	64,6	33,8	72,2	17,3	2,3	1,0	–	2,8	26,2	5,2	82	6,4
AB_i	80–90	69,6	34,4	72,6	18,2	1,9	1,7	–	1,8	25,4	4,3	84	6,5
B	100–120	65,4	33,9	72,2	17,9	2,0	1,5	–	0,9	17,3	4,1	88	6,8
C	190–200	61,0	32,0	76,0	19,3	1,9	1,4	0,6	0,5	16,3	4,0	100	7,4

Продолжение табл. 48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Чернозем типичный, Тамбовская область													
A	0–10	52,3	26,0	69,4	20,3	2,5	1,6	–	9,6	49,5	5,4	92	6,8
A	40–50	55,4	28,9	68,8	19,5	2,4	1,8	–	7,5	49,0	5,1	94	7,0
AA	60–70	58,1	28,0	68,4	19,5	2,7	1,6	–	5,7	44,8	5,7	99	7,4
AB	80–90	51,0	28,2	68,1	19,8	2,6	1,7	0,6	4,2	35,2	6,1	100	8,3
BC	100–110	59,3	28,4	68,1	18,3	2,3	1,6	4,7	2,3	24,0	10,2	100	8,3
$C_к$	120–130	56,4	28,0	68,5	18,8	2,4	1,9	10,3	1,0	16,4	13,1	100	8,5
Чернозем обыкновенный, Воронежская область													
A	0–10	65,5	29,1	70,2	19,5	2,5	1,7	–	7,0	34,2	3,5	97	7,0
AB	40–50	63,3	33,2	69,9	20,3	2,8	1,8	–	6,2	35,5	3,8	99	7,3
AB	60–70	62,7	32,8	70,3	20,7	2,9	2,9	5,4	5,8	33,1	3,9	100	7,8
BC	80–90	67,3	38,3	70,4	20,1	2,9	2,1	6,8	2,9	27,4	4,2	100	8,2
$C_к$	140–150	65,3	39,0	70,1	20,4	2,8	1,9	10,7	1,1	23,1	4,5	100	8,4
Чернозем южный, Ростовская область													
$A_{пах}$	0–20	62,2	32,1	70,8	20,4	1,8	1,6	1,0	4,8	25,1	4,8	100	7,8
AB	35–45	60,8	42,0	71,1	19,9	1,8	1,9	1,5	3,6	26,3	53,0	100	8,1
BC	60–70	67,2	43,3	70,0	20,3	1,9	2,3	12,7	3,0	23,2	10,0	100	8,4
$C_к$	190–200	65,0	40,8	73,5	18,8	1,9	2,2	13,8	1,3	22,4	11,6	100	8,0
Южноевропейская фация (Фиськов)													
Чернозем оподзоленный, Кабардино-Балкария													
$A_{пах}$	0–20	63	29	69,4	22,8	1,6	1,6	–	4,2	26,6	3,4	90	6,8
A_1	23–33	62	27	69,8	22,6	1,4	1,1	–	4,1	26,4	2,8	92	6,0

Продолжение табл. 48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
AB	42–52	67	36	67,8	24,0	1,8	1,3	–	2,1	27,0	3,0	95	7,0
B_1	70–80	68	37	67,1	24,8	2,1	0,9	–	1,5	23,8	2,8	95	7,0
B_2	95–105	67	38	67,2	24,0	2,1	0,8	–	1,0	–	–	100	7,0
C_{Ca}	190–200	68	34	67,3	22,9	2,3	0,9	4,3	0,5	–	–	100	8,0
Чернозем выщелоченный, Краснодарский край													
$A_{пах}$	0–27	69,9	42,6	67,7	22,2	2,3	0,4	–	4,5	30,1	10,2	94	6,7
A	45–55	70,1	42,9	67,9	22,3	2,1	0,4	–	4,1	31,0	11,2	93	6,6
AB_1	80–90	72,5	41,8	67,1	23,2	2,1	0,3	–	3,7	34,0	10,8	96	7,0
AB_2	147–157	70,6	40,8	67,5	22,4	2,1	0,3	–	2,3	33,0	8,3	95	7,3
B_{Ca}	185–195	71,2	40,4	67,8	22,4	1,9	0,4	2,8	1,2	39,0	14,3	100	7,8
C_{Ca}	225–235	73,2	40,2	67,7	22,2	2,2	0,4	5,3	0,7	28,0	14,0	100	8,1
Чернозем типичный, Краснодарский край													
$A_{пах}$	0–27	54,7	28,0	67,5	21,8	2,4	2,3	–	4,3	28,6	10,1	100	7,0
A	35–45	53,1	26,0	68,5	22,1	2,5	2,2	–	3,8	25,4	12,1	100	7,2
AB1	65–75	53,0	26,1	69,7	22,0	2,2	1,6	–	2,9	25,8	13,2	100	7,5
AB_2	95–105	54,2	26,3	69,0	20,3	2,3	1,8	4,9	2,3	25,5	13,0	100	7,8
B	118–128	53,8	25,1	67,8	20,8	2,1	1,9	8,0	1,4	24,0	11,3	100	8,1
C_{Ca}	175–185	55,1	25,4	69,0	21,8	3,2	2,3	11,4	0,5	24,4	10,0	100	8,1

Окончание табл. 48

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Чернозем обыкновенный (карбонатный), Краснодарский край													
$A_{пах}$	0–20	65,6	28,6	69,6	20,0	1,9	2,1	0,6	4,3	38,7	3,0	100	7,7
A	30–40	66,1	28,8	79,0	18,4	2,3	2,1	1,4	3,7	36,4	4,3	100	7,9
AB_1	60–70	67,9	35,8	69,0	20,5	2,6	2,3	3,2	2,9	35,1	4,1	100	8,0
AB_2	90–100	68,8	34,6	67,3	21,2	2,9	2,3	5,4	2,2	32,0	5,2	100	8,1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
B	130–140	68,1	32,9	68,9	19,4	2,8	2,4	7,3	1,1	28,2	6,4	100	8,2
C_{Ca}	170–180	63,6	33,2	68,8	19,5	2,8	2,4	14,1	0,6	20,1	10,3	100	8,4
Чернозем южный (каштановый), Краснодарский край													
АПАХ	0–27	51,9	30,0	69,8	20,1	2,1	1,8	2,7	2,0	28,1	6,4	100	8,1
A	37–47	51,3	29,5	70,0	20,8	2,4	1,9	3,3	1,7	27,3	6,5	100	8,3
AB_1	70–80	50,1	28,3	70,2	20,5	2,5	2,0	4,8	1,4	26,8	6,6	100	8,4
AB_2	100–110	49,8	26,9	69,6	20,6	2,7	2,3	7,0	1,2	25,3	7,1	100	8,4
B	130–140	49,3	26,2	68,6	20,6	3,1	2,4	8,2	0,6	24,8	6,8	100	8,4
C_{Ca}	170–180	47,6	25,3	66,5	21,2	3,4	2,3	14,3	0,4	14,3	7,0	100	8,5

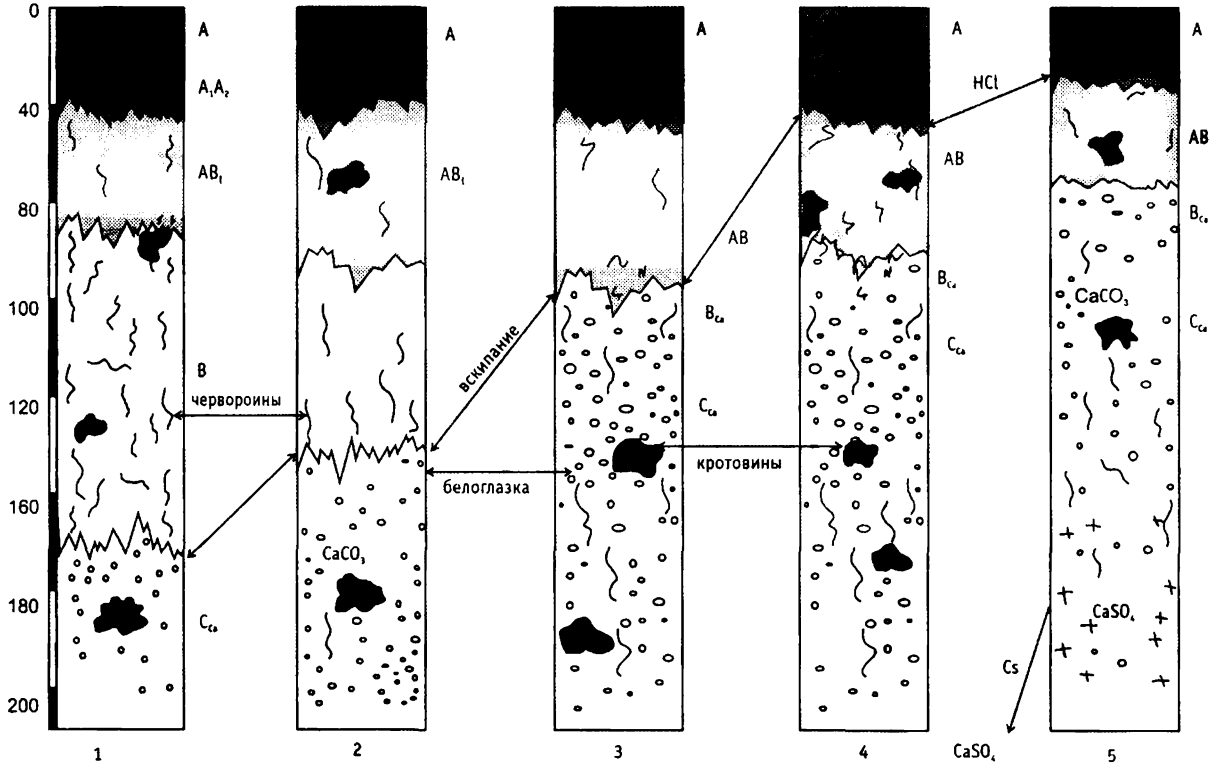


Рис. 10. **Строение черноземов восточноевропейской фации:**
1 — оподзоленный; 2 — выщелоченный; 3 — типичный; 4 — обыкновенный; 5 — южный

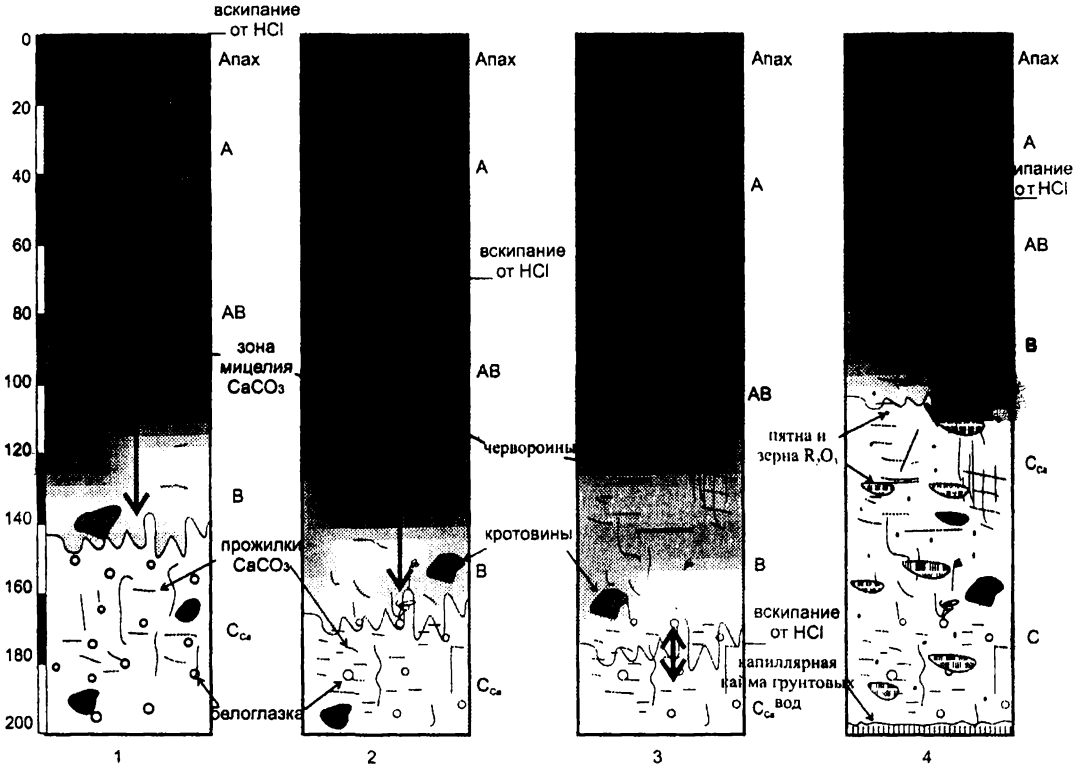


Рис. 11. **Строение черноземов южноевропейской фации:**
1 — чернозем обыкновенный (карбонатный); 2 — чернозем типичный; 3 — чернозем выщелоченный; 4 — черноземно-луговая почва

Тяжелые глинистые черноземы встречаются редко и приурочены не к лессовидным породам, а глинам другого происхождения. Не столь широко распространены черноземы легкосуглинистого гранулометрического состава.

Черноземы повторяют лессовидные свойства почвообразующих лессовидных глин и суглинков. В минералогическом составе черноземов преобладают первичные минералы. Из вторичных (высокодисперсных) минералов в большинстве черноземных почв встречаются минералы монтмориллонитовой и гидрослюдистой групп, в которых доминирует монтмориллонит. Имеются также черноземы, в илистой фракции которых превалируют минералы каолинитовой группы.

В илистой фракции черноземов содержатся также окристаллизованные полуторные окислы (гетит, гиббсит), аморфные вещества и небольшое количество высокодисперсного кварца.

Высокодисперсные минералы распределены по профилю равномерно. Различие в минералогическом составе черноземов связано с особенностями пород и условиями выветривания первичных минералов.

Валовой состав и карбонатный профиль черноземов. Однородность гранулометрического состава черноземов по всему профилю адекватна однородности валового состава и обусловлена однотипным составом как первичных, так и вторичных глинистых минералов.

Во всех подтипах, кроме выщелоченных и оподзоленного, наблюдается равномерное распределение по генетическим горизонтам SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3 (табл. 48) и других элементов, повторяющее особенности материнской породы.

Элювиально-иллювиальный характер распределения карбонатов кальция и магния обусловлен особенностями водного и термического режима черноземов и динамики углекислоты в почвенном воздухе и почвенном растворе. Весной, в период наибольшего развития нисходящих токов, происходит вымывание карбонатов. Однако оно не достигает глубины максимального промачивания, как это отмечается для легкорастворимых солей, а задерживается из-за очень слабой растворимости карбонатов кальция и низких концентраций углекислоты в почвенном воздухе и почвенном растворе, поскольку в это время в почве еще не протекают активные биологические процессы. Последующее повышение температуры усиливает дыхание корней и активизирует деятельность микроорганизмов, что приводит к увели-

чению концентрации углекислоты в почвенном растворе и большему образованию бикарбонатов, которые с восходящими токами начинают передвигаться вверх по профиле. Расход воды на испарение ведет к осаждению карбонатов и образованию иллювиально-десуктивного горизонта.

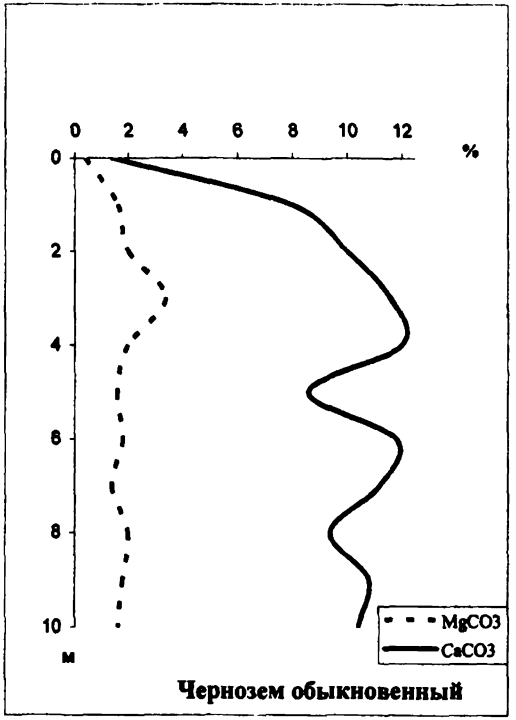
В оподзоленных и выщелоченных черноземах восточноевропейской фации свойственно абсолютное преобладание в профиле миграционных форм выделении карбонатов: налетов, выпотов, трубочек, прожилок и т. д. Стабильные формы карбонатов представлены журавчиками и располагаются под зоной миграционных выделений.

В черноземах обыкновенных и южных карбонаты в основном сегрегированы в рыхлые стяжения — белоглазку. Миграционные формы представлены в меньшей степени, и зоны их выделении располагаются как над зоной устойчивых форм, так и под ней. В обыкновенных черноземах формы выделений карбонатов наиболее разнообразны. В них присутствует большинство форм, наблюдаемых как в типичных и выщелоченных, так и в южных черноземах, хотя степень выраженности их меньше.

В черноземах сибирских фаций карбонатный горизонт выражен повсеместно мицелярными формами выделений. Характерны пропиточные и мучнистые пятна, изредка — белоглазка.

При изучении карбонатов в почвах почти всегда оперируют содержанием $CaCO_3$. В действительности исследование карбонатного профиля черноземов южно-европейской фации до глубины 10 м, показало, что свободные карбонаты распределяются примерно так: $CaCO_3$–80% и $MgCO_3$–20% (рис. 12). Это коррелирует с распределением в черноземах обменных Ca^{2+} и Mg^{2+}.

Содержание карбонатов в профиле черноземов отражает их фациальные, генетические, подтиповые и родовые различия. Например, в черноземах южно-европейской фации фациальным характером отличается миграция карбонатов в профиле черноземов, которая сопровождается образованием карбонатного горизонта ниже гумусового горизонта и выделением карбонатных новообразований миграционного типа (прожилки, мицелий, паутинка). Мягкая зима, слабое зимнее промерзание, глубокое промачивание почвы, длительный теплый период, чередование нисходящих и восходящих потоков влаги определяют значительную амплитуду миграции карбонатов по профилю и появление новообразований в форме мицелия, которые хорошо



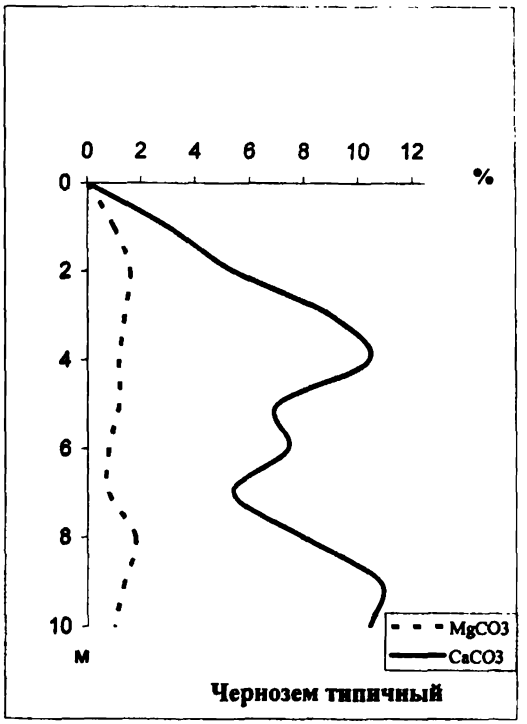


Рис. 12. **Карбонатный профиль черноземов Предкавказья в 10-метровом слое (Валяков, Токозов)**

наблюдаются на срезе высыхающей почвы. Карбонатный мицелий четко выражен на 20–30 см ниже линии вскипания и до начала выделений белоглазки. Мицелярные выделения карбонатов наиболее характерны для подтипов карбонатного и типичного черноземов.

Генетическая специфика содержания карбонатов отражается типично черноземным карбонатным профилем: отсутствие или малое содержание $CaCO_3$ в верхних горизонтах, постепенное увеличение количества карбонатов до иллювиально-десуктивного горизонта карбонатных конкреций и затем уменьшение их количества в материнской породе. Обычно карбонатный профиль фиксируется следующим количеством $CaCO_3$: начало вскипания от 10% HCl–0,3%, слабое вскипание — 0,3–2,0%), сильное вскипание и постепенное возрастание количества карбонатов — 2,0–8,0 (10,0)%, иллювиально-десуктивный горизонт скопления извести — 8,0 (10,0) — 10,0 (12,0)%, уменьшение количества карбонатов в материнской породе (лессовидных глинах и суглинках) до 8,0–10,0%о. Особенности материнских пород могут вносить свои коррективы в приведенный идеальный профиль распределения карбонатов, например, в черноземах остаточно-карбонатных и бескарбонатных.

Это особенность таксономического родового отличия черноземов. В содержании свободных карбонатов четко прослеживается различие у подтипов чернозема. Эта неоднородность карбонатного профиля выявляется, как в неодинаковой глубине начала появления карбонатов, так и в общем валовом содержании $CaCO_3$ в двухметровой толще почвы. Подсчет показывает, что в слое 0–200 см содержится $CaCO_3$ в пересчете на 1 м^2 у карбонатного — 260 кг, у типичного — 130 кг, у выщелоченного — 70 кг. Общие запасы карбоната кальция на гектар исчисляются тысячами тонн, достигая максимума в карбонатных черноземах.

Гумусовый профиль черноземов. Важнейшие свойство черноземов, их главнейшая генетическая черта — богатство гумусом особого биохимического состава.

Гумусовый профиль чернозема является продуктом степной и лугово-степной растительности, произрастающей в условиях оптимального увлажнения. Первичным материалом, из которого образуется мощный гумусовый горизонт чернозема, служит не только корнеопад, но и прижизненные корневые выделения степных трав типа клеящих органических веществ и содержащие минеральные элементы.

В химическом смысле черноземы можно считать наиболее совершенным почвенный органоминеральным новообразованием. Его компонент возможно приближается по своей химической структуре к индивидуальным химическим соединениям — настолько определенны его свойства, настолько однороден в пределах гумусового горизонта его состав и настолько резко он отличается от состава и структуры исходных растительных остатков. В составе гумуса чернозема абсолютно преобладают черные гуминовые кислоты (ГК), связанные с кальцием.

Среди ГК разных типов почв они отличаются максимальным содержанием Са, максимальной оптической плотностью, и в то же время максимальной растворимостью в воде. Фульвокислоты (ФК) почти не играют самостоятельной роли в формировании гумусового горизонта черноземов, будучи связанными в комплекс с ГК.

Тенденция различий в гумусовом составе по подтипам заключается в следующем: наиболее высокое содержание гуминовых кислот наблюдается в типичных черноземах, а в подтипах черноземов оподзоленных и южных количество фракций фульвокислот увеличивается.

Необходимо отметить также значительное участие в составе гумуса негидролизуемого остатка или гумина, почти 50% от общего количества органического вещества.

Характер гумусонакопления определяет внешний вид профиля. Интенсивность темного окрашивания увеличивается от южных черноземов к выщелоченным, от слабогумусных к тучным. В том же направлении уменьшается буроватый оттенок, который у выщелоченных среднегумусных и тучных черноземов почти не выражен. В горизонте В гумусовое окрашивание ослабевает, ясно наблюдаются буроватые и коричневые тона, однако общий тон окраски — однородный, нарушаемый только у карбонатных и типичных черноземов белесыми выделениями карбонатного мицелия и новообразованиями землеройющих животных. Горизонт В неоднородный по окраске, с преобладанием бурых тонов. У выщелоченных и оподзоленных черноземов наблюдаются затеки гумуса. У остальных подтипов в горизонте В неоднородность окраски создается интенсивной перерытостью, наличием червороин и кротовин, гумусовыми пятнами, обилием прожилок и мицелия карбонатов. Переходы между генетическими горизонтами постепенные.

Необходимо четко представить, что фиксируемое современное состояние гумуса в пахотных почвах далеко от истинного содержания в целинных черноземах (табл. 49). Как правило, дегумификации подверглось около 30 и даже 40% первоначального запаса органических веществ чернозема. На Азово-Кубанской равнине на старозалежных участках, которые можно встретить, например, около аэродромов, определение содержания гумуса показывает величины 5–7%, что близко к таковым, зафиксированным в конце XIX века В.В. Докучаевым.

Таблица 49

Градации содержания гумуса в пахотных черноземах европейской части России (по А.А. Зенину, И.П. Стокозову и др.)

Почва	Содержание, %				
	Очень низкое	Низкое	Среднее	Повышенное	Высокое
Восточноевропейская фация: Чернозем оподзоленный	< 4,0	4,1–4,5	5,1–6,0	6,1–7,0	> 7,0
Чернозем выщелоченный	< 5,0	5,1–6,0	6,1–7,0	7,1–8,0	> 8,0
Чернозем типичный	< 6,0	6,1–7,0	7,1–8,0	8,1–9,0	> 9,0
Чернозем обыкновенный	< 5,0	5,1–6,0	6,1–7,0	7,1–8,0	> 8,0
Чернозем южный	< 3,0	3,1–3,5	3,6–4,0	4,1–4,5	> 4,5
Южноевропейская фация: Черноземы выщелоченные, типичные и обыкновенные	< 3,5	3,5–4,0	4,1–4,5	4,6–5,0	> 5,0

Физико-химические свойства. Поглотительная способность черноземов отличается высоким уровнем: типичны величины для горизонта А 35–40 мг-экв. на 100 г почвы. Высокая емкость обмена определяется, главным образом, вторичными глинистыми минералами типа монтмориллонита, каолинита и минералов иллит-монтмориллонитовой группы. Поглотительная способность коллоидов органического происхождения не превышает 20% от суммы поглощенных катионов. Именно, примерно, на эту величину происходит уменьшение их количества по профилю черноземов. Высокая поглотительная способность — залог прочного, но обратимого закрепления катионов в структуре минеральных, органо-минеральных и гумусовых коллоидов. Поэтому

черноземы могут удерживать и отдавать растениям элементы-биофилы: K, Ca, Mg, Na и многие другие, в том числе необходимые растениям микроэлементы.

Однако есть и другая сторона экологической оценки высокой поглотительной способности черноземов. Они способны прочно закреплять надолго, если не сказать навечно, элементы-загрязнители — тяжелые металлы и радионуклиды. Поглощение этих элементов коллоидами исключает их из свободной водной миграции в ландшафтной среде. Однако корневые системы растений могут поглощать катионы загрязнителей, перераспределяя их в трофических цепях питания.

Благоприятен для общей экологической ситуации состав поглощенных катионов. На долю кальция приходится 80–90% от емкости поглощения, количество магния около 10%), натрия менее 3–5%. В выщелоченных и оподзоленных черноземах фиксируется незначительное количество водорода. Подобный естественно сложившийся расклад катионов гарантирует оптимальные агрохимические свойства черноземов, хорошие физические свойства и структурность профиля, а также реакцию среды, близкую к нейтральной.

Физические и водно-физические свойства черноземов. Все подтипы черноземов хорошо впитывают влагу выпадающих осадков. Это связано с хорошей оструктуренностью и оптимальными физическими свойствами, обусловливающими легкую фильтрацию гравитационной влаги. Механические элементы скоагулированы в прочные микроагрегаты, преобладающая часть которых по размеру относится к песчаной и крупнопылеватой фракциям, составляющим в сумме 65–80% от веса. Целинные почвы имеют зернистую (горизонт А) и зернисто-комковатую (горизонт АВ) структуры. Однако выраженность структурных агрегатов неодинакова. Она более четка у выщелоченных и типичных черноземов. Водопрочность структуры высокая.

Черноземы обладают высокой влагоудерживающей способностью, но характеризуются низким диапазоном активной влаги. Из общего количества почвенной влаги (750 мм), которую они способны удерживать в двухметровом слое почвы, только менее 50% относятся к категории активной или продуктивной влаги. Но и этого ее количества оказывается вполне достаточно для получения высоких урожаев сельскохозяйственных растений. Однако следует иметь в виду, что

указанный запас почвенной влаги в черноземах может находиться только при условии насыщения их до наименьшей влагоемкости на глубину не менее двух метров. Черноземы не всегда содержат в своем профиле такое количество влаги. Поэтому главной задачей земледелия является применение такой агротехники, которая направлена на максимальное накопление и рациональное использование осенне-зимних осадков.

Использование земельного фонда. Черноземная зона — важнейший земледельческий район страны. Половина пахотных почв представлена черноземами. Здесь выращивают зерновые, технические и масличные культуры: озимую и яровую пшеницы, кукурузу, сахарную свеклу, подсолнечник, лен-кудряш и многие другие. Это районы широко развитого животноводства и плодоводства. Черноземы занимают следующую долю в общей структуре земельных угодий нашей страны: пахотные почвы — 50%, сенокосы — 15%, пастбища и выгоны — 5%, леса и кустарники — 0,6%.

Важнейшая задача сельскохозяйственного производства на черноземных почвах — правильное использование их высокого потенциального плодородия, предохранение гумусового слоя от разрушения. Основные пути в решении этой задачи — рациональные приемы обработки, накопления и правильного расходования влаги, внесение удобрений, улучшение структуры посевных площадей, введение высокоурожайных культур и сортов, борьба с эрозией.

3.5.4. Бруниземы

Бруниземы или черноземовидные почвы прерий распространены на Центральных равнинах Северной Америки, к югу от Великих озер. Эти оригинальные почвы в разных частях своего зонального распространения граничат с серыми и бурыми лесными почвами и черноземами.

На Дальнем Востоке России, на террасах рек Зеи и Буреи, под лугово-степной злаково-бобово-разнотравной растительностью формируются почвы, близкие к бруниземам и называемые здесь лугово-черноземными почвами, а сами ландшафты известны как Амурские прерии. Почвы же контактируют с бурыми лесными.

Бруниземы связаны с умеренно-теплым и относительно влажным климатом. Типичные значения осадков 800–900 мм с колебаниями

в разных частях прерий от 600 до 1150 мм, температурой июля 25°, января около 0 °С. Приток влаги в прериях намного превышает самые влажные и теплые места черноземной зоны России, районы вокруг Краснодара, где количество выпадающих осадков около 650 мм.

Почвы не промерзают, морозные зимы редки, среднегодовая температура 8—12 °С. Коэффициент увлажнения около 1,0 и даже несколько выше для всего года и только в отдельные летние месяцы может опускаться до 0,7. Е.В. Рубилин назвал районы распространения бруниземов зоной «климатической луговости». И действительно, в естественном состоянии прерии были самыми высокопродуктивными травянистыми зональными биоценозами на Земле.

Растительный покров прерий отличается значительным участием двудольного разнотравья и равномерным развитием в течение лета, т. е. отсутствием периода покоя, вызываемого сухостью. Весь флористический состав прерий, начиная со злаковой флоры, чрезвычайно отличен от состава евроазиатских степей и общими являются только пырей, ковыль и аристида. Характерным доминирующим злаком является бородач. Все это пышное разнотравье образовывало густой сомкнутый покров, местами в рост человека и обеспечивало жизнь миллионным стадам бизонов.

Почвообразование в бруниземах определяют следующие процессы.

Гумусообразование с формированием фульватно-гуматного частично ненасыщенного основаниями гумуса, образующего мощный гумусовый профиль.

Выщелачивание легкорастворимых солей за пределы почвы и коры выветривания с остаточным накоплением $CaCO_3$ в нижних слоях и образованием иллювиального горизонта C_{Ca}.

Оглинивание средней части профиля брунизема по монтмориллонитовому типу с образованием иллита и высвобождением свободных окислов железа, придающих почвам буроватые тона. Типична также слабая эвювиально-иллювиальная дифференциация профиля по типу лессиважа. Все это формирует мощный переходный гумусово-текстурно-иллювиальный горизонт AB_{ti}.

Псевдооглеевые явления в средней и нижней части профиля, появление новообразований соединений железа и марганца мелкого конкреционного и пятнистого типа.

Профиль брунизема в обобщенном виде представляет горизонты: A_1 (0–45) + AB_{ti} (45–150) + B_g (150–180) + C_{Ca} (глубже 180 см).

Профиль типичного брунизема, не подвергавшегося распахиванию, представляет собой следующее: под слоем дернины располагается очень темно-бурый, почти черный, но с ясным буроватым оттенком, гумусовый горизонт A_1 мощностью около 30–40 см. Он имеет пороховидную или мелкозернистую структуру, несколько укрупняющуюся с глубиной. Ниже идет обычно темно-бурый, несколько уплотненный иллювиальный и текстурный горизонт B_{ti}, имеющий хорошо выраженную комковатую структуру, с глубиной структурные отдельности укрупняются; по граням структурных отдельностей окраска в некоторых разрезах значительно темнее, чем внутри них, что говорит о передвижении в этот горизонт растворимых гумусовых веществ из более верхнего слоя. Этот бурый, уплотненный, лишенный карбонатов горизонт доходит до глубины 150–160 см. В пределах горизонтов A_1 и B_t весьма обильны ходы червей. Некоторые почвы сплошь сложены капролитами червей, особенно в гумусовом и верхней части иллювиального горизонта.

На глубине 150–180 см в некоторых почвах прерий наблюдаются выделения карбонатов, но весьма часто карбонатный горизонт отсутствует и вскипание начинается лишь в материнской породе. Реакция слабокислая в верхних горизонтах, приближается к нейтральной (pH 6,6) в нижней части профиля. Распределение по профилю илистой фракции подвижного железа, а также железа и алюминия в валовом анализе указывает на слабое вымывание этих компонентов. Кальций, и в меньшей степени магний, также вымываются из верхних горизонтов. В верхней части профиля значительную долю в поглощающем комплексе (свыше 30% от суммы поглощенных катионов) составляет водород. Книзу степень ненасыщенности падает. Однако сколько-нибудь заметного разрушения поглощающего комплекса в бурозёмах не обнаруживается, так как по всему профилю сумма поглощенных катионов остается почти постоянной и высокой. Содержание гумуса в верхнем горизонте бурозёмов колеблется в широких пределах. В наиболее многогумусных почвах штатов Висконсин и Айова содержание гумуса 9–10%. В юго-западной части зоны бурозёмов в штате Миссури преобладают малогумусные бурозёмы, хотя и с глубоким проникновением гумуса по профилю.

$C_{ГК}$:$C_{ФК}$ близко к единице. В горизонте AB_{ti} содержание гуминовых кислот уменьшается при увеличении количества фульвокислот, связанных с R_2O_3.

Бруниземы обладают высоким естественным плодородием и широко используются в сельском хозяйстве. На этих почвах расположен так называемый «кукурузный пояс» США. Кукуруза и травы являются основой высокоразвитого молочно-мясного животноводства.

Очень часто прерии Великих равнин США приводят в качестве негативного примера повсеместной распашки бруниземов. В 30-е гг. прошлого века возникшие здесь пыльные бури поставили страну на грань национальной катастрофы. Глубокая научная обоснованность почвозащитного земледелия и землепользования, закрепленная строгим законодательством и государственным регулированием, позволило превратить земледельческие регионы прерий в экологически оптимальные ландшафты.

3.5.5. Каштановые почвы

К югу от черноземных степей простираются сухостепные пространства с каштановыми почвами: от низовий Дуная до Монголии и Китая. Каштановые почвы распространены на юге Молдавии и Украины, по побережью Черного и Азовского морей, в Восточном Предкавказье, в Среднем и Нижнем Поволжье, Казахстане, южной части Западной Сибири (Кулунда); отдельными массивами каштановые почвы встречаются и Средней Сибири (Минусинская впадина, Тувинская котловина) и Забайкалье. Встречается сухая степь на севере Испании и на западе США.

Условия почвообразования. Каштановые почвы формируются в сухом континентальном климате с теплым засушливым продолжительным летом и холодной зимой с незначительным снежным покровом. Средняя годовая температура воздуха 9°С в европейской и 2–3°С в азиатской части. Соответственно изменяется средняя температура января от -5 до -25° и июля от +20 до +25° С. Сумма температур выше 10° С составляет 3300–3500° в западной части зоны и 1600–2100° в восточной. Осадков выпадает мало: на севере зоны — 350–400 мм, в центре — 320–350 мм и на юге около 250–300 мм. Коэффициент увлажнения в южной части зоны составляет 0,25–0,30, в центральной — 0,30–0,35, в северной — 0,35–0,45. В наиболее засушливые

годы в летние месяцы резко снижается относительная влажность воздуха. Часты суховеи, оказывающие губительное влияние на развитие растительности.

Количество выпадающих осадков лимитирует развитие травянистой растительности. Незначителен объем фитомассы. Травы представлены засухоустойчивыми ценозами и не образуют сплошного покрова. Для него характерны низкорослость, комплексность и изреженность. Проективное покрытие обычно не превышает 70%. К югу с усилением засушливости климата и солонцеватости почв пестрота растительного покрова увеличивается.

В северных частях зоны растительность представлена типчаково-ковыльными степями, в состав которых входят различные виды злаков: ковыли, типчак, тонконог с примесью разнотравья. В Центральной части зоны преобладают полынно-типчаковые и полынно-типчаково-ковыльные степи. На юге — типчаково-полынные и полынно-типчаковые степи со значительной примесью эфемеров и эфемероидов. Среди них наибольшее распространение имеют мятлик луковичный, тюльпаны, ирисы, маки. Большое место занимают кустарники карагана, спирея. Последние особенно широко распространены в пределах Казахского мелкосопочника. На солонцеватых почвах произрастают типчак, различные виды полыни, а также разнотравье — прутняк, ромашник, грудница шерстистая, тысячелистник благородный. Климатические условия обусловливают резкую периодичность биологических циклов. Они подавляются зимой и затухают летом в периоды длительных засух.

Генезис, строение и классификация. До некоторой степени каштановые почвы формируют процессы, сходные с черноземами. Это касается дернового процесса, гумификации и выщелачивания. Однако количественно-качественная сторона данных явлений у каштановых почв имеет свою специфику. Дерновый процесс протекает в ослабленной форме по сравнению с черноземной зоной. Степень выраженности процесса связана с условиями увлажнения и резким сокращением участия травянистой массы. Значительно сокращаются ее структурообразующие и разрыхляющие функции. Гумификация и накопление гумуса также количественно ограничены малой мощностью гумусовых горизонтов, невысоким его содержанием и запасами. Однако сущность явлений гумификации повторяет черноземообразование с той поправкой, что в каштановых почвах значительна доля

участия фульвокислот. Если в верхней части гумусового горизонта гумус фульватно-гуматный, то в нижней — гуматно-фульватный. Запасы гумуса в профиле ограничены — 90–160 т/га. Мощность гумусового профиля не превышает 60 см.

Выщелачивание и миграция простых солей детерминируется господством непромывного водного режима. Все осадки от дождей и таяния снега остаются в профиле почв и не поступают в грунтовые воды. При этом все простые соли, существовавшие в материнской породе, а также образующиеся в результате минерализации высокозольных растительных остатков сухостепной растительности, остаются замкнутыми в пределах почвы и коры выветривания и имеют тенденцию постоянного накопления за счет внутрипочвенного выветривания первичных минералов. В результате явлений выщелачивания и миграции легкорастворимых солей в каштановых почвах формируются два четко дифференцированных солевых горизонта: карбонатный иллювиально-десуктивный (B_{Ca}) и иллювиальный горизонт простых солей и гипса (B_{CsSa}). Нижняя граница солевого профиля находится на глубине 150–200 см.

Солонцовый процесс в разной степени интенсивности и распространенности постоянно сопровождает каштановые почвы. При разложении растительных остатков, особенно полынных группировок, образуется большое количество щелочных солей, в первую очередь натрия. Это служит причиной развития солонцеватости. Наложение солонцового процесса на зональное проявление дернового процесса и гумификации — одна из важнейших особенностей в зоне каштановых почв. Солонцовый процесс обусловлен внедрением в почвенные коллоиды обменного натрия. Это приводит к образованию соды, почва приобретает щелочную реакцию, возникают свойства солонцеватости. Подвижность коллоидов в водной среде солонцеватых почв приводит к элювиально-иллювиальной дифференциации минеральной массы в гумусовых горизонтах. Каштановые солонцеватые почвы обедняются илом в горизонте А и обогащаются им в горизонте АВ.

Формирование комплексности почвенного покрова — характерная черта каштановых почв. Основные причины комплексности: микрорельеф, различный характер увлажнения и солонцового режима, солонцеватость почв, вынос землероями на поверхность засоленного грунта и, как следствие, пятнистая неоднородность почв и растительности. Как правило, главные составляющие комплекса таковы:

каштановые почвы, солонцы каштановые, лугово-каштановые почвы. Наиболее ярко комплексность проявляется в почвах восточно-европейской и казахстанской фации.

Явление оглинивания можно считать фациальной особенностью только каштановых почв Северного Кавказа. Проявляется оглинивание повышенным содержанием илистых частиц в почве по сравнению с материнской породой (табл. 50). Во всех каштановых почвах наблюдаются высокие коэффициенты накопления ила в горизонте В. Это явление не только следствие солонцеватости, так как повышенным содержанием ила характеризуются и не солонцеватые почвы. Кроме того, в большинстве случаев увеличение количества ила по сравнению с материнской породой происходит и в самом верхнем горизонте А, откуда при солонцовом процессе вымываются коллоидные частицы. Общая тенденция каштановых почв Северного Кавказа — в поверхностных горизонтах явления оглинивания более интенсивны, чем элювиальных вынос глинистых частиц вследствие солонцеватости. В табл. 50. каштановые почвы Восточного Предкавказья сравниваются с почвами Поволжья (умеренная восточноевропейская фация).

Таблица 50

Содержание ила и показатели оглинивания в каштановых почвах

Горизонт	Типичные значения	$\frac{< 0{,}001}{< 0{,}01}$	Коэффициент оглинивания	Накопление (+), вынос (–) ила по отношению к материнской породе	
				в %	в кг/м^2
Предкавказье					
A	12,1–26,5	0,41	1,00	8	1
B	14,8–28,6	0,46	1,12	22	11
BC	16,7–33,9	0,59	1,43	42	23
C	11,4–24,2	0,41	1,00	—	—
Поволжье					
A	26,6–29,6	0,49	0,81	–19	–22
B_1	27,5–37,3	0,56	0,93	0	2
B_2	33,1–38,8	0,65	1,08	11	17
C	26,6–38,2	0,60	1,00	—	—

У последних количество ила в профиле в сравнении с материнской породой не увеличивается. Некоторое обогащение илистыми частицами горизонтов B_1 и B_2 компенсируется убылью из верхнего горизонта A_1, то есть наблюдается только перераспределение ила в профиле.

Тип каштановых почв состоит из следующих генетических горизонтов:

А — гумусово-аккумулятивный горизонт каштанового цвета с сероватым или коричнево-серым оттенком. В естественном состоянии структура мелкозернисто-порошистая, часто с поверхности слоеватая. При распашке становится глыбистой и порошистой. Мощность горизонта 15–30 см.

АВ — гумусовый переходный горизонт светлее предыдущего, серобуроватый, каштановый с признаками призмовидности. Обычно вскипает от HCl. Нижняя граница горизонта 45–60 см.

В — переходный горизонт неоднородно-окрашенный с гумусированными пятнами и языками. Неоднородность окраски усиливается пятнами кротовин, гумусированными ходами червей и новообразованиями карбонатов. Мощность горизонта около 10 см.

B_{Ca} (C_{Ca}) — иллювиальный десуктивно-карбонатный горизонт, пропитан карбонатами кальция. Новообразования карбонатов выделяются в виде обильной белоглазки, прожилок или мучнистых скоплений. Нижняя граница горизонта прослеживается до глубины 100–150 см.

B_{Cs} (C_{Cs}) — иллювиальный горизонт скопления гипса и легкорастворимых солей. Выделения карбонатов редкие. Гипс в виде друз, гнезд, прожилок. В нижней части горизонта могут появляться выделения легкорастворимых солей. Нижняя граница профиля расположена на глубине 180–250 см.

С — материнская порода различного генезиса.

Следовательно, тип каштановых почв определяют гумусовые горизонты А+АВ и солевые горизонты $B_{Ca}+B_{Cs}$. Мощность гумусового профиля всего около 50 см, профиля почвы в целом около 200 см.

В эколого-генетической классификации тип каштановых почв разделяется на подтипы в соответствии с содержанием гумуса и мощностью гумусовых горизонтов: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые почвы (рис. 13). Наиболее распространены роды: обычные, карбонатные, солонцеватые, солончаковатые.

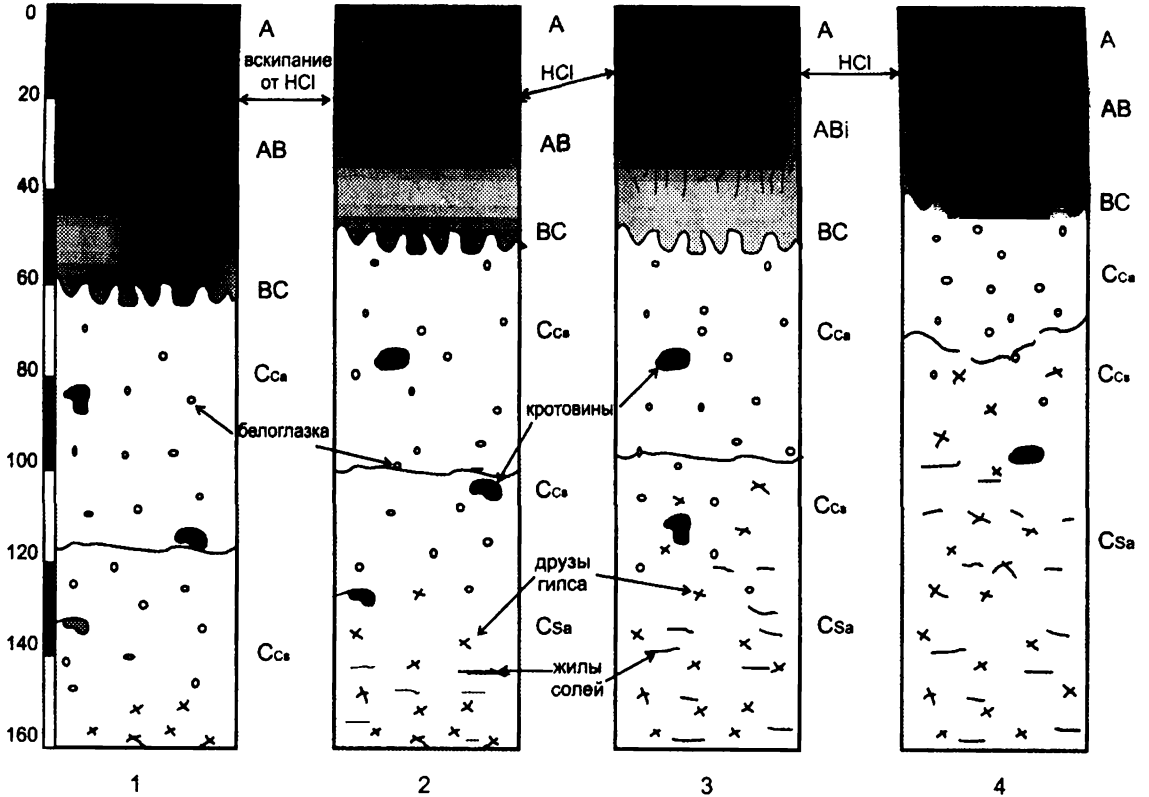


Рис. 13. **Строение каштановых почв:**

1 — темно-каштановая; 2 — каштановая; 3 — каштановая солонцеватая; 4 — светло-каштановая

Таблица 51

Состав и физико-химические свойства каштановых почв

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %							pH	Емкость обмена м.экв/ 100 г.	Обменный Na, % от ЕКО
		Физическая глина < 0,01 мм	Ил, >0,001 мм	SiO_2	R_2O_3	$CaCO_3$	Гумус	SO_3			
Каштановая почва, Ростовская область											
A	0–10	59,4	38,1	67,8	20,3	Нет	2,8	0,2	7,8	19,4	3,0
AB	35–45	60,8	39,9	65,7	22,1	0,8	1,4	0,2	8,3	19,0	4,5
C_{Ca}	60–70	55,5	37,3	66,2	21,9	12,3	0,6	1,6	8,0	18,3	4,0
C_S	110–120	53,9	35,6	67,0	22,0	11,0	0,5	5,7	7,5	17,4	4,9
Каштановая солонцеватая почва, Ростовская область											
A	0–10	50,3	30,3	69,7	17,0	Нет	2,6	0,8	7,9	19,9	4,5
AB	35–45	55,6	38,3	65,9	18,9	0,5	1,9	1,2	8,9	26,4	10,2
C_{Ca}	60–70	51,6	35,5	64,0	18,0	14,2	0,5	2,4	8,1	23,6	4,4
C_S	120–130	47,8	31,0	64,4	17,8	13,5	0,4	6,3	7,4	24,0	2,0

В субстантивно-генетической классификации почв тип каштановых почв сохранил свое название — каштановые почвы. Вместе с тем классификация дополняется новым типом — агрокаштановые почвы. Он диагностируется по наличию в верхней части профиля гомогенного агрогенно-преобразованного горизонта, имеющего характерный серо-коричневый цвет и глыбисто-комковато-пылеватую структуру. Существовавшее более столетия разделение типа на светло-каштановые, каштановые и темно-каштановые не предусматривается. Предполагается разделение типа каштановых почв на следующие подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, поверхностно-турбированные.

Следовательно, в подтиповую номенклатуру вошли прежние родовые названия — солонцеватые, засоленные (солончаковатые), а подтип поверхностно-турбированных каштановых почв — это только что распаханная целина.

Состав и свойства. Для типичных каштановых почв характерно равномерное распределение илистой фракции по всему профилю. В солонцеватых разновидностях наблюдается заметное ее перемещение из верхнего горизонта в горизонт В. Чем сильнее выражена солонцеватость, тем более заметна дифференциация профиля по содержанию ила (табл. 51). В илистой фракции каштановых почв преобладают минералы монтмориллонитовой группы и гидрослюды в разных сочетаниях. В небольшом количестве имеются гетит, гиббсит, встречаются минералы каолинитовой группы.

В крупных фракциях находятся преимущественно кварц, полевые шпаты, слюды и роговые обманки.

Валовое содержание кремнекислоты в каштановых почвах по всему профилю одинаково. Незначительное скопление ее по сравнению с нижними горизонтами отмечается в горизонте А; более высокое содержание кремнекислоты в этом горизонте отмечается в солонцеватых каштановых почвах. Содержание полуторaокислов определяется степенью солонцеватости. В каштановых солонцеватых почвах и тем более в сильно-солонцеватых отмечается заметное увеличение полуторaокислов в горизонте В.

Каштановые почвы — малогумусны, а содержание органического вещества в горизонте А является критерием разделения их на подтипы (табл. 52).

Поглотительная способность каштановых почв характеризуется величинами 20—30 м.-экв. на 100 г почвы. В основном она обусловлена

Таблица 52

Разделения каштановых почв на подтипы по содержанию гумуса

Подтипы	Гумус в % в горизонте А	
	Глинистые и суглинистые почвы	Легкосуглинистые и супесчаные почвы
Темно-каштановые	3,2–4,0	2,5–3,0
Каштановые	2,2–3,2	1,5–2,5
Светло-каштановые	1,5–2,2	1,0–1,5

глинистыми минералами почвенного поглощающего комплекса, так как каштановые почвы малогумусны. В составе поглощенных катионов преобладает кальций, в солонцеватых почвах содержание обменного натрия превышает 15%.

Экологически каштановые почвы абсолютные поглотители и накопители загрязняющих веществ (тяжелые металлы, радионуклиды, пестициды и другие) при суглинистом и глинистом гранулометрическом составе, так как глубина промачивания является барьером, препятствующим миграции веществ в ландшафтной среде. Высокая поглотительная способность почв подавляет миграционную способность загрязнителей.

Резкое перераспределение по профилю претерпевают карбонаты и сульфаты. Максимальное скопление $CaCO_3$ наблюдается ниже гумусового горизонта, а гипса и сопутствующих ему легкорастворимых солей — на глубине 1,5—2,0 м. Глубже атмосферная влага не проникает. Почвообразующая порода отличается постоянной влажностью в разные периоды года. Каштановые несолонцеватые почвы содержат очень мало водорастворимых солей по всему профилю. Плотный остаток водной вытяжки в верхнем горизонте не превышает 0,1%. Накопление солей наблюдается на глубине 120—160 см. В составе их преобладают сульфаты щелочных и щелочноземельных металлов. Каштановые почвы, развитые на третичных засоленных породах, характеризуются, как правило, сульфатно-хлоридным типом засоления. Более глубокое залегание солевых горизонтов имеют темно-каштановые и наименьшее — светло-каштановые почвы. В пределах каждого подтипа глубина залегания солевых горизонтов уменьшается с повышением степени солонцеватости и утяжелением гранулометрического состава.

Присутствие в глубоких горизонтах каштановых почв скоплений легкорастворимых солей — постоянная угроза интенсивного вторичного засоления при неправильной системе орошения.

Реакция среды каштановых почв слабощелочная в горизонте А. Щелочность возрастает в горизонте АВ, особенно при солонцеватости. Присутствие гипса в горизонте C_{Cs} подавляет щелочные свойства почвенного раствора.

Использование земельного фонда сухих степей. Сухостепная зона в значительной части представлена землями сельскохозяйственного назначения, среди которых преобладают пастбища и сенокосы, а площадь пашни составляет около 30% от земель зоны и около 10% от всей пашни России. Пахотные земли расположены преимущественно на темно-каштановых почвах, а пастбища — на светло-каштановых.

Основные возделываемые культуры — твердая пшеница, просо, подсолнечник, бахчевые и другие. Земледелие степей Юга России испытывает острый недостаток влаги при высоком земледельческом риске. Неудовлетворительны почвы для садов, непригодны для виноградников. Плохо растет картофель. Однако каштановые почвы Предкавказья имеют уникальный экологический оптимум для виноградников с высоким качеством продукции.

Лучшими пахотными землями в условиях сухих степей являются темно-каштановые почвы, солонцеватая комплексность которых менее 10%.

Солонцеватые почвы с высоким участием солонцов должны использоваться как пастбища с созданием на них хорошего травостоя из засухоустойчивых и солеустойчивых культур (донник, люцерна, житняк и др.) В зоне сухих степей сельскохозяйственные культуры часто страдают от засухи и суховеев. Успешное земледелие возможно здесь при условии дополнительного влагонакопления на полях путем *снегозадержания* и *особых приемов агротехники*, включающих *чистые пары*, *глубокую зяблевую вспашку*, глубокое *безотвальное рыхление*, а также посев *кулис* из высокостебельных культур.

В связи с широким распространением легких каштановых почв борьба с *ветровой эрозией* играет первостепенную роль. На этих почвах необходимо широко внедрить почвозащитную систему земледелия, включающую обработку почвы плоскорезами, кулисные пары, посев по стерне специальными сеялками.

Острая проблема современности — опустынивание сухих степей, что связано с чрезмерной пастбищной перегрузкой овцами. При этом деградирует растительность и почвенный покров. Непременно должны быть научное рациональное землеустройство, поверхностное и коренное улучшение кормовых угодий.

3.5.6. Бурые полупустынные почвы

Бурые полупустынные почвы — компонент ландшафтов пустынно-степной зоны. Эта зона распространена на северном побережье Каспийского и Аральского морей, в южной части Казахстанского мелкосопочника, на крайнем северо-западе и на подгорных равнинах Джунгарии, Монгольского Алтая и Тянь-Шаня. Обширные пространства пустынно-степные ландшафты занимают в Гоби. На Южно-Американском континенте пустынно-степная зона представлена Аргентинской Патагонией. На территории России природные экологические системы полупустынь или пустынных степей присутствуют только в Предкавказье и южном Поволжье и входят в основном в состав территориального округа Юг России.

Условия почвообразования. Характерная особенность климата — сильная континентальность и засушливость. Количество осадков колеблется по годам от 125 до 250 мм, около трети их выпадает летом. Испаряемость в 4–5 раз превышает осадки и составляет около 700–900 мм. В почве создается резкий дефицит влаги. Зима короткая, холодная, с сильными ветрами и буранами, малоснежная. Весна короткая, сухая, лето длинное, жаркое и сухое. Температура наиболее теплого месяца 20–27 °С, наиболее холодного — −10 + −15 °С. Средняя годовая температура 6–7 °С. Длина безморозного периода 160–190 дней. Сумма эффективных температур (выше 10 °С) 3000–3700°.

Разнообразие геологического строения и рельефа, от низменностей и равнин до плоскогорий и горных территорий создает крайнюю генетическую и литологическую неоднородность материнских пород, включая лессовидные, морские, элювиальные, делювиальные, щебнистые, засоленные и т. д.

Растительный покров беден по видовому составу и очень изрежен. Проективное покрытие не более 30–40%, местами сомкнутость травостоя еще реже и не превышает 20–30%. Более густой травостой встречается лишь на пустынно-степных супесчаных и песчаных по-

чвах, как правило, менее солонцеватых и отличающихся более благоприятным водным режимом. На этих почвах произрастают полынь песчаная, тмин песчаный, молочай Жерарда, житняк пустынный, типчак и различные астрагалы.

На суглинистых почвах господствуют полынные, типчаково-полынные, полынно-биюргуновые и биюргуново-кокпековые ассоциации со значительной примесью эфемеров и эфемероидов. Среди травостоя преобладают различные виды полыней, прутняк, камфоросма, кокпек, биюргун, ромашник.

Генезис, строение и классификация. Диагностические черты бурых полупустынных почв определяют следующие почвообразовательные процессы:

Дерновый процесс вследствие изреженной злаково-полынной растительности выражен крайне слабо. Комковато-зернистого структурообразования практически нет.

Выщелачивание и миграция солей Ca, Mg, Na, K и других с образованием карбонатно-десуктивного горизонта белоглазки B_{Ca}, иллювиального горизонта гипса и легкорастворимых солей BC_{CsSa}+C_{CsSa}. С карбонатными миграциями связано образование на поверхности почвы крупнопористой корочки мощностью 2—4 см. Выщелачивание и миграция солей проявляются при непромывном водном режиме до глубины годового промачивания, не превышающей 70 см.

Образование и накопление насыщенного Ca, Mg фульватного гумуса (Сгк: Сфк менее 1,0). Проявляется процесс крайне слабо. Количество гумуса всего около 1—2% при мощности гумусовых горизонтов 20—30 см.

Слабое развитие солонцеватости и комплексности почвенного покрова.

Профиль бурой полупустынной почвы образуют два основных горизонта: гумусовый слабо выраженный A+B мощностью около 35 см, причем собственно горизонт очень слабого накопления гумуса составляет всего 15 см; ниже горизонт аккумуляции $CaCO_3$, $CaSO_4$ и легкорастворимых солей B_{Ca}+BC_{CsSa}+C_{Sa}.

Типичный профиль бурой полупустынной почвы имеет следующее строение:

A — гумусовый светло-серого цвета, мощностью 12—15 см;

B — переходный бурый почти без заметных следов гумификации. Нижняя граница на глубине 30—40 см;

B_{Ca} — карбонатный, иллювиально-десуктивный с новообразованиями белоглазки;

BC_{Cs} — иллювиальный гипсовый;

C_{CsSa} — иллювиальный горизонт гипса и легкорастворимых солей.

Общая мощность почвы около 60–70 см.

Подтипы среди бурых полупустынных почв не выделяются. Однако почвенно-растительные комплексы пустынной степи своеобразны и строго приурочены к меняющимся классификационным признакам подразделения бурых полупустынных почв на роды:

обычные — формируются на суглинках со злаково-белополынной растительностью;

слабодифференцированные — супесчаные почвы под эркеково-белополынными фитоценозами. Корочка и слоевато-чешуйчатая структура отсутствуют. Незначительны выделения гипса и карбонатов;

солончаковатые — отличаются повышенной засоленностью всего профиля. В растительности преобладают солянки;

солонцеватые — в горизонте В содержание обменного Na увеличивается до 10%, появляется глыбистость, слитость. В составе растительности преобладают биюргун и солянки.

В субстантивно-генетической классификации бурые полупустынные почвы названы бурыми аридными, которые разделены на подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, криптоглеевые, поверхностно-турбированные. К бурым аридным почвам предлагается отнести и подтип светло-каштановых почв.

Состав и свойства бурых полупустынных почв. Среди бурых полупустынных почв наряду с суглинистыми разновидностями широко распространены супесчаные. Характерная особенность гранулометрического состава — неравномерное распределение илистой фракции. Наибольшее количество ила обнаруживается в нижней части горизонта В, имеющего признаки солонцеватости.

Валовой анализ показывает также неравномерное распределение окисей SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, и др. Верхний горизонт А обеднен кальцием, магнием, полуторакисями. Отмечается некоторое накопление в нем SiO_2, а в гумусово-иллювиальном горизонте — Al_2O_3, Fe_2O_3. В карбонатном горизонте B_{Ca} наблюдается высокое содержание $CaCO_3$ (табл. 53).

Содержание гумуса в верхнем горизонте в песчаных и супесчаных разновидностях около 1%, в легкосуглинистых — 1–1,5% и в суглини-

Таблица 53

Данные анализов бурой полупустынной почвы (по Успанову, Стороженко)

Горизонт и глубина взятия образца, см	Гумус	CO_2 карбонатов	Емкость поглощения	Поглощенный натрий	Плотный остаток водной вытяжки	Ил (< 0,001 мм)
	%		м.-экв. на 100 г почвы		% от массы сухой почвы	
A_1 0–10	1,6	0,8	19,7	2,3	0,13	26,0
B_1 12–22	1,2	3,0	21,9	2,3	0,21	32,4
B_{Ca} 36–46	0,7	6,7	21,9	2,3	0,13	41,9
C_{Cs} 120–130	—	—	—	—	1,60	38,5

стых — 1,5–2,0%. Общие запасы его в полуметровом слое варьируют от 30–40 до 70–100 т на 1 га. Гумус бурых почв отличается большой подвижностью и упрощенным строением. Малая гумусированность бурых полупустынных почв и преобладание в составе гумуса фульвокислот обусловливают их бесструктурное состояние. Преобладающая часть бурых полупустынных почв в конце первого метра имеет водорастворимые соли, содержание которых резко возрастает на глубине 120–130 см и нередко достигает 1,5–2%.

Емкость поглощения бурых полупустынных почв низкая и составляет в супесчаных разновидностях 3–10 м.-экв., в легкосуглинистых — 10–15 и в суглинистых — 15–25 м.-экв. на 100 г почвы. В гумусово-иллювиальных горизонтах емкость поглощения выше по сравнению с верхним горизонтом, что связано с более высокой его дисперсностью и обогащенностью коллоидной фракцией. В составе поглощенных оснований преобладает кальций (60–80%) и магний (25–35%), имеется небольшое количество натрия.

Бурые полупустынные почвы слабощелочные (pH 7,3–8), щелочность возрастает в горизонте максимального скопления карбонатов (pH 8,0–8,5).

Бурые полупустынные почвы характеризуются неблагоприятными физическими свойствами, бесструктурностью, высокой плотностью иллювиальных горизонтов и низкой их водопроницаемостью. Небольшое количество осадков и малоудовлетворительные физические

свойства обусловливают ничтожные запасы влаги и небольшую глубину промачивания, которая обычно не превышают 50 см и только в отдельные, более влажные годы достигает 1 м.

Использование земельного фонда бурых полупустынных почв. Земли не земледельческого богарного использования. Основной фонд пастбищного овцеводства, в том числе и зимнего выпаса (черные земли). Главный потенциал жизнеобеспечения сайгаков.

Бурые полупустынные почвы характеризуются низким природным плодородием. Освоение этих почв под посев сельскохозяйственных культур возможно только при орошении. При этом особое внимание надо уделять разработке системы агротехнических и мероприятий, предусматривающей предотвращение вторичного засоления, осолонцовывания и проявления ветровой эрозии, сильно развитой в полупустынной зоне.

Наиболее пригодны к освоению при поливе бурые полупустынные несолонцеватые и слабосолонцеватые незасоленные почвы, расположенные более или менее однородными массивами. При близком залегании пресных грунтовых вод в почвах легкого гранулометрического состава их можно использовать под бахчевые и овощные культуры. Большое количество тепла позволяет при орошении выращивать на бурых почвах многие ценные культуры.

3.6. ПОЧВЫ СУБТРОПИЧЕСКОГО ПОЯСА

Субтропики занимают обширные площади континентов Земли. Это южная Европа и Северная Африка, Центральная Америка, южная часть Северной Америки. Огромные площади субтропиков сосредоточены на азиатском континенте: Передняя и Центральная Азия, Центральный и Юго-восточный Китай. В Южном полушарии Земли субтропические территории встречаются в Австралии, Африке и Южной Америке.

В России после распада СССР субтропики остались только на Черноморском побережье и в Дагестане. Здесь они протягиваются узкой полосой от г. Туапсе до границы с Абхазией (р. Псоу), занимая прибрежные участки и низкие горы до высоты 300 м. Небольшие площади сухих субтропиков встречаются в Дагестане и в районе Новороссийска, Анапы. Площадь их крайне невелика, но тем выше их земельная, экологическая и биоклиматическая ценность.

Субтропический биоклиматический пояс Земли характеризуется суммой положительных температур более 10°С от 3000 до 7000°С. Условия увлажнения, определяющие реализацию энергетического потенциала, варьируют в очень широких пределах: от почти безосадочных территорий в Сахаре (5–10 мм) до уникально влажных предгорий Гималаев в Индии (более 10000 мм). Разнообразие условий увлажнения и их сезонная неоднородность, присутствие гор и плоскогорий создают широкую гамму природных зон и ландшафтов.

3.6.1. Красноземы и желтоземы

Условия почвообразования. Красноземы и желтоземы — одни из преобладающих на Земле почв (около 19% суши). В России влажные субтропики распространены по Черноморскому побережью Кавказа, от Туапсе до границ с Абхазией, на высотах до 300 м над уровнем моря. Далее субтропики простираются в Грузии до Батуми и Поти. В Колхиде субтропический пояс поднимается в горы до высоты 600–700 м. Особенно большие площади влажных субтропиков представлены в Юго-Восточной Азии, в Китае, Южной Корее. Встречаются

они также в южной части Северной Америки, на юге Австралии, в предгорьях Гималаев. Основной климатический показатель в условиях субтропического биоклиматического пояса — высокое количество атмосферных осадков, 1500–5000 мм, а иногда и более. Коэффициент увлажнения более 1,0–1,5. Это предопределяет промывной водный режим в почвах и корах выветривания. Следовательно, все, что растворяется, выносится фильтрующимися водами за пределы почвы, в грунтовые воды, и далее в родники, ручьи, реки. Вся кора выветривания, включая почвы, освобождается от легкорастворимых солей, карбонатов и гипса. Углекислота, растворенная в воде, при отсутствии оснований создает условия к подкислению почв и почвообразующих пород.

В Юго-Восточной Азии развиваются смешанные леса из листопадных и хвойных пород с примесью вечнозеленых форм. На месте вырубленных лесов растут высокие травы. Среди древесных пород наиболее обычны: земляничное дерево, японская береза, черная японская ольха, горное гинкго, клен, дуб, каштаны, ликвидамбра, грецкий орех и др.; из хвойных деревьев — юньнаньская сосна, горная китайская сосна, ель, криптомерия. Широко распространены заросли бамбука. В австралийских лесах господствуют эвкалипты и акации, а в Южной Америке хвойные деревья — араукарии и мате. На Черноморском побережье в зоне влажных субтропиков представлен многопородный лиственный лес с вечнозеленым подлеском. Древесный ярус: бук, каштан, граб, дуб. В подлеске встречаются лавровишня, понтийский рододендрон, падуб, на опушках — колючие лианы, азалии, ежевики.

Особенности биологического круговорота веществ во влажном субтропическом лесу определяются интенсивной биологической активностью, которая замедляется только в зимний относительно прохладный сезон. Характерно обилие ежегодно синтезируемого органического вещества, количество которого уступает только постоянно влажным дождевым лесам тропиков. Практически весь растительный опад поступает на поверхность почвы. Однако органогенный горизонт (лесная подстилка) на поверхности почвы не образуется и носит фрагментарный характер. Коэффициент ее накопления составляет 0,2–0,3 годового опада, т. е. мезофауна и микроорганизмы при их высокой активности могли бы переработать в 3–5 раз больший объем органики, чем ее поступает в биологический круговорот ежегодно.

Генезис и свойства почв. Для желтоземов и красноземов характерны три основных группы почвообразовательных процессов:

1. Интенсивная минерализация лесной подстилки и гумусообразование с малым гумусонакоплением. Мощность гумусового горизонта всего 15—20 см, а запасы гумуса — до 150 т/га. Отношение $C_{ГК}$: $C_{ФК}$ составляет около 0,5. Разложение органического опада субтропического леса происходит в основном при участии грибной микрофлоры. Быстрота преобразования растительной органики при активном участии грибов способствует образованию гумусовых веществ фульватного типа, растворимых в воде, не закрепляющихся в почвенной массе. Поэтому гумусовые горизонты в почвах субтропического леса не формируются. Почвы имеют низкое агрономическое плодородие, которое обусловлено, наряду с низким гумусовым потенциалом, еще и интенсивным выносом избыточными дождевыми водами растворимых зольных элементов, которые оказались вне сферы биологического круговорота. При минерализации растительного опада, а минерализуется 80—90% его объема, зольные элементы в большинстве своем вновь поглощаются корневыми системами и идут на формирование биомассы леса. Только избыточная, причем незначительная часть, выходит за пределы биологического круговорота и попадает в грунтовые воды. Невысокая насыщенность основаниями почвенных растворов стабилизирует слабокислую реакцию почвенной среды.
2. Полное выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов при промывном водном режиме. В почвенном профиле отсутствуют горизонты накопления простых солей.
3. Аллитизация минеральной части по аллитсиамитному типу с накоплением вторичных минералов типа гетита, гиббсита, каолинита и иллита.

Главные составляющие почвенного покрова — красноземы и желтоземы. Само название этих почв определяет их облик. Накопление окислов железа и алюминия — главнейший результат. В литосфере, после кислорода и кремния, преобладающим элементом является алюминий, и затем железо. В связи с этим описываемые процессы чаще называют аллитизацией (Al-lito). Но употребляется также термин фераллитизация (Fe-Al-lito). Количественно эти явления определяют соединения алюминия. Однако внешний вид почв и кор

выветривания зависит от окислов железа, которые имеют красную и желтую окраску. В желтоземах присутствуют гидратированные формы окислов железа ($Fe_2O_3 \cdot nH_2O$), имеющие желтую окраску. В красноземах же преобладают безводные минералы (Fe_2O_3), которым присущи красно-бурые тона. Обычно желтоземы развиваются в более умеренных условиях субтропиков, с более низкими температурами. Образующиеся свойства аллитности (ферраллитности) включают красную и желтую окраску, прочную железистую микроструктуру, низкую поглотительную способность, слабую связность, пластичность и набухаемость.

Свободные окислы железа и алюминия и сопутствующие им вторичные алюмосиликаты (минералы каолиновой группы и гидрослюды) образуются в результате распада и преобразования первичных алюмосиликатов и силикатов. Полное преобразование этих минералов происходит только во влажных тропиках, где коры выветривания носят название аллитных. В субтропиках типичные аллитные коры выветривания и почвы не формируются. В гипергенных слоях, наряду с продуктами аллитизации, наблюдается и исходный материал — различные алюмосиликаты как первичные, так и вторичные, включая гидрослюды и монтмориллонит. Поэтому почвы и коры выветривания подобного типа называют сиаллиталлитными.

При формировании желтоземных и красноземных почв могут происходить: оглеение, псевдооглеение, оподзаливание, лессиваж, латеритизация (образование железистых конкреций и орштейнов). Разная степень их выраженности может приводить к формированию отдельных подтипов почв.

Существенным генетически определяющим является процесс аллитизации. Для красноземов и желтоземов характерно следующее строение профиля:

A_0 — лесная подстилка. Накопление растительного опада не происходит, он практически полностью разлагается в течение года;

A_1Bt — гумусово-метаморфический, серовато-желтый, неясно комковатый с точечными железисто-марганцевыми конкрециями. Мощность 15–20 см;

Bt_{Fe} — иллювиально-железистый метаморфический, ярко ферраллитизированный, желтый, плотный, практически бесструктурный, вязкий с железисто-марганцевыми новообразованиями. Общая мощность почвы 60–80 см;

BC (C) — элювий исходной породы с ясными следами ферралитного процесса (красные, желтые и бурые тона в окраске).

При участии процессов оподзоливания, лессиважа, латеритизации возможно формирование подзолисто-красноземных и подзолисто-желтоземных почв с элювиально-иллювиальной дифференциацией профиля:

A_0 — **лесная подстилка**. В связи с высокой биологической активностью лесного биоценоза накопление растительного опада не происходит;

A_1A_2 — **гумусовый и элювиальный**, палево-серого цвета, небольшой мощности (менее 10 см);

A_2 — **элювиальный**, белесовато-желтый, бесструктурный, мощность 10—15 см;

B_{Fe} — **иллювиально-железистый**, желто-бурый, часто пестроцветный с обилием железисто-марганцевых новообразований в виде пятен и конкреций. На террасообразных выраженных участках конкреционность приобретает латеритные формы. Мощность почвы 60—80 см.

C — материнская порода без карбонатов, глинистая или суглинистая с признаками ферралитизации.

Основные особенности химических свойств: малая гумусированность, кислая и слабокислая реакция среды, низкая поглотительная способность, присутствие в почвенном поглощающем комплексе ионов водорода, обогащенность минеральной массы почвы окислами железа и алюминия (табл. 54).

Таблица 54

Состав краснозема, Грузия

Горизонт	Глубина, см	Гумус, %	pH	Валовой состав, %				Поглощенные катионы, мг/экв на 100 г	
				SiO_2	R_2O_3	CaO	MgO	Ca+Mg	H
A_0A_1	0–8	6,0	4,2	35,9	48,8	0,6	0,9	13,3	12,1
A_1	13–26	5,2	4,7	35,3	45,6	0,5	1,2	19,4	8,2
AB	35–45	4,8	4,5	35,6	45,6	0,4	1,2	11,8	8,9
B_1	53–64	1,4	5,6	35,7	49,1	0,5	1,3	11,0	8,1
B_2	75–91	0,7	5,7	35,8	49,5	0,5	1,3	12,0	8,2
C	140–160	0,5	5,8	32,6	49,5	0,5	2,4	12,0	8,1

Классификация красноземов и желтоземов. Тип красноземных почв разделяется на два подтипа: красноземы типичные и красноземы оподзоленные.

Тип желтоземов представляют подтипы: желтоземы типичные, желтоземы оподзоленные, желтоземы глеевые и желтоземы оподзоленные глеевые.

В зоне влажных субтропиков встречаются тип подзолисто-желтоземных почв с подтипами: желтоземно-подзолистые почвы, подзолисто-желтоземные почвы и подзолисто-желтоземные латеритные почвы.

Использование земельного фонда. Красноземы и желтоземы имеют невысокое агрономическое плодородие. Они слабогумусированы и бедны важными для растений макроэлементами: кальцием, магнием, серой, фосфором, калием, азотом и многими микроэлементами и нуждаются в удобрениях, особенно органических. Растительное богатство субтропического леса — результат не плодородия почвы, а биологической специфичности лесной растительности, аккумулирующей и сохраняющей в биомассе комплекс элементов-биофилов.

Влажные субтропики — территории интенсивного сельскохозяйственного использования. Богатейшие субтропические леса трансформировались в сельскохозяйственные угодья, где возделываются рис, чай, цитрусовые, табак и др.

3.6.2. Коричневые почвы

Коричневые почвы приурочены к ксерофитным лесам субтропиков. Такие территории встречаются Средиземноморье, Малой Азии, Армянском и Иранском нагорьях, крайней северной части Африки, включая систему Атласских гор. На Северном Кавказе их можно встретить на территории Чечни, Ингушетии и Дагестана, в районе Геленджика, Новороссийска, Анапы. Ближайшие к России территории этих почв расположены в Средней Азии, Крыму.

Условия почвообразования. Ксерофильные леса субтропиков связаны с особым типом климата, который обычно называют «средиземноморским». Главная его особенность — сухое жаркое лето и прохладная влажная зима. Количество выпадающих осадков изменяется в пределах 600–2000 мм. Зимние температуры составляют 3–10°,

что определяет умеренное течение биологических процессов в почве и коре выветривания, которые по своей сущности свойственны умеренным широтам. Высокое же количество атмосферных осадков способствует выщелачиванию (вымыванию) легкорастворимых солей, переносу карбонатов кальция в нижние слои коры выветривания, однако не столь значительное как во влажных субтропиках. Известь накапливается в форме конкреционных новообразований. Летом, при температурах июля 22–26°, происходит иссушение почв, идет частичное подтягивание из глубоких горизонтов карбонатов, усиливая процессы их конкретизации. В целом водный режим средиземноморских территорий характеризуется как периодически промывной, сходный с таковым черноземных областей суббореального пояса. Реакция среды близкая к нейтральной и слабощелочной. Несмотря на высокие температуры летнего периода, из-за сухости сезона и нейтральной реакции среды аллитные процессы полностью подавлены и накопление свободных окислов железа и алюминия не происходит.

Редкие теперь первичные леса Средиземноморья обычно изрежены, с обилием травянистых растений. Древесный ярус образуют каменный дуб, ливанский кедр, граб, каштан с примесью дикой яблони, алычи, орешника, различных кустарников. Поступление органики в биологический круговорот, ее гумификация и минерализация были сбалансированы. Учитывая высокую активность фауны и микрофлоры, накопление неразложившихся остатков растений не происходит, а гумификация опада протекает с образованием мощных гумусовых горизонтов. Этому способствует высокая зольность растительных остатков и их обогащенность белковыми соединениями, нейтральная реакция среды.

Древность антропогенного использования аридно-гумидных субтропиков привела практически к полному исчезновению первичной растительности, а также богатой в прошлом фауны.

Генезис и свойства почв. Свойства коричневых почв, определяющие их высокое плодородие, формируются в результате следующих почвообразовательных процессов.

1. Образование и значительное накопление гуматного насыщенного кальцием гумуса. По гумусовому состоянию (мощность горизонтов, запасы органического вещества, его фракционный состав) коричневые почвы близки к черноземам. Однако, в отличие от черных и темно-серых фонов окраски последних, в коричневых почвах преобладают

светлые тона, что и прослужило причиной их названия в генетическом почвоведении.

2. Интенсивное внутрипочвенное оглинивание, протекающее в нейтрально-слабощелочной среде. При этом происходит распад первичных и образования вторичных глинистых алюмосиликатов. Почвы становятся более глинистыми, чем материнская порода, а в почвенные растворы обеспечен постоянный приток растворимых и нужных растениям зольных элементов. Оглинивание профиля почвы вызывает образование метаморфического горизонта B_t, который сочетается с гумусовым (AB_t).

3. Выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов при периодически промывном водном режиме, приводящее к освобождению профиля от легкорастворимых солей и формированию иллювиально-десуктивного горизонта карбонатных новообразований (B_{Ca}, C_{Ca}), который располагаются ниже гумусового горизонта.

В результате почвообразования коричневые почвы приобретают следующие диагностические признаки: значительная мощность профиля (до 150 см); содержание гумуса 5,0—10% под лесом и 2,5—4,0% на пашне; преобладание в профиле коричневой окраски; высокое оглинивание всего профиля, особенно его средней части; постепенное уменьшение содержания гумуса с глубиной, нейтральная или слабощелочная реакция в верхних горизонтах и щелочная в нижних; высокая емкость обмена; почти полная насыщенность почв основаниями; наличие карбонатного иллювиального горизонта, сильная уплотненность и грубая структура в горизонте B_t, (глыбистая, ореховатая), узкое молекулярное отношение SiO_2: R_2O_3 (4—5) в валовом составе, накопление несиликатного (подвижного и окристаллизованного) железа в профиле с максимумом в горизонте B_t, фульватно-гуматный состав гумуса.

Коричневые почвы обладают высокой биологической активностью. У них хорошие физические и водно-физические свойства. Почвы и близкие к ним горизонты коры выветривания успешно осваиваются корневыми системами как естественной, так и культурной растительности.

Генетический профиль коричневой почвы определяют следующие горизонты (рис. 14):

А — гумусовый, серый с коричневым оттенком, комковато-ореховатый;

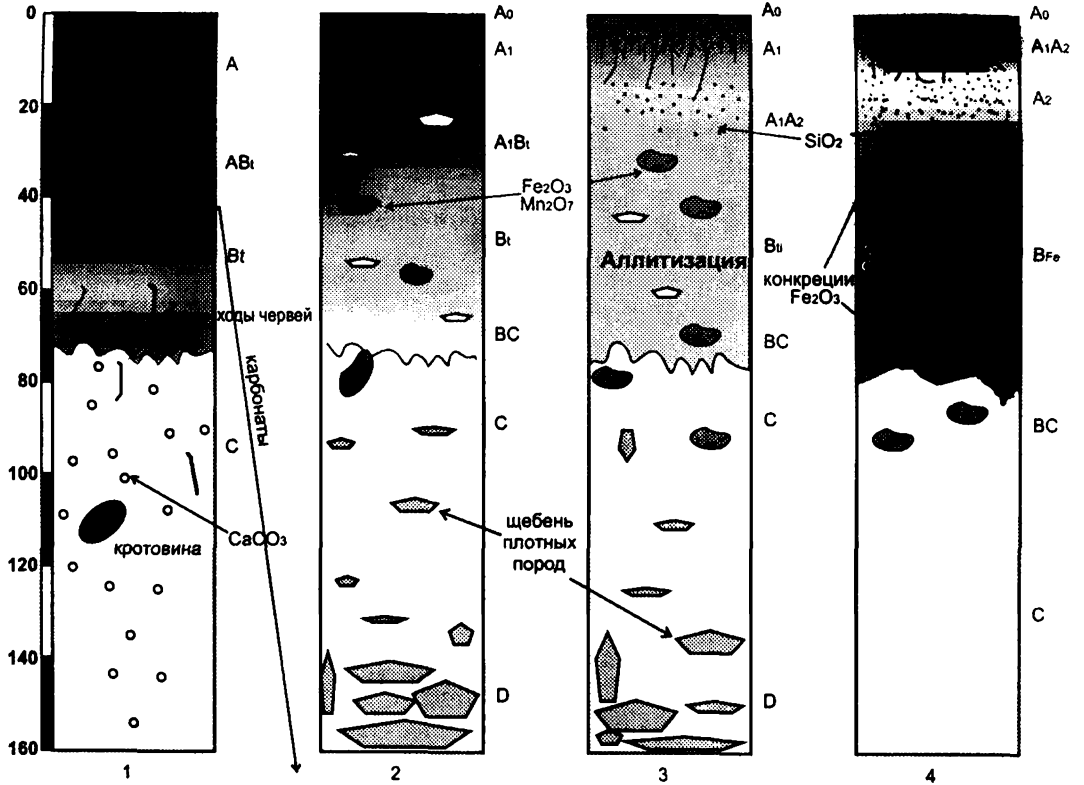


Рис. 14. **Строение субтропических почв:**
1 — коричневая типичная; 2 — желтозем; 3 — желтозем оподзоленный; 4 — подзолисто-желтоземная латеритная почва

AB_t — гумусовый, текстурный (оглиненный), коричневый глыбисто-ореховатый;

B_t — текстурный слабогумусовый глыбистый, коричнево-буроватый;

B_{Ca} — карбонатно-десуктивный с новообразованиями белоглазки;

С — материнская порода.

Гумусовый профиль: $A+AB_t+B_t$. Нижняя граница B_t находится на глубине около 80 см при содержании гумуса около 1,0%. Горизонт интенсивного оглинивания: $AB_t+ B_t$. Карбонатный профиль (B_{Ca}) заканчивается на глубине 120—200 см.

Коричневые почвы удивительно напоминают по гумусово-карбонатному профилю черноземы. Однако гумусовые вещества этих почв не имеют черных фракций. К коричневым почвам по внешнему виду приближаются черноземы южной Тамани. Текстурное оглинивание средней части профиля, столь типичное для коричневых почв, в слабой мере свойственно всем черноземам южно-европейской фации.

Тип коричневых почв разделяется на подтипы:

коричневые выщелоченные почвы развиваются в наиболее влажных условиях под дубовыми или дубово-грабовыми лесами с орешником, алычей, кизилом, яблоней и грушей. Профиль $A+AB_t + B_t$, не содержит карбонатов;

коричневые типичные почвы отличаются от выщелоченных менее выраженным лесным древостоем и карбонатностью метаморфического горизонта B_t;

коричневые карбонатные почвы более ксерофитны и содержат известь уже в поверхностных горизонтах.

В пределах подтипов выделяются роды:

обычные — развиваются на умеренно карбонатных глинах и суглинках;

остаточно-карбонатные — приурочены к сильно карбонатным глинам и суглинкам с содержанием извести более 10%;

неполноразвитые — как правило, на Юге России приурочены к элювию известняков и мергелей. Не имеют карбонатно-десуктивного горизонта B_{Ca}. Часто отнесение их к типу коричневых почв проблематично: в районе Новороссийска и Геленджика эти почвы называют дерново-карбонатными;

красноцветные; — образованы на древних ферраллитных корах выветривания. Обычно малокарбонатны или бескарбонатны;

Использование земельного фонда. Коричневые почвы обладают высоким уровнем агрономического плодородия, которое успешно может реализовываться при богарном (неполивном) земледелии. Главные сельскохозяйственные культуры Средиземноморья — виноград, лимон, апельсин, инжир, персик, маслина. Широко распространены другие плодовые культуры, свойственные умеренным широтам. При необходимости успешно культивируются зерновые (пшеница, кукуруза, ячмень и др.). Однако славу полусухим субтропикам создают виноград и цитрусовые. Для человека — Средиземноморье благодатный биоклиматический «рай». Известнейшие курорты и здравницы мира сосредоточены именно здесь.

3.6.3. Красновато-черные почвы

Луговые субтропические степи (пампы) встречаются только в Южной Америке. Они приурочены к восточной приатлантической части континента (аргентинская и уругвайская пампы). Субтропические прерии описаны на юге США, и также на юге Африки и юго-востоке Австралии.

Климатические среднегодовые показатели близки к средиземноморскому типу. Однако очень важно подчеркнуть, что совершенно по-другому представлены сезоны года. При среднегодовом количестве осадков (800—1600 мм) значительная часть приходится на жаркий летний период (декабрь — февраль), когда выпадает почти 80% дождей. Постоянная высокая, но не избыточная, влажность воздуха, почвы и коры выветривания интенсифицирует все биологические, физико-химические и химические процессы в биогеоценозах пампы, приближая их по напряженности к уровню влажных субтропиков с соответствующим биогеохимическим результатом, который выражается в развитии аллитных (ферраллитных) процессов.

Зима (июнь — август) представляется как сухая умеренно холодная (5—12 °С) и относительно сухая, когда биологические явления значительно замедляются. Загадка аргентинской пампы — отсутствие лесов. По климатическим условиям, казалось бы, ничто не может препятствовать росту лесов, однако их нет. Растительность пампы — злаковые высокотравные луговые степи. По некоторым данным, здесь

насчитывается до тысячи видов растений. Естественный травяной покров достигает 0,8–1,2 м высоты и сохраняет зеленый цвет в течение круглого года. Типичные злаки пампы ковыль, мятлик, аристида, перловник, костер, трясунка, просо, овсяница, келерия. Из других растений: песчанка, синеголовник, люпин, горошек, красная вербена, крестовник, касатиковые, миртовые, пасленовые.

Густой травяной покров сплошь покрывает поверхность пампы и мощная ежегодно отмирающая корневая система растений ежегодно обеспечивает биологический круговорот значительным объемом органических веществ, обладающих высокой зольностью, богатством белковых веществ. Минерализация обеспечивает постоянное поступление в почвенные растворы элементов — биофилов.

Биоклиматические условия и богатая травянистая растительность на равнинах, сложенных лессоподобными глинами и суглинками способствуют формированию весьма оригинальных почв. Это красновато-черные почвы субтропических прерий (руброземы, гумусовые акрисоли).

Почвообразование определяют следующие процессы:

1. Гумусонакопление фульватно-гуматного типа со значительным участием черных гуминовых кислот. Обилие органических остатков и сухой прохладный зимний период способствуют консервации органических веществ. Образуется хорошо прокрашенные гумусом почвенные горизонты. Гумус большей частью кислый, ненасыщенный, подвижный. Характерна затечность гумусовых горизонтов. Содержание гумуса около 10%.
2. Интенсивное выщелачивание подвижных солей и карбонатов из верхних горизонтов. Реакция среды слабо кислая, pH около 6,0. Ниже гумусового профиля образуется иллювиально-десуктивный горизонт C_{Ca} с твердыми конкрециями, типичными для влажных травянистых почв.
3. Ферраллитизация с термической деградацией окислов железа. Типичны красные и бурые тона, особенно в нижней части профиля.
4. Оглинивание всего профиля по каолинитовому типу.

Своеобразие руброземов заключается в сочетании в них свойств черноземообразования и аллитизации. Черноземные свойства этих почв: богатство гуминовым гумусом (мощный гумусовый горизонт, до 100 см, при высоком количестве гумуса), нейтральная реакция среды,

оптимальные для растений физические свойства (хорошая комковато-зернистая оструктуренность, рыхлое сложение и т. д.) богатство зольными элементами. Аллитные процессы приводят к накоплению в профиле почвы свободных окислов алюминия и железа, что морфологически проявляется в появлении красных (рубиновых) тонов в окраске. Сочетание черных и красных тонов выглядит весьма эффектно и неповторимо больше нигде на планете. Конечно, красновато-черные почвы субтропических прерий отличаются высоким плодородием.

Сейчас в Южной Америке пампа — самый крупный массив наиболее плодородных земель. Значительные площади распаханы. Здесь возделываются пшеница, кукуруза, подсолнечник, овес, ячмень, картофель. Нераспахиваемые территории используются как высокопродуктивные пастбища для крупного рогатого скота.

3.6.4. Серо-коричневые почвы

Серо-коричневые почвы рассматриваются как зональный тип почвообразования сухих субтропиков кустарниковых степей, которые имеют на земном шаре широкое распространение: Испания, южная часть Северной Америки, юго-восток Австралии и юг Африки, Восточное Закавказье. Серо-коричневые почвы образуются в условиях недостаточного увлажнения, с короткой зимой и длинным сухим летом. Температуры января −1 — + 5 °С, количество выпадающих осадков 250—500 мм. Практически все осадки приходятся на зимнее время.

Засушливость климата определяет невысокую биологическую активность и изреженность растительного покрова.

Серо-коричневые почвы малогумусные: 1,5—3,0%. Мощность горизонтов гумусового прокрашивания 40—60 см. преобладают коричнево-серые тона в окраске, часто с буроватым оттенком. Гумус фульватно-гуматной природы.

Характерно оглинивание почвенного профиля, приближающееся к типу коричневых почв. Четко выражены монтморилонитово-гидрослюдистая природа глинистых минералов. Однако в связи с низкой гумусностью серо-коричневые почвы не отличаются высокой поглотительной способностью (табл. 55).

Серо-коричневые почвы содержат много зольных элементов, что связано с высокой зольностью растительных остатков и очень сухим летом. Реакция среды слабо щелочная, pH 7,5—8,5. Однако почвы не

Таблица 55

Состав серо-коричневой почвы Сирии (по Онищенко)

Горизонт, глубина	Гумус, %	CO_2 карбонатов, %	pH	Емкость поглощ. мг.-экв/ 100г	Ил, %	Валовое содержание, %		
						SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
A 0–10	1,5	11,4	7,9	18,8	29,8	50,8	17,5	4,1
ABt 28–32	1,1	14,1	8,0	17,5	33,9	54,1	18,6	3,9
B_{Ca} 50–60	0,5	16,5	8,4	16,7	35,3	51,4	18,4	3,8
C_{Ca} 120–130	—	20,1	8,7	—	30,9	45,1	17,2	3,3

засолены в верхних горизонтах. В зимний период происходит вынос солей и формирование карбонатного и гипсового горизонтов.

Солонцеватость, столь типичная для каштановых почв сухих степей суббореального пояса, встречаются в субтропиках очень редко. Большей частью признаки солонцеватости отсутствуют повсеместно. Серо-коричневые почвы, карбонатные с поверхности.

Генетический профиль серо-коричневых почв определяют следующие горизонты:

A — гумусово-аккумулятивный;

AB_t — гумусовый, текстурный грубо оструктуренный;

B_{Ca} — карбонатный иллювиальный;

C_{sa} – гипсовый иллювиальный.

Тип серо-коричневых почв подразделяют на подтипы — темные серо-коричневые, обычные серо-коричневые и светлые серо-коричневые. Генетическое родство темных серо-коричневых почв наблюдается с коричневыми почвами, а светлых серо-коричневых почв — с сероземами субтропических пустынь.

Природные условия сухих субтропиков позволяют выращивать ценные сельскохозяйственные культуры: пшеница, ячмень, кукуруза, хлопчатник, инжир, гранат, грецкий орех, апельсины, мандарины. Особенно хороши условия для виноградников и маслины. Обязательным условием получения высоких урожаев является орошение. Широко используются сухие кустарниковые субтропические степи под пастбищное овцеводство, особенно в Австралии.

3.7. ПОЧВЫ ТРОПИЧЕСКОГО ПОЯСА

Тропический биоклиматический пояс — это территория Земли, где приток солнечной энергии определяется суммой положительных температур свыше 10°С от 7000 до 14000°. Преобладающая часть равнинной суши Земли находится в условиях тропического пояса (47,7%). Разнообразие природной географической среды определяет широкий спектр почвенного покрова, а сами почвы являются компонентами этого разнообразия.

1. Очень велико различие в условиях увлажнения зон и провинций тропического пояса. При высоком притоке солнечной энергии количество выпадающих осадков в различных природных зонах колеблется от 10 до 7000 мм, что влечет за собой громадную неоднородность живой среды биосферы.
2. Неоднородность геоморфологических условий. В пределах тропического пояса встречаются низменные равнины, рифтовые плоскогорья, высокогорные равнины. Значительно изменяются природные условия, связанные с вертикальной зональностью, которая имеет неодинаковое проявление в зависимости от расположения горных систем (гумидная и аридная термические зональности и др.).
3. Широкая неоднородность горных пород, особенно в гумидно-аридных и аридных условиях при малой распространенности четвертичных отложений.
4. Длительный период развития, который может насчитывать многие тысячи лет. Природные катаклизмы и экзогенные процессы создавали возможность временной дискретности в развитии животного и растительного мира и биокосных объектов, а также сохранение их реликтовых форм.

Тропический пояс разделяется на три крупные самостоятельные природно-географические системы: гилея, саванна, пустыня.

3.7.1. Почвы тропических лесов

В тропическом поясе гилей почвообразование определяется обилием выпадающих осадков, круглогодичными температурами не ниже 25°С и господством лесных биоценозов.

Подзоны гилей и их области определяются континентальным разнообразием и своеобразием растительного и животного мира. Для подзон тропических гилей Южного и Северного полушария характерно наличие кратковременного (2–3 месяца) сухого сезона, в период которого некоторые растения сбрасывают листву.

Экваториальная зона гилея, или постоянно влажные дождевые леса, характеризуется обилием выпадающих осадков. Типичны величины 2500–7000 мм в год. Дожди идут большую часть года почти ежедневно. Сформировавшиеся здесь многие тысячелетия назад лесные формации имеют многоярусное строение, в котором участвуют несколько ярусов древесных пород, кустарники, низкие и высокие травы, эпифиты, мхи, водоросли, лишайники, грибы и т. д.

Например, леса Амазонской низменности (сельва) состоят из 10–12 ярусов. В их состав входит огромное количество видов растений. Обилие видов растений крайне велико, но число особей, относящихся к одному виду, обычно незначительно. Кроме высоких бертолетий, сейб и пальм, в экваториальных лесах растут лавровые, миртовые, мимозовые и бобовые, фикусы, гевеи, красные деревья. В наземном покрове присутствуют различные крупные травянистые растения с мощными стеблями и листьями: древовидные папоротники, достигающие нескольких метров высоты, бромелиевые, какао, кофейные деревья, бананы, канновые, цветущие крупными яркими цветами. К ним прибавляются злаки, ситовники, марантусы. На деревьях и на земле — множество стелющихся, ползучих и вьющихся растений, стебли которых достигают толщины и крепости канатов. По биоразнообразию и структуре биомассы тропические леса не имеют себе равных в мире (табл. 56).

В условиях гилеи происходит обильное накопление фитомассы, во много раз превышающее все известные на Земле биоценозы. Ежегодный опад может достигать 1500 т/га, в то время как в наших суббориальных широколиственных лесах он не превышает 100 т/га. Примечательно, что при таких громадных величинах поступления в биологический круговорот растительного опада накопление постоян-

Таблица 56

Структура биомассы тропического и субборнального лесов, т/га (по Родину и Базилевич)

Компоненты биомассы	Сельва на желтых и красных аллитных почвах	Широколиственный лес на бурых лесных почвах
Фитомасса	500–1500	300–400
Ризомасса	100	55
Зоомасса	4,5	0,5
Опад ежегодный	200–1500	40–100
Зольные элементы	0,3–2,0	0,04–0,08

ной лесной подстилки не происходит. Все в кратчайший срок перерабатывается биотой до простых химических соединений. Подсчеты показали, что фауна и микрофлора гилей могли бы преобразовать до 10 годовых опадов. Трудно переоценить значение в обеспечении планеты Земля атмосферным кислородом.

Почвообразование и почвы. Комплекс почвообразовательных процессов определяется следующими явлениями:

1. Вынос всех растворимых компонентов различного происхождения за пределы почвы и коры выветривания. Это выщелачивание не только щелочных и щелочноземельных катионов, но и коллоидов, главным составляющим которых является кремнезем, растворов органических веществ, включая гумусовые кислоты и т. д. Вымываемые вещества становятся не доступными живым организмам. Это первопричина формирования в тропиках крайне бедных по плодородию почв.

2. Полнейшее преобразование минеральной массы почвы и коры выветривания по ферраллитному (аллитному) типу. Происходит разрушение всех алюмосиликатов и силикатов как первичных, так и вторичных минералов и накопление минеральной массы, состоящей только из различных окислов железа и алюминия и вторичного алюмосиликатного минерала — каолинита. Вторичный синтез и накопление минерального каолинита — главнейшая черта аллитизации. Этот минерал в гипергенных процессах земной коры остается абсолютно устойчивым. Остальные продукты разрушения выносятся за пределы почвы и коры выветривания. В экваториальных дождевых лесах ферраллитизация придает почвам или красный цвет (обезвоженные окислы железа) или желтую окраску (гидратированные минералы

окислов железа). В листопадных лесах тропиков Северного и Южного полушария преобладают красные почвы, так как именно в сухой период года происходит обезвоживание железистых минералов. Красный цвет почв господствует в ландшафтах влажных тропиков. Ферраллитный процесс дополняет продуктами разрушения явления выноса растворимых веществ. Геологическая природа исходных пород существенного значения не имеет. Конечный результат — ферраллитные коры выветривания, повсеместно близки по составу и свойствам и различаются только по количеству содержащихся в них Fe_2O_3, Al_2O_3, кварца и каолина.

3. В высшей степени интенсивная минерализация биологических остатков различного происхождения. Биофильные элементы сразу же поглощаются организмами и включаются в биологический круговорот. Выноса элементов-биофилов за пределы коры выветривания не происходит. Нисходящие фильтрующиеся почвенные воды всегда мягкие, безкальцивые. Маловероятно накопление полуразложившегося опада лесной подстилки или торфяной массы.

4. Типична гумификация с образованием только фульвокислот, которые быстро или минерализуются или попадают в грунтовые воды, а затем в речные системы. Вода многих тропических рек часто имеет желтоватый цвет и даже коричневатый (Рио-Негру) цвет. Гумусовые темноокрашенные горизонты, как правило, не образуются. Исключение составляют почвы относительно прохладных горных систем, где возможно образование особых гумус-ферраллитных почв, входящих в систему горной зональности тропических стран.

5. Латеритный процесс как природное явление типичен для листопадных гилей с сухим сезоном в годовом цикле увлажнения. В почвах дождевых лесов возможно антропогенное латеритообразование после сведения леса и включение почв в сельскохозяйственный оборот. Обнаженная, перегретая под лучами Солнца ферраллитная масса склонна к цементизации в бесплодной каменистый латерит.

6. Длительная эволюция почв может провоцировать процессы лессиважа, оглеения и псевдооглеения, оподзаливания, что способствует латеритообразованию, элювиально-иллювиальной ферраллитизации профиля и даже формированию особых тропических подзолов.

Для гилей характерно формирование двух обобщающих типов почв: красные и желтые ферраллитные почвы постоянно влажных

дождевых лесов, красные ферраллитно-латеритные почвы сезонно-влажных листопадных лесов.

По мнению академика И.П. Герасимова, почва и кора выветривания в условиях гилей состоит из следующих частей:

Зона А — верхняя часть активного почвообразования мощностью около 0,7 м. Здесь господствуют биологические циклы гумификации минерализации органических веществ. Образующиеся фульвокислоты минерализуются или вымываются нисходящими токами влаги. На красном и желтом фоне просматриваются серые тона от слабого накопления гуминовых кислот. Характерна железистая зернисто-комковатая структура. Процессы гумификации, оподзоливания и лессивирования формируют горизонты A_1, A_1A_2, A_2. Горизонт A_1 с большой условностью можно назвать гумусовым. Типичны здесь псевдогумусовые явления. Реакция среды слабокислая или кислая.

Зона В — нижняя часть активного почвообразования. Интенсивная инфильтрация влаги, развитие процессов выщелачивания, оглинивания, иллювиирования. Господство красных тонов в окраске. Мощность горизонта B_i 0,7–2,0 м. Реакция среды слабокислая.

Зона С — собственно кора выветривания и почвообразующая порода, зона литомаржа — «гнилого камня». Мощность этой части коры выветривания достигает огромных размеров и сможет простираться на глубину 100–200 м. Независимо от исходной горной породы ее состав везде практически однороден: окислы алюминия и железа и алюмосиликат каолин. Некоторое разнообразие может вносить инертный кварц (SiO_2), входящий в состав исходных горных пород. Поэтому коры выветривания различаются на аллитные и сиаллитные (ферраллитные, сиферраллитные). Красная и желтая окраска связана с процессами аллитизации, а выщелачивание практически освобождает кору выветривания от простых солей и свободного кремнезема.

Зона D — слабо разрушенная горная порода. Характерны начальные стадии выветривания, аллитизации, выщелачивания.

При обилии синтезируемой биологической массы может создаться превратное впечатление о высоком плодородии тропических почв гилеи. Увы, красные и желтые ферраллитные почвы постоянно влажных тропических лесов и красные латеритные почвы крайне бедны элементами питания. Они слабо гумусированы, промыты от всех веществ биофилов в результате процессов ферраллитизации и выщелачивания, часто сопровождающихся оподзоливанием. В биогеоценозах

тропического леса накопление элементов плодородия происходит в самой биомассе леса, а биологический круговорот, поддерживающий высокую продуктивность тропических лесов, складывается из следующих звеньев: биомасса — опад — минерализация и гумификация опада — перехват корневыми системами растений леса, необходимых для жизни химических элементов — вертикальная их транспортировка в биомассу растительности.

При сведении леса и вовлечении красных и желтых ферралитных почв в пашню земля может дать два-три удовлетворительных урожая, и затем превратится в практически бесплодную массу. Без интенсивного окультуривания и поддержания плодородия земледелие обречено на неудачу.

Восстанавливаются лесные биоценозы медленно. Первоначальный зональный запас биоэлементов был создан в далеком прошлом и поддерживался безотказно действующим замкнутым биологическим круговоротом веществ в биогеоценозе.

3.7.2. Почвы саванн

Саванна — наиболее распространенный тип ландшафта тропиков. Ее очень условно можно назвать тропической лесостепью. Древесно-травянистые сообщества представлены (от влажных к засушливым) высокотравными, низкотравными и опустыненными саваннами. Среди древесных фитоценозов соответственно встречаются светлые леса, сухие леса и заросли кустарников. Конечно, между чисто древесными и древесно-травянистыми сообществами масса переходов. Выделяют саванно-лес, лесистую саванну, мозаику саванны и леса, парковую саванну и др.

Типичными древесными породами всех тропических саванн являются пальмы (определенные виды) и акации. Видовое разнообразие последних очень велико, особенно в Австралии. Но можно указать и специфические древесные и кустарниковые породы отдельных континентов, например, баобаб для Африки и эвкалипты для Австралии, индийский баньян из рода фикусов. Среди растений саванн можно назвать бутылочные деревья, мимозы, казуарины, молочаи, кактусы, кебрачо и др.

Главная климатическая особенность саванны — чередование очень влажных и очень сухих сезонов в течение года, причем их продолжи-

тельность значительно варьирует в различных географических зонах. С наступлением сухого сезона большинство деревьев и кустов сбрасывают свою листву, наземные части трав высыхают. Устанавливается жаркая погода, нередко еще более жаркая, чем во влажный сезон, так как тепло теперь не тратится на испарение воды.

С наступлением влажного сезона происходит быстрое нарастание растительной массы, накапливающейся за один сезон на гектаре до 12–30 т/га. Пробуждение трав происходит очень быстро: достаточно одного обильного дождя, чтобы распустились почки, появились ростки, которые скоро достигают значительной мощности. В процессе филогенетического развития организмы приобрели такие наследственные способности, которые позволяют им быстро расти, с первых же часов интенсивно используя питательные вещества почвы, накопившиеся там в удобоусвояемом виде за сухой промежуток времени. Саванны — идеальная среда для травоядных животных. Чрезвычайно разнообразна фауна членистоногих.

На всех континентах тропического пояса в саваннах встречаются два типа выветривания и почвообразования:

1. Красные саванны с ферраллитным типом как зональные географические образования, формирование которых связано с меняющейся биоклиматической обстановкой.
2. Черные саванны с сиаллитным типом выветривания, с полным отсутствием ферраллитных явлений, несмотря на формирование их в тропических условиях. Особые условия геоморфологии территорий позволяет отнести эти саванны к азональным образованиям.

Основные типы саванного почвообразования показаны на рис. 15.

Среди саванн с ферраллитным типом выветривания встречаются весьма разнообразные почвы. Главные из них:

- Красные ферраллитные почвы высокотравных саванн и листопадных лесов. Сухой сезон обычно имеет продолжительность 3–4 месяца при общем годовом количестве осадков 1300–2000 мм;
- Красно-бурые и красно-коричневые почвы сухих саванн с сухим сезоном около 6 месяцев при количестве выпавших осадков 800–1300 мм;
- Красновато-бурые почвы опустыненных саванн с сухим сезоном 8–10 месяцев и количеством осадков менее 600–800 мм.

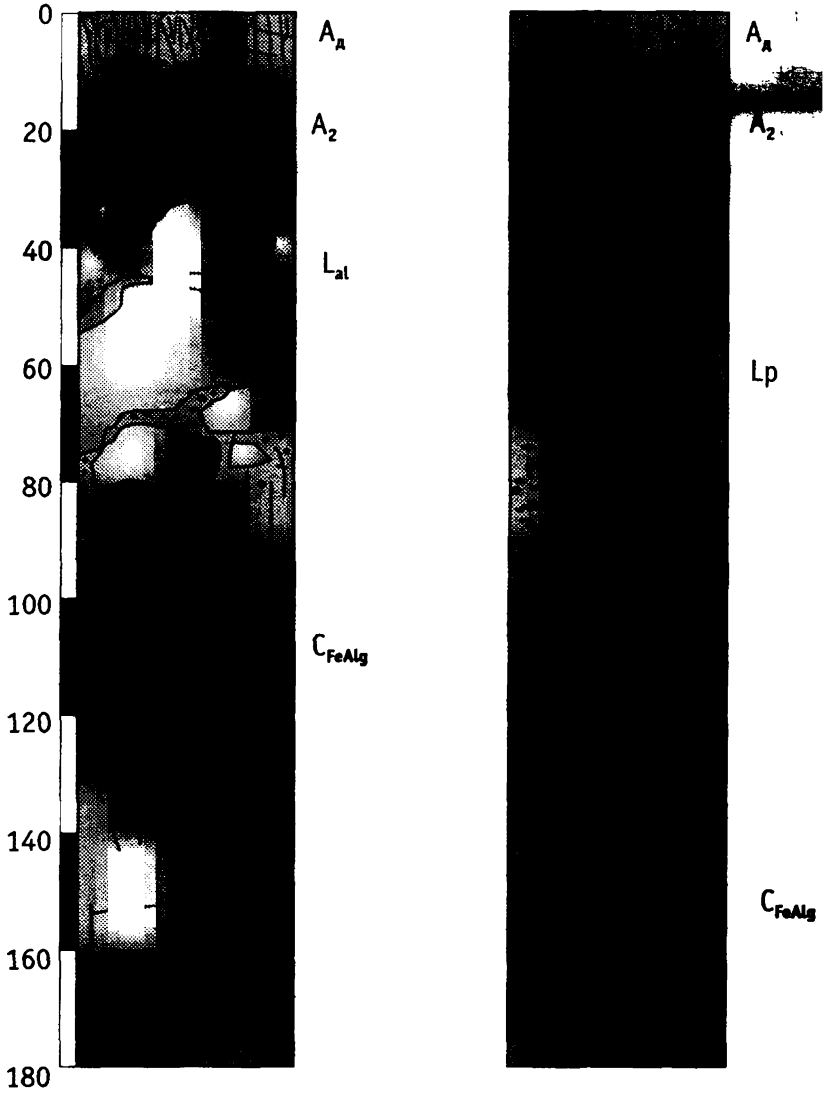


Рис. 15. **Строение красно-бурых почв саванн (Куба)**
Латериты: Lal — альвеолярный; Lp — ризолитовый

В условиях переменного увлажнения при фераллитном типе выветривания широко распространено образование в почвах латеритов или железисто-алюминиево-кварцевых каменистых конкреций, слоев (панцирей), которые в значительной степени снижают агрономическое плодородие почв.

Сиаллитной тип выветривания без признаков фераллитизации характерен для преимущественно сухих саванн с особыми геоморфологическими условиями. Эти условия заключаются в следующем: равнинные территории с мощной толщей четвертичных, преимущественно аллювиальных (древнеаллювиальных) глинистых слабопроницаемых отложений. Почвы, формирующиеся в этих условиях, имеют черную окраску.

3.7.3. Черные слитые почвы

В тропических странах с муссонным климатом, когда периоды проливных дождей сменяются месяцами изнуряющей жары и засухи, азонально распространены оригинальные ландшафты — саванны на черных почвах. Это громадные площади равнин на Африканском континенте, на полуострове Индостан, на западе Австралии, на острове Куба и т. д.

Оригинальность черных саванн в их особых почвах, имеющих глобальное распространение, далеко переходящее пределы тропического пояса. Их можно назвать космополитами, так как они встречаются в разных зонах Земли. Однако повсюду они имеют сходное строение и для всех них характерно явление слитости и черный цвет профиля (рис. 16). Проявление слитости можно встретить в почвах широкого диапазона биоклиматических условий. Слитые почвы могут встречаться в суббореальном, субтропическом и тропическом поясах, на всех континентах Земли, исключая, конечно, Антарктиду. Они отмечены в на Балканах, в Индии, в ряде районов Америки и Африки, а на территории СНГ — в долинах рек Дона, Волги, Кубани, Урала, в Молдавии, Грузии, Азербайджане, на Северном Кавказе. Их названия очень разнообразны: слитоземы, смольницы, черные хлопковые почвы, регуры, грумосоли, бадоп, тирсы, слитые черноземы и т. д. В разных странах эти почвы называли по-своему, хотя все они однотипны по своему строению и свойствам. Сейчас широко используется международный термин «вертисоли» (vertisols).

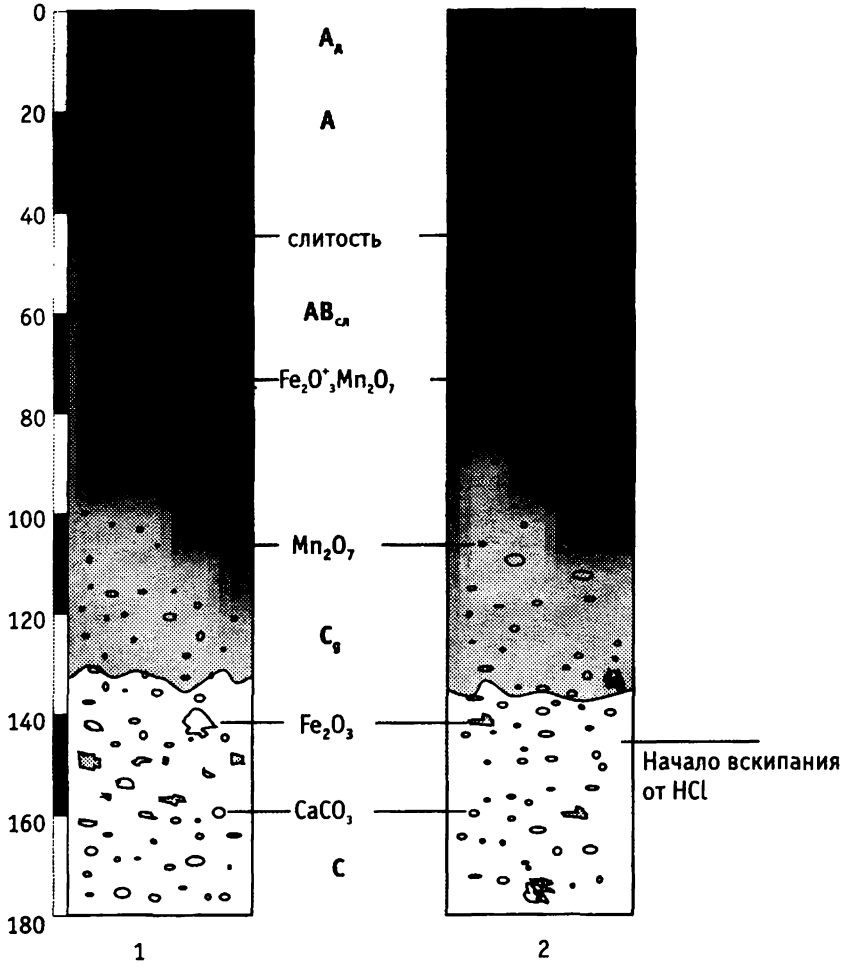


Рис. 16. **Строение слитых почв:**
1 — слитозем саванны (Куба); 2 — чернозем слитой лесостепи (Адыгея)

Основной почвообразовательный процесс, формирующий вертисоли, называют слитогенезом.

Для формирования слитоземов обязательны три условия:

1. Контрастный водный режим, резкие колебания от переувлажнения к иссушению, что ведет к перестройке минеральной части, появлению высокой способности к набуханию и усадке.
2. Слитогенез происходит в условиях равнинного рельефа, когда не обеспечивается поверхностный сток избыточной влаги, это одно из условий формирования переувлажнения, которое при склоновом рельефе возникнуть не может.
3. Почвообразование протекает на древнеаллювиальных и делювиальных глинистых отложениях. Существует понятие гранулометрического барьера. Это содержание физической глины в количестве 62 и ила — 39%. При меньшем количестве указанных гранулометрических фракций развитие слитогенеза маловероятно. Это обеспечивает незначительную водопроницаемость почвы и подпочвы и способствует переувлажнению. На водопроницаемых материнских породах в условиях тропиков формируются в аналогичных климатических условиях красно-бурые саванные почвы, а в субтропиках — коричневые почвы сухих травянистых лесов и руброземы типа аргентинской пампы.

Для тропических слитоземов саванн, а также для подобных почв в суббореальном и субтропическом биоклиматических пояса Земли едины процессы их формирования.

1. Образование и накопление фульватно-гуматного гумуса из остатков травянистой растительности, представленной луговыми степями или высокотравными саваннами. Богатство трав белками и зольными элементами определяет однотипную экологическую специфику биологического круговорота, несмотря на широкое видовое разнообразие фито- и зооценозов в различных странах Земли. Однотипные циклы развития и роста с преобладанием фитомассы корневых систем обеспечивают регулярность поступления растительных остатков в биологические процессы их преобразования, в т.ч. и гумификации.

2. Слитогенез минеральной массы с образованием глинистых минералов монтмориллонитовой группы. Возникающие свойства слитости: бесструктурность, сплошность (слитость) почвенной массы, интенсивная сезонная динамика плотности почвы, определяемая явлениями

набухания и усадки глинистых минералов, высокое содержание недоступной растениям почвенной влаги. Со слитогенезом связан интенсивно черный, «антрацитовый» цвет гумусовых горизонтов. Это обусловлено прочным связыванием гуминовых кислот с гинистыми минералами в органо-минеральные комплексы. Для всех слитоземов парадоксальна черная окраска при малом содержании органического вещества (3–5%). Слитогенезу подвергается толща почвы от 30 до 120 см.

3. Дерновый процесс происходит под воздействием травянистой растительности. Если объем фитомассы трав на 80–90% состоит из корневых систем, то масса этих корней на 80–90% сосредоточена в верхнем 30-сантиметровом слое. Велика их структурообразующая и разрыхляющая роль. Структурные агрегаты зернистые, комковато-зернистые и отчасти ореховатые. Этот же горизонт почвы является сосредоточием биологических процессов, зооценозов и микробоценозов. В сущности, плодородие слитоземов определяется именно свойствами горизонта А, а слитогенетическая толща, залегающая ниже его, лишь слабо и не всегда обеспечивает функционирование агроценозов и естественных фитоценозов.

4. Для слитых почв характерно явление педотурбации. Педотурбация — механический процесс внутрипрофильного перемещения почвенной массы, при котором происходит перемешивание веществ в почве. В конце сухого сезона мелкоземлистая почва поверхностного горизонта по глубоким трещинам осыпается в нижнюю часть профиля. При увлажнении и набухании почвы происходят горизонтальные и вертикальные движения почвенных блоков. Чаще всего они поднимаются вверх под воздействием набухающего осыпавшегося материала. Ежегодные многовековые явления этих смещений приводят к формированию профиля, слабодифференцированного на горизонты. В связи с этим все слитоземы от тропиков до наших умеренных широт имеют однородное и очень простое строение. Выделяется верхний перегнойно-аккумулятивный, оструктуренный горизонт А и однородный слитой горизонт В.

5. Выщелачивание растворимых солей за пределы гумусовых горизонтов при замедленном промывном водном режиме с формированием карбонатного горизонта C_{Ca} с новообразованиями $CaCO_3$.

Все слитоземы однотипны по своему плодородию. При высоких показателях потенциального плодородия их эффективность для многих

сельскохозяйственных растений оставляет желать лучшего. Это связано с неблагоприятными физическими и водными свойствами. Значительные запасы питательных веществ не доступны растениям, так как прочно связаны с почвенными коллоидами. Из-за этого же высока влажность завядания растений. Корни большинства растений с трудом проникают в слитой горизонт, который к тому же является водоупором и вызывает во влажные периоды года переувлажнение корнеобитаемой толщи, что провоцирует вымочки сельскохозяйственных растений. И наконец, все слитоземы неблагоприятны для многолетних растений. На них практически не культивируются сады, виноградники, цитрусовые и другие субтропические и тропические плодовые, сахарный тростник и т. д.; корневые системы этих растений не выдерживают физических перегрузок при изменении объема почвенной массы. Однако на слитоземах хорошо растут и плодоносят кукуруза, табак, кормовые травы и растения с коротким вегетационным периодом.

Саванны на черных слитых почвах всегда были благодатными естественными пастбищами для многочисленных травоядных животных в Евразии, Африке, Австралии, Центральной и Южной Америке. Вовлечение этих территорий в сельскохозяйственный оборот в первую очередь было связано с пастбищным скотоводством, и эта отрасль сельского хозяйства сохранилась и сейчас. Однако соотношение между естественными природными ландшафтами, сельскохозяйственными пастбищами и пахотными угодьями изменяется в широких пределах. Характерна общая тенденция: сокращение естественных и культурных пастбищ и расширение распаханных территорий. Этому способствует высокий уровень потенциального плодородия вертисолей для сельскохозяйственных растений. По индексу плодородия их можно считать лучшими в условиях тропиков: все равно, что черноземы в наших умеренных широтах.

Травянистый покров черных саванн практически не сохранился на территории Индостана. Все они здесь распаханы и успешно используются под посевы хлопчатника, клещевины и других культур. В Индии почвы этих саванн называются черными хлопковыми почвами (регуры).

На Африканском континенте, наоборот, площади пашни на слитоземах незначительны, а громадные территории черных саванн включены в заповедники и национальные парки. В Австралии продолжает

сохраняться тенденция использования вертисолей как пастбищных угодий. На Кубе саванны с черными слитыми почвами преимущественно заняты пастбищами. Основная сельскохозяйственная культура страны — сахарный тростник — размещается, прежде всего, на красно-коричневых почвах саванн.

3.7.4. Особенности растениеводства в тропиках

Особенности тропического растениеводства обусловливаются интенсивностью инсоляции, высокой температурой. В тропиках день длится 12 часов круглый год, с 6 утра до 6 вечера. С условиями такого светового режима возникают трудности при выращивании растений умеренных широт. В первую очередь, это касается овощей. Если обыкновенный салат и редис легко приспосабливаются к новым условиям, то другие овощи не всегда хорошо произрастают.

К 12-часовому световому режиму приспособились все тропические растения, но к интенсивности инсоляции большинство молодых растений не может адаптироваться и их приходится защищать путем искусственного затенения. В противном случае растения часто гибнут от ожогов. Если культивируемые сейчас кофейное дерево или дерево какао в диком состоянии произрастали в полутени великанов тропического леса, то при устройстве плантаций этих культур для них создается искусственное затемнение быстрорастущими деревьями.

Второе ограничение для культур умеренных и даже субтропических широт — *постоянно высокие температуры периода вегетации*, порядка 28–33 °С. В этих условиях многие растения субтропического пояса находят благоприятную среду в горных условиях, выше 1400–1500 м (хинное дерево, аравийское кофейное дерево, чайный куст, цитрусовые, пшеница, ячмень, кукуруза и др.).

И, наконец, ограничением является *отсутствие периода холодного покоя*, столь необходимого для многолетних растений. Поэтому в тропиках не могут произрастать виноград, яблоня, груша, слива, вишня, черешня, алыча и др. Эти плоды для тропических стран являются экзотическими.

Приведем группировку тропических растений по их экологическим требованиям.

1. Культуры экваториального климата, которые требуют много влаги и плохо переносят сухой сезон, длящийся более 3 меся-

цев: масличная пальма, каучуковое дерево, кофейное дерево, дерево какао, маниок, ямс и таро, дынное дерево (папайа).

2. Культуры более приспособленные к тропическому климату с хорошо выраженным сухим сезоном или же требующие таких условий для сбора урожая: хлопчатник, табак, сорго, кунжут.
3. Культуры, которые произрастают или плодоносят лучше всего в горных условиях: картофель, чай, хинное дерево.
4. Культуры, хорошо произрастающие как на экваторе, так и в условиях продолжительного сухого сезона: арахис, бананы, сладкий картофель, рис, не требующий орошения.
5. Культуры, для которых необходимо или желательно орошение: рис, требующий затопления, сахарный тростник.

Краеугольным камнем успеха земледелия в тропиках являются два фактора — вода и гумус. Тропические растения в связи с высокими температурами потребляют громадное количество влаги. Даже количество осадков около 1000 мм характеризуют климат как засушливый. Органическое вещество интенсивно минерализуется в связи с ультра высокой биологической активностью почв. Все тропические почвы по своей естественной природе малогумусные. Открытые пахотные земли в условиях интенсивной минерализации и дефиците поступления новых органических веществ энергично теряют гумус и азот.

3.8. ЗАСОЛЕННЫЕ ПОЧВЫ И СОЛОНЧАКИ

3.8.1. Солончаки

Засоленными называются почвы, содержащие в своем профиле легкорастворимые соли в токсичных для сельскохозяйственных растений количествах. Они широко распространены и зонах сухих и пустынных степей, в пустынной зоне, встречаются также в степной и лесостепной зонах.

Засоленные почвы с древних времен привлекали внимание. Римский поэт Вергилий писал:

Почва соленая есть,
она называется «горькой».
Нехороша для хлебов.
Она не смягчается вспашкой.
Качество лозы теряют на ней,
плоды же названье.

Легкорастворимые соли, угнетающие и вызывающие гибель растений, разделяются на группы.

Вредные легкорастворимые нейтральные соли не буферны, имеют pH чистых растворов 5,5–6,7. Эти соли дают легко возникающие осмотически и токсически опасные концентрации для растений. В группу нейтральных легкорастворимых солей входят хлориды: NaCl (галит), $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ (бишофит), $CaCl_2 \cdot 6H_2O$ (гидрофилит). Бишофит и гидрофилит очень гигроскопичны и образуют мокрые солончаки. К нейтральным вредным легкорастворимым солям относятся также следующие сульфаты: $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ (мирабилит), $Na_2SO_4 \cdot 7H_2O$ (тэнардрит), $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (эпсамит). Сульфаты легко теряют кристаллизационную воду, дают пухлые солончаки, менее токсичны, чем хлориды. Сульфаты могут образовывать двойные соли, часто встречающиеся в пустынных областях: $Na_2SO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (левеит), $Na_2SO_4 \cdot 2CaSO_4$ (глауберит).

Вредные легкорастворимые щелочные соли способны повысить pH почвы до величин, угнетающих растения. Широко распространены в

щелочных горизонтах почв бикарбонаты и карбонаты натрия $NaHCO_3$ (пищевая сода), $Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$ (сода), $Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$ (трона). Они обладают высокой растворимостью, pH раствора около 9. Щелочную реакцию создают и карбонаты магния: $MgCO_3 \cdot 3H_2O$ (магнезит), $MgCO_3 \cdot Mg(OH)_2 \cdot 3H_2O$ (магнезия). Карбонаты магния малорастворимы, но из-за гидролиза могут повышать pH до 9,1–9,8.

В солевых горизонтах почв присутствуют безвредные соли: $CaCO_3$ (кальцит), $CaSO_4 u 2H_2O$ (гипс), а также бикарбонат кальция $Ca(HCO_3)_2$. Безвредные соли не дают ни осмотически, ни токсически опасных концентраций из-за малой растворимости.

Вредные водорастворимые соли подразделяются на хлориды, сульфаты и карбонаты. По степени вредности для большинства сельскохозяйственных растений соли располагают по убывающему ряду $NaCO_3 \rightarrow NaHCO_3 \rightarrow NaCl \rightarrow NaNO_3 \rightarrow CaCl_2 \rightarrow Na_2SO_4 \rightarrow MgCl_2 \rightarrow MgSO_4$.

Классификация засоленных почв. Засоленные почвы различаются по глубине залегания солевого горизонта, химизма засоления и степени засоления. *По глубине залегания верхнего солевого горизонта* (его верхней границы) засоленные почвы разделяются на солончаковые — соли в слое 0–30 см; солончаковатые — 30–80 см; глубокосолончаковатые — 80–150 см; глубокозасоленные — глубже 150 см.

В связи с тем, что разные соли неодинаково токсичны для растений, засоленные почвы различают по составу солей. *Химизм (тип) засоления* определяется по данным анализов водных вытяжек и основывается главным образом на соотношении анионов. Классификация почв по химизму (типу) засоления приведена в табл. 57.

В наименовании типа заселения встречаются те анионы, содержание которых превышает 20% суммы м.-экв. анионов; преобладающий анион в названии ставится на последнее место.

По степени засоления почвы делятся на незасоленные, слабозасоленные, среднезасоленные, сильно и очень сильно засоленные (солончаки). Разделение почв по степени засоления обусловлено различным состоянием на этих почвах сельскохозяйственных растений (табл. 58).

Одно и то же количество солей в зависимости от их состава может свидетельствовать о разной степени засоления почв, что обусловлено неравноценной токсичностью различных легкорастворимых солей для растений. Поэтому степень засоления почв устанавливается по

Таблица 57

Разделение почв по химизму (типу) засоления (Егоров и др.)

Тип засоления	Отношение м.-экв анионов			Отношение м.-экв катионов и анионов
	$\frac{Cl}{SO_4}$	$\frac{HCO_3}{Cl}$	$\frac{HCO_3}{SO_4}$	
Хлоридное и сульфатно-хлоридное	1–2,5 и выше	–	–	
Хлоридно-сульфатное	0,2–1,0	–	–	
Сульфатное	0,2	–	–	
Содово-хлоридное	более 1	менее 1	более 1	HCO_3 более Ca–Mg
Содово-сульфатное	менее 1	более 1	менее 1	
Хлоридно-содовое	более 1	более 1	более 1	
Сульфатно-содовое	менее 1	более 1	более 1	
Сульфатно- или хлоридно-гидрокарбонатное	–	более 1	более 1	HCO_3 более Na

Таблица 58

Степень засоления и состояние полевых культур

Степень засоления почв	Состояние среднее устойчивых растений
Незасоленные	Хороший рост и развитие (выпадов растений нет, урожай нормальный)
Слабозасоленные	Слабое угнетение (выпады растений и снижение урожая на 10–20%)
Среднезасоленные	Среднее угнетение (выпады растений и снижение урожая на 20–50%)
Сильнозасоленные	Сильное угнетение (выпады растений и снижение урожая на 50–80%)
Солончаки	Выживают единичные растения (урожая практически нет)

величине плотного остатка (сумма солей) и содержанию ионов, определяющих химизм (тип) засоления (табл. 59).

Засоленными могут быть почвы разных типов почвообразования, выделяемые в генетической классификационной таксономии особые роды подтипов черноземов, каштановых и бурых полупустынных

Таблица 59

Классификация почв по степени засоления (по Базилевич, Панковой)

Степень засоления	Химизм засоления, плотный остаток (сумма солей), %		
	Сульфатно-хлоридный	Хлоридно-сульфатный	Содово-хлоридный и хлоридно-содовый
Незасоленные	менее 0,1	менее 0,2	менее 0,1
Слабозасоленные	0,1–0,2	0,2–0,4	0,1–0,2
Среднезасоленные	0,2–0,4	0,4–0,6	0,2–0,3
Сильнозасоленные	0,4–0,8	0,6–0,9	0,3–0,5
Очень сильно засоленные (солончаки)	более 0,8	более 0,9	более 0,5

почв, луговых и лугово-болотных почв и т. д. Засоленными почвами считаются и солонцы. Однако среди многообразия засоленных почв выделяются как самостоятельный тип только солончаки.

Солончаки как тип почвообразования. К солончакам относятся почвы, содержащие большое количество водорастворимых солей с самой поверхности и в профиле. В зависимости от химизма засоления соли в верхнем горизонте солончаков составляют от 0,6–0,7 до 2–3% и более.

Встречаются два типа солончаков: автоморфные и гидроморфные. Автоморфные солончаки образованы без участия грунтовых вод. Они приурочены к выходам на поверхность древних засоленных глин или представляют собой солончаки, сохранившиеся от предшествующих гидроморфных стадий развития (древнегидроморфные солончаки).

Чаще всего распространены гидроморфные солончаки. Они формируются в результате солончакового процесса.

Солончаковый процесс в классическом виде — это накопление легкорастворимых в воде солей в верхней части профиля почвы. Он проявляется в гумидно-аридных условиях с коэффициентом увлажнения менее 1,0. Для солончакового процесса характерен выпотной водный режим, когда количество выпадающих осадков меньше способности почвы и растений расходовать влагу. Избыток влаги возникает за счет близкого уровня грунтовых вод, капиллярная кайма которых, испаряя влагу, приводит к формированию засоленных почв. Обычно уровень грунтовых вод располагается на глубине 0,5–3,0 м.

Наряду с природнозасоленными почвами в районах орошаемого земледелия значительные площади заняты вторичнозасоленными почвами. Основными причинами вторичного засоления почв являются: бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию на полях, строительство оросительных каналов без гидроизоляции, применение для орошения минерализованной воды.

У автоморфных солончаков выделяется только один подтип — *солончаки автоморфные типичные* с максимумом солей на самой поверхности почвы.

В типе гидроморфных солончаков, кроме типичных, встречаются луговые, болотные и соровые солончаки.

Солончаки гидроморфные луговые образуются в результате засоления луговых почв. Солончаковый процесс накладывается на профиль луговой почвы. Соленакопление сочетается с гумусовым прокрашиванием и признаками гидроморфизма (пятна оксидов железа, марганцевые новообразования, оглеенность и др.).

Солончаки гидроморфные болотные есть результат засоления различных болотных почв. Соли и оглеение по всему профилю.

Солончаки соровые образуются на днищах периодически высыхающих озер. Поверхность влажная, покрыта солевыми выцветами или присыпкой из кристаллов солей. Характерно сильное оглеение, запах сероводорода и отсутствие растительности. Сплошные пласты осадочной соли мощностью более 10 см относятся уже к непочвенным образованиям.

Автоморфные солончаки содержат соли, которые пропитывают почвенную массу и образуют на поверхности выцветы и рыхлые горизонты из скоагулированных частиц почвы и кристаллов солей.

Гидроморфные солончаки внешне хорошо выделяются среди других почв по характеру поверхности, которая обычно покрыта выцветами солей и бывает пухлой, корково-пухлой или мокрой даже в сухое время года. В почвенном профиле солончаков соли выделяются в виде мелкокристаллических скоплений. Они отличаются от мучнистых, карбонатных новообразований, которых в солончаках также много. При большой влажности выделения солей могут отсутствовать, но появляться в виде белых выцветов при обсыхании почвы.

В субстантивно-генетической классификации выделены следующие солончаки: солончаки светлые с подтипами типичные, такыровидные, глееватые; солончаки темные с подтипами глееватые, крип-

тоглеевые и омергеленные; солончаки светлые глеевые с одним подтипом — солончаки типичные; солончаки темные криптоглеевые с одним подтипом — типичные; солончаки соровые с одним подтипом — типичные; солончаки вторичные, где подтипы выделяются по почве, которая подверглась солончаковому процессу — вторичный солончак по черноземам и т. д.

Использование земельного фонда засоленных почв. Солончаки и засоленные почвы широко распространены в приморских низменностях, дельтах и пустынях. Солончаки встречаются в долинах рек, замкнутых дегрессиях и на орошаемых землях. Солончаковое, солончаковатое и глубокосолончаковатое засоление имеют бурые пустынно-степные и светло-каштановые почвы. Среди засоленных темно-каштановых почв и южных черноземов преобладают глубоко-солончаковатые и глубокозасоленные почвы. Засоленные обыкновенные черноземы представлены глубокозасоленными и отчасти глубокосолончаковатыми разновидностями. Различен и химизм засоления почв. Бурые пустынно-степные, светло-каштановые и каштановые почвы характеризуются преимущественно хлоридным, сульфатно-хлоридным, хлоридно-сульфатным и сульфатным (нейтральным) засолением. Среди засоленных обыкновенных и отчасти южных черноземов распространены щелочные содовозасоленные почвы. Содовое засоление широко развито среди луговых и лугово-черноземных почв степной и лесостепной зон.

Ландшафтное разнообразие распространения засоленных почв и солончаков определяет неодинаковые возможности их земельного использования. Типичные солончаки относятся к землям несельскохозяйственного назначения или к пастбищным угодьям. Засоленные почвы могут быть пастбищами и сенокосами или пашней особого земледельческого использования. Пастбища и сенокосы могут быть различного типа в зависимости от состава растительного покрова, который в свою очередь связан со степенью засоления почв (табл. 60).

В составе растительности солончаков большую роль играют солянки. Для них характерна смена красок; весной они зеленые, летом — желтые, осенью — красные и багровые. Благодаря цветному ландшафту солончаки выделяются на фоне степных трав. Признаком слабозасоленных почв является полынь, злаки и разнотравье. Для среднезасоленных почв свойственны полынно-эфемерово-злаковые группировки растительности. Сильнозасоленные разновидности

Таблица 60

Типы естественной растительности на засоленных почвах сухой степи и полупустыни Северного Кавказа (Хлопков)

Степень засоления почв	Растительность
Незасоленные	Полынно-разнотравная, разнотравно-злаковая: полынь таврическая, кохля распростертая, осот полевой, пырей ползучий.
Слабозасоленные	Полынно-злаково-разнотравная: полынь таврическая, мятлик луковичный, однолетние костры и разнотравье.
Среднезасоленные	Полынно-эфемерово-злаковая и злаково-полынная с разнотравьем: полынь солончаковая, житняк гребенчатый, мятлик луковичный, кермек, солодка.
Сильнозасоленные	Эфемерово-солянково-полынная и петросимониевая: полынь солончаковатая, петросимония супротивнолистная, камфоросма, бескильница, ажрек, пырей удлиненный.
Солончаки	Обионовая, обионово-бескильницево-петросимониевая и другие сочетания солянок и галофильных злаков: обиона (лебеда бородавчатая), петросимония толстолистая, солерос травянистый, сарсазан шишковатый, солянка древовидная, кусты солянколосника, местами селитрянка Шоберова.

почв характеризуются наличием эфемерово-полынных и петросимониевых растительных группировок.

Рост растений на засоленных почвах зависит от концентрации и химического состава почвенного раствора. Влияние солей на растение обусловлено осмотическим связыванием воды и специфическим действием ионов на протоплазму. Растворы солей связывают воду так, что она с повышением концентрации солей становится все менее доступной для растений. Это явление называется физиологической засухой, т. е. при концентрации солей в почвенном растворе выше, чем в растении, вода в растение не поступает. Кроме этого соли, проникая в клетку, оказывают токсическое действие на протоплазму. Солеустойчивость растения — это свойство протоплазмы. У различных растений протопласты погибают при разных концентрациях солей в растворах. Например, чувствительные к засолению протопласты гибнут при концентрации NaCl 1,5%, а солеустойчивые выносят 6% и более.

При экологической оценке засоленных почв применяют термины «биологическая солеустойчивость» и «агрономическая солеустой-

чивость». Биологическая солеустойчивость — способность растения осуществлять полный цикл индивидуального развития на засоленной почве, нередко с пониженной интенсивностью накопления органического вещества при сохранении воспроизводства потомства. Агрономическая солеустойчивость — способность организма осуществлять полный цикл развития на засоленной почве и давать в этих условиях продукцию, удовлетворяющую практику сельского хозяйства. Последнее время биологическую солеустойчивость называют «солевыносливостью», а агрономическую — собственно «солеустойчивостью».

Растения отличаются разной солеустойчивостью. В нашей стране и за рубежом разработан ряд классификаций растений по солеустойчивости. Большинство авторов в своих классификациях на первое место из полевых культур ставят подсолнечник, свеклу, хлопчатник, сорго, ячмень. Однако одна и та же культура в разных классификациях может занимать различное место. Это говорит о том, что солеустойчивость может меняться в зависимости от условий произрастания. Например, степень засоления, переносимая растениями, значительно возрастает с повышением влажности почвы. В условиях холодного климата и меньшего потребления воды растения переносят более высокие концентрации солей, чем в жарком климате. Влияет на солеустойчивость и механический состав почв. На тяжелых почвах растение меньше страдает от засоления, чем на легких.

Обобщение опыта многих исследователей в СССР и за рубежом по группировке растений по группировке растений в отношении солеустойчивости растений показано в табл. 61.

Из древесных и кустарниковых пород наиболее солеустойчивые: вяз мелколистный, смородина золотистая, акация желтая, клен татарский, тамарикс, лох узколистный, жимолость татарская, дереза, солончаковые формы березы бородавчатой, ивы сибирской, тополя белого и осины.

По вопросам определения предельно допустимого количества солей в почвах, при котором возможно выращивать сады, нет единого мнения. Одни исследователи считают возможным посадки садов на засоленных почвах, другие, наоборот, не допускают размещения многолетних насаждений на почвах, с повышенным содержанием легкорастворимых солей. Такое противоречие объясняется тем, что незасоленные почвы в обычном понимании, т. е. незасоленные для полевых

Таблица 61

Относительная солеустойчивость растений (по В.А. Ковде)

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Полевые культуры:		
Фасоль, лен	Рожь, пшеница, сорго, соя, кукуруза, рис, подсолнечник	Ячмень, сахарная свекла, хлопок
Кормовые травы:		
Клевер, лисохвост	Донник, райграс многолетний, костер, суданская трава, люцерна, ежа сборная, овсяница луговая, канареечник тростниковый, лядвинец большой, костер безостый	Бермудская трава, пырей высокий, костер, волоснец канадский, пырей американский, овсяница высокая, лядвенец рогатый
Овощные культуры:		
Редис, сельдирей, фасоль	Томаты, капуста спаржевая, капуста кочанная, капуста цветная, картофель, батат, перец, морковь, лук, горох, тыква, огурцы	Столовая свекла, капуста лиловая, спаржа, шпинат
Фруктовые:		
Груша, яблоня, апельсин, грейпфрут, лимон, миндаль, фейхоа, персик	Гранат, фига (инжир), оливкое дерево, виноград, папайя, слива, абрикос, мандарин	Финиковая пальма

культур, могут быть засолены в глубоких горизонтах. Такое засоление сказывается неблагоприятно на росте и плодоношении сада, а в ряде случаев приводит к его преждевременной гибели.

Учет степени засоления для плодовых деревьев чаще всего производят по содержанию групп солей. Различают две группы вредных солей: нейтральные и щелочные. Количество нейтральных солей ($MgSO_4$, $MgCl_2$, Na_2SO_4, $NaCl$, $CaCl_2$) в корнеобитаемом слое не должно превышать для яблони и груши 4,0–3,5, для абрикоса — 4,0–4,5 м.-экв./100г почвы. Щелочные соли (Na_2CO_3, $NaHCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$) более ядовиты: предел содержания 1,0 м.-экв./100 г.

Таким образом, большинство культурных растений при повышенном содержании водорастворимых солей в почвах не может развиваться или дает очень низкие урожаи. Поэтому освоение солончаков

и сильнозасоленных почв возможно лишь при сложных мелиоративных мероприятиях. Наиболее эффективный и радикальный прием удаления солей и опреснения почв — промывка. Лучше проводить промывку в осенне-зимний период. В целях предотвращения подъема грунтовых вод необходим отвод промывных вод с орошаемой территории. Для понижения уровня грунтовых вод применяют дренаж. Повышение плодородия промытых от солей почв достигается внесением органических и минеральных удобрений, улучшением структуры, усилением биологической активности почв. Для этих целей в первый период освоения засоленных участков следует высевать солеустойчивые культуры. Хорошими освоителями засоленных почв во время мелиоративных работ являются люцерна, ячмень, просо, пшеница.

3.8.2. Солонцы

Главный регион распространения солонцов — сухостепные районы с каштановыми почвами. Намного реже они встречаются в черноземной зоне и среди бурых полупустынных почв. На надпойменных террасах степных рек в структуре почвенного покрова значительна роль солонцов. В поймах и дельтах рек широко проявляются солонцеватые процессы. Солонцы являются интразональными почвами. Сплошного распространения, как правило, не имеют, а встречаются в комплексах с другими почвами. Площади, занимаемые солонцами в комплексах, варьируют от 5 до 75%.

Солонцами называют почвы, содержащие в коллоидах иллювиального горизонта обменный натрий в количестве более 15% от емкости катионного обмена. Почвы с количеством обменного натрия менее 15% относят к солонцеватым. Солонцеватые почвы выделяются в классификации как роды черноземов, каштановых и других типов почв. Следует отметить, что обменный натрий встречается практически во всех почвах, но его количество не превышает 3%. Это тот максимальный предел, который необходим для нормальной жизнедеятельности растений.

Генезис, строение и классификация. Образование солонцов происходит в результате комплексного проявления следующих почвообразовательных процессов: солонцовый, осолодение, элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы, дерновый, выщелачивание.

Солонцовый процесс связан с внедрением в почвенный поглощающий комплекс (органические, минеральные и органо-минеральные коллоиды) обменных ионов натрия:

$$ППК\text{-}Ca^{2+} + 2Na^{+} \Leftrightarrow ППК\text{-}2Na^{+} + Ca^{2+}.$$

При этом происходит подщелачивание среды до pH около 9 в связи с появлением в почвенном растворе соды:

$$ППК\text{-}Na^{+} + H_2O \Leftrightarrow ППК\text{-}H^{+} + NaOH.$$

Обменный натрий определяет многие химические, коллоидные, физические и водно-физические свойства почв, которые называют свойствами солонцеватости. Разрушается структура почвы, коллоиды приобретают свойство текучести во влажном состоянии и глыбистости в сухом. Появление в почвенном растворе ионов Na^{+} в количестве, когда ионное равновесие (раствор коллоиды) позволяет им внедряться в почвенный поглощающий комплекс, вызвано притоком солей от грунтовых вод или первичным солончаконакоплением, или в результате минерализации растительных остатков высокозольной травянистой растительности. Соли натрия могут поступать с ирригационными водами.

Осолодение или щелочной гидролиз представляет собой разрушение минеральной части под воздействием щелочных растворов. Разрушаются как первичные, так и вторичные минералы. В подвижное состояние переходят комплексные соединения железа и алюминия, высвобождается кремнезем. Осолодение в разной степени проявления сопровождает солонцовый процесс и строго приурочено к гумусовому горизонту А.

Щелочной гидролиз и диспергация коллоидов, т. е. переход из состояния геля в золь, возможен только при невысокой концентрации солей в почвенном растворе, концентрации ниже порога коагуляции коллоидов, что классически, по Гедройцу, бывает при рассолении солончаков. Сами солончаки никогда не могут быть солонцеватыми.

Элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы происходит под воздействием нисходящих токов атмосферной влаги. Возникает интенсивный вынос веществ, представленных в преобладающей массе органо-минеральными коллоидами гидроокислов железа и алюминия с гуминовыми веществами. Это приводит к относительному накоплению в верхнем элювиальном горизонте А кремнезема

и формированию уплотненного глинистого иллювиального горизонта B_{Na}, обогащенного полуторными окислами. Низкая водопроницаемость иллювиального горизонта вызывает псевдоглеевые процессы разрушения минеральной части. Продукты разрушения агрегируются в конкреции окислов железа и марганца и усиливают элювиальность горизонта А. Накоплению в этом горизонте SiO_2 способствует интенсивное развитие диатомовых водорослей.

Таким образом, в солонцах образуется резко дифференцированная по составу и свойствам почвенная толща: верхний элювиальный горизонт А, обедненный илистыми частицами и полуторными окислами, обогащенный SiO_2, и нижний иллювиальный горизонт B_{Na}, с накоплением в нем пептизирующихся коллоидов. Коллоиды оказываются замкнутыми в пределах иллювиального горизонта. Проникновению их вглубь препятствует карбонатный и гипсовый барьер, вызывающий выпадение коллоидов в осадок.

Выщелачивание и миграция легкорастворимых солей, $CaSO_4$, $CaCO_3$ под воздействием нисходящих токов воды приводит к освобождению элювиально-иллювиальной почвенной массы от легкорастворимых солей и формированию ниже этой толщи солевых горизонтов скопления карбонатов, гипса, хлоридов кальция, магния, натрия, сульфатов магния и натрия. В связи с непромывным водным режимом все соли остаются заключенными в солевом профиле солонца и не мигрируют за его пределы. Водорастворимые соли натрия, залегающие в подсолонцовом солевом горизонте, питают при периодическом увлажнении и высыхании солонцовый горизонт. Солевой горизонт солонцов является постоянным резервом натрия, обеспечивая устойчивость солонца в природе и возможность реставрации солонцовых свойств.

Дерновый процесс ослаблен и охватывает только элювиальную толщу солонцов, т. е. горизонт А.

Типовое строение профиля солонцов определяют следующие генетические горизонты (рис. 17):

А — надсолонцовый: гумусово-элювиальный (A_1), дерновый (Ад), осолоделый (A_2) облегченного гранулометрического состава со сравнительно благоприятными агрономическими свойствами. В данном горизонте сосредоточена практически вся масса корней растений. Это биологически активный горизонт, обладающий плодородием. Его экологические свойства определяют объем биологической продуктивности

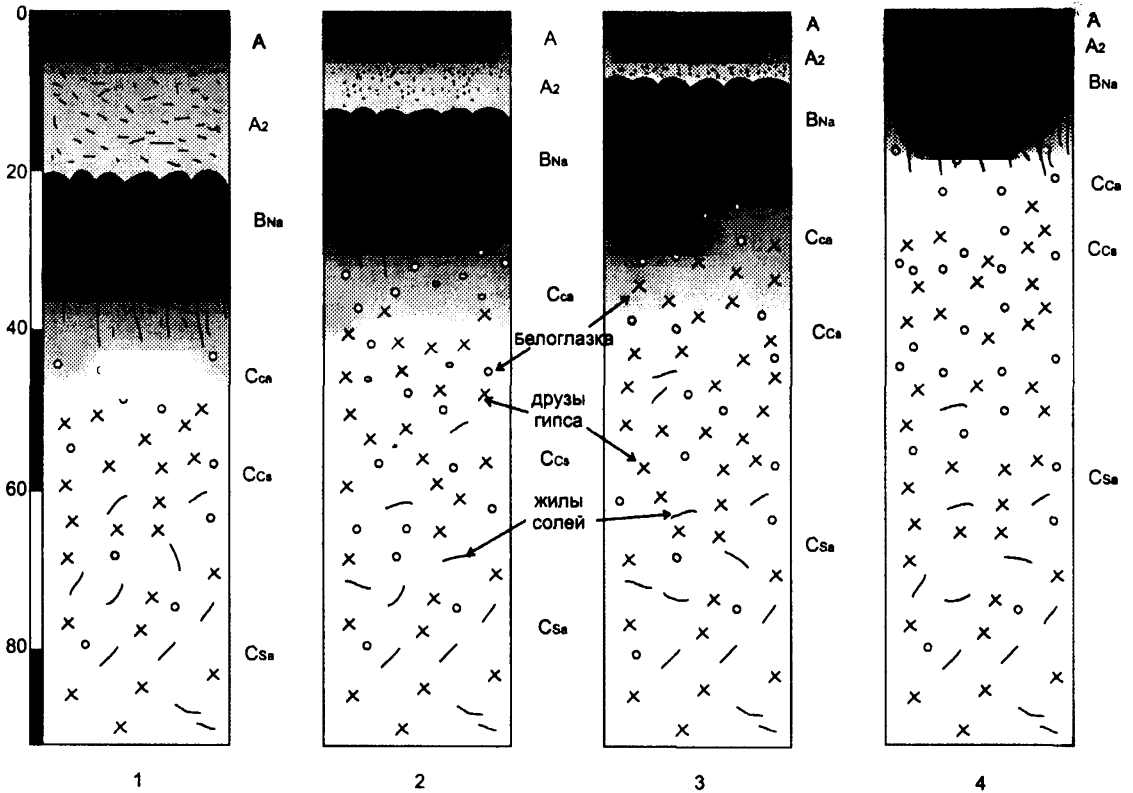


Рис. 17. **Строение автоморфных солонцов:**
1 — солонцы глубокие; 2 — солонцы средние; 3 — солонцы мелкие; 4 — солонцы корковые

всего биоценоза. Главным фактором продуктивности является влагообеспеченность, меняющаяся в зависимости от мощности горизонта, она варьирует у разных видов солонцов от 3 до 25 см;

B_{Na} — солонцовый иллювиальный гумусовый тяжелого гранулометрического состава, грубой столбчато-призматической, глыбистой или ореховатой структуры. Имеет крайне неблагоприятные для растений физические и водные характеристики, содержит обменный натрий и соду (Na_2CO_3, $NaHCO_3$), высоко щелочной. Практически непроницаем для корней растений;

B_{CaCs} (C_{CaCs}) — подсолонцовый иллювиально-десуктивно-карбонатный и гипсовый. Присутствует белоглазка, скопления гипса;

B_{CsSa} (C_{CsSa}) — иллювиальный горизонт максимального скопления легкорастворимых солей и гипса. Присутствуют также новообразования $CaCO_3$. Содержащиеся легкорастворимые соли токсичны для растений. Общая мощность солонцов варьирует в зависимости от их географического распространения от 40 до 100 см.

Классификация солонцов. По характеру водного режима и комплексу свойств, связанных с ним, встречаются солонцы *трех типов*:

Солонцы автоморфные формируются в условиях глубокого залегания грунтовых вод (глубже 5 м) среди черноземов (солонцы черноземные) и каштановых почв (солонцы каштановые). В дерновом процессе участвуют злаково-полынные группировки: полынь черная, белая и др., камфоросма, прутняк, петросимония, типчак, ромашник тысячелистный и др.

Солонцы полугидроморфные образуются при дополнительном участии грунтового увлажнения. Грунтовые воды залегают обычно на глубине 3–5 м. Наиболее типичная растительность: полынь черная, полынь Шренка, кермек, типчак.

Солонцы гидроморфные чаще всего формируются в поймах рек при уровне грунтовых вод менее 3 м. Растительность луговая солонцеватая: вострец, подорожник солончаковый, кермек, полынь солончаковая, волоснец солончаковый и др.

Подтиповые особенности солонцов определяются зональной и ландшафтно-рельефной спецификой почвообразования:

Солонцы черноземные формируются среди черноземов. Встречаются редко. Приурочены к древнеаллювиальным равнинам или к коренным засоленным глинам. Происхождение в основном связано с

особенностями материнской породы. В пашне приближаются к облику зональных черноземов, измененных солонцеобразованием. Солонцовый горизонт грубоореховатой, глыбистой или призмовидно-комковатой структуры. Содержание обменного натрия может достигать 30–40% от емкости поглощения.

Солонцы каштановые развиваются среди каштановых почв. Почти повсеместно участвуют в формировании комплексности растительного и почвенного покрова сухой степи, увеличивая свое участие по мере нарастания сухости климата от темно-каштановых почв к светло-каштановым. Происхождение сложное, биогеоценотическое при участии почвенных животных, растительности, просадочных явлений в грунтах и др.

Солонцы полупустынные распространены среди бурых полупустынных почв. В условиях очень сухого резко континентального климата, карбонатности материнских пород и неглубокого промачивания почвы атмосферными осадками элювиально-иллювиальные солонцовые процессы не получают четкого развития. Участие солонцов в формировании комплексности почвенного покрова не велико.

Солонцы лугово-черноземные формируются в условиях высокой аккумуляции солей в подсолонцовых горизонтах B_{CaSa} (C_{CaSa}) и B_{Sa} (C_{Sa}) при соответствующем уровне грунтовых вод (3–4 м). Отличаются четко сформированным солонцовым профилем.

Солонцы лугово-каштановые распространены в зоне каштановых почв на недренированных равнинах, на речных террасах. Грунтовые воды залегают на глубине 3–6 м и участвуют в выпотной аккумуляции солей ниже иллювиального солонцового горизонта.

Солонцы лугово-полупустынные распространены в зоне бурых полупустынных почв в условиях относительной близости грунтовых вод, аналогично лугово-каштановым солонцам. Морфологический профиль отражает черты зональных почв.

Солонцы черноземно-луговые, каштаново-луговые и лугово-болотные формируются в условиях повышенного капиллярного насыщения влагой всего профиля при близких грунтовых водах (1–3 м). Образуют в поймах и дельтах рек комплексы с луговыми и лугово-болотными почвами и солончаками. Наблюдаются несвойственные другим типам солонцов признаки заболачивания в виде сизых и ржавых пятен, примазок и черно-серых гумусированных затеков.

На виды солонцы делятся по мощности надсолонцового горизонта А, по содержанию обменного натрия и структуре горизонта B_{Na}.

По мощности надсолонцового горизонта А: *корковые* (< 5 см), *мелкие* (5–10 см), *средние* (10–18 см), *глубокие* (> 18 см).

По содержанию обменного Na в горизонте Bi: *малонатриевые* < 10% от емкости обмена), *средненатриевые* (10–25%), *многонатриевые* (> 25%).

По структуре горизонта B_{Na}: *ореховатые*, *столбчатые*, *глыбистые*.

В субстантивно-генетической классификации солонцы черноземные названы солонцами темными, солонцы каштановые и солонцы бурые полупустынные — солонцами светлыми. Солонцы лугово-черноземные и солонцы лугово-каштановые — соответственно солонцами криптоглеевыми темными и светлыми.

Выделяются также типы агросолонцов темных и агросолонцов светлых с подтипами типичных, засоленных, агрогетерогенных и агрогенно-переуплотненных солонцов.

Состав и свойства. Характерная особенность гранулометрического и валового состава солонцов — резкая дифференциация по профилю илистой фракции SiO_2, Fe_2O_3, Al_2O_3 (табл. 62).

Гумусово-элювиальный горизонт отличается более легким составом, иллювиальный обогащен илом и поэтому всегда тяжелее. Отчетливое перераспределение илистой фракции обусловлено пептизацией коллоидов. Преобладающими минералами илистой фракции являются минералы группы монтмориллонита и гидрослюд с примесью аморфных веществ. Солонцовые горизонты содержат больше минералов монтмориллонитовой группы, чем верхние, для которых характерно относительное накопление кварца.

Содержание гумуса колеблется в широких пределах в зависимости от зоны, в которой солонцы формируются, и гранулометрического состава. Солонцы черноземной зоны более гумусированы, чем каштановой. В составе гумусовых веществ в солонцовом горизонте фульвокислоты преобладают над гуминовыми кислотами.

Содержание обменного натрия в горизонте B_{Na} солонцов колеблется от 13–15 до 60% емкости поглощения. В солонцах содового типа засоления обменного натрия значительно больше, чем в хлоридно-сульфатных. В составе обменных оснований часто содержится много

Таблица 62

Состав и физико-химические свойства солонца каштанового, Ростовская область (П.А. Садименко)

Горизонт	Глубина, см	Содержание, %							pH	м.экв/100 г.		Na, % от емкости
		Физическая глина < 0,01 мм	Ил, <0,001 мм	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	$CaCO_3$	SO_3 гипса		Ca+Mg	Na	
A	0–10	42,8	19,0	75,4	12,1	3,8	Нет	Нет	7,6	30,2	3,1	3,0
BNa	30–40	60,8	45,1	65,7	415,6	7,2	Нет	Нет	9,2	38,4	7,6	21,4
CCaCs	60–70	46,4	37,9	66,5	13,5	5,8	11,3	0,4	8,9	30,1	10,4	25,3
CCs	90–100	44,9	33,5	68,8	13,2	5,2	10,4	2,6	8,5	28,3	6,2	20,6
C	160–170	47,4	34,5	69,8	12,5	5,2	9,2	3,2	8,5	29,0	5,9	20,8

магния. Солонцы, имеющие соду, отличаются высокой щелочностью (pH 9–10).

Солонцы отличаются плохими водно-физическими и физико-механическими свойствами. В сухом состоянии они плотного сложения, а во влажном сильно набухают, вязкие, липкие. Водопроницаемость низкая, количество влаги, недоступной растениям, высокое.

Сельскохозяйственное использование солонцов. Солонцы — большой резерв расширения сельскохозяйственных угодий в нашей стране. Однако без коренного улучшения многие из них непригодны к освоению, так как характеризуются низким естественным плодородием. Солонцы и солонцеватые почвы неблагоприятны для большинства растений. Их негативные свойства заключаются в крайне отрицательных физических и химических характеристиках солонцового горизонта, в присутствии в пределах почвенного профиля токсичных водорастворимых солей. Содержащийся в солонцах обменный натрий обусловливает высокую щелочность почв (pH более 8,5–9) и присутствие соды. Накапливающаяся в солонцах сода вызывает гибель растений при содержании 0,005%.

Низкая водопроницаемость солонцов создает резкий дефицит влаги, так как объем почвы, способной накапливать влагу, ограничивается преимущественно надсолонцовым горизонтом. Его мощность не бывает большой — всего 5–25 см. Этот же слой является и корнеобитаемым. Проникновению корней вглубь препятствует солонцовый горизонт. Чем суше выдается год, тем резче падает урожайность на солонцеватых почвах. Зато в годы необычайно влажные солонцы мало отличаются от окружающей их несолонцеватой пашни. В Ростовской области во влажные годы урожайность ячменя на солонцеватых почвах была в 4 раза выше, чем в сухие, т. е. характерна тенденция нивелировки урожайности на солонцеватых и несолонцеватых почвах, что указывает на важнейшую роль дефицита влаги в определении плодородия солонцеватых почв.

Неблагоприятные солонцовые свойства — щелочность, дисперсность, набухаемость, дефицит влаги, высокая плотность и др. проявляются при содержании обменного натрия уже свыше 5–20% от емкости обмена. Кроме неблагоприятных характеристик почвы, связанных с явлениями солонцеватости, обменный натрий оказывает физиологически отрицательное воздействие на растения. Происходит нарушение соотношения катионов кальция и натрия, что затрудняет

поступление кальция в растения. При недостатке этого элемента растения перестают его усваивать. Кальций, наоборот, начинает выделяться из корней в почву.

Солонцеватость резко снижает плодородие почв, понижая урожаи большинства сельскохозяйственных культур (табл. 63).

Культурные растения неодинаково реагируют на солонцеватость почв (табл. 64). Это необходимо учитывать для рационального использования солонцовых почв. При освоении солонцов после их мелиорации для создания благоприятного агробиологического фона и повышения плодородия высевают солонцеустойчивые растения. К ним относятся донник, суданская трава, пырей ползучий, пырей сизый. По мере окультуривания солонцов хорошие урожаи начинают давать ячмень, пшеница и сорго.

Таблица 63

Влияние солонцеватости на уровень плодородия почв (по Серому)

Степень солонцеватости почв и подтип солонцов	Уровень плодородия почв различных зон		
	Лесостепная	Черноземно-степная	Сухостепная
Несолонцеватые	1,00	1,00	1,00
Слабосолонцеватые	0,89	0,88	0,88
Среднесолонцеватые	0,71	0,68	0,68
Сильносолонцеватые	0,59	0,55	0,55
Солонцы глубокие	0,55	0,55	0,60
Солонцы средние	0,45	0,45	0,50
Солонцы мелкие	0,30	0,30	0,40
Солонцы корковые	0,15	0,15	0,25

Таблица 64

Относительная устойчивость растений к обменному натрию

Неустойчивые	Среднеустойчивые	Устойчивые
Фасоль, кукуруза, апельсин, персик, мандарин, яблоня, груша, черешня, слива, абрикос, костер безостый, клевер, люпин, чай, картофель	Морковь, клевер, овсяница высокая, салат латук, овес, лук, редис, рожь, райграс, сорго, томаты, пшеница, вика	Люцерна, ячмень, свекла, хлопчатник, житняк, пырей высокий, айва, рис, донник, суданская трава, волоснец

К культурам, осваивающим солонцы и солонцеватые почвы, по праву можно отнести рис. Установлено, что возделывание риса ... топлением на солончаковых и солонцовых почвах при правильном проектировании систем, их строительстве и эксплуатации оказывает рассоляющее и рассолонцовывающее воздействие на почвы. Успешно осваиваются под рис нейтральные солонцы Сарпинской низменности и долины Западного Маныча. На землях с преобладанием в составе почвенного покрова солонцов урожаи риса по целине достигают 40—50 ц/га. Под культуру затопляемого риса могут быть использованы не только солонцы, засоленные нейтральными солями, но и щелочные (содовые).

Рис обладает способностью снижать щелочность почвенной среды корневыми выделениями и уменьшать содержание обменного натрия.

Из плодовых культур устойчива к солонцеватости только айва. Айва в возрасте до 15 лет вполне удовлетворительно растет и плодоносит на солонцах, состояние деревьев и их урожайность на солонцах мало отличается от состояния и урожайности на темно-каштановых солонцеватых почвах. В.Ф. Иванов считает, что айва — одна из наиболее устойчивых пород к неблагоприятным свойствам почв степного солонцового комплекса и насаждения ее можно размещать на участках с удельным весом степных солонцов 10—15% площади.

На Северном Кавказе плодородие солонцеватых почв для многолетних насаждений учитывается при бонитировке почв (табл. 65). Виноградная лоза более устойчива к солонцеватости, чем яблоня, груша, слива, черешня.

Таблица 65

Уровень плодородия солонцеватых почв для многолетних насаждений

Степень солонцеватости	Na обменный, в % от суммы оснований	Виноградники	Плодовые
Несолонцеватые почвы	менее 3 3–5	1,00 1,00	1,00 0,95
слабая	5–10	0,90	0,50
средняя	10–15	0,70	0,25
сильная	15–25	0,50	0,10
солонцы	Более 20	0,00	0,00

При разработке мероприятий по окультуриванию солонцовых почв обязательно учитывается их качество и количество; степень увлажнения территории; наличие местных материалов, которые рекомендуется использовать для мелиорации; экономическая эффективность.

Приемы окультуривания не могут быть идентичными и в каждом конкретном случае строго дифференцируются. Они должны быть комплексными, направленными на одновременное улучшение всех свойств солонцов: химических, физико-химических, водно-физических и биологических.

В сельскохозяйственной практике приемы эти выбираются из следующей системы мелиоративных мероприятий: особая обработка — плантаж или ярусная вспашка, землевание, гипсование (гипс, глиногипс, гажа, мел), снегозадержание, внесение повышенных доз органических удобрений (навоз, сидераты) совместно с минеральными, использование отходов промышленности, содержащих растворимые соли кальция или минеральные кислоты (фосфогипс, железный купорос, серная кислота, шламы, дефекат и др.). Эффективность мелиорации повышается при комбинированном применении нескольких методов, не заменяющих друг друга.

При осуществлении мелиорации нельзя забывать об охране окружающей среды от загрязнения вредными элементами, особенно это касается отходов промышленности.

Острую необходимость мелиорации испытывают естественные кормовые угодья на солонцовых почвах. Солонцовые пятна здесь занимают наибольшую площадь. Наряду с высокой пастбищной нагрузкой, это привело к интенсивному снижению продуктивности почв. Повышение их плодородия стало настоятельной необходимостью. Продуктивность сильно сбитых естественных сенокосов и пастбищ может быть резко увеличена путем их коренного улучшения. При этом наиболее важными элементами этого приема являются глубокая мелиоративная вспашка и посев солонецустойчивых, максимально приспособленных к экологическим условиям зоны многолетних трав.

3.8.3. Солоди

Солоди — интразональные почвы, распространенные в лесостепной и степной зонах, а также среди почв сухих и полупустынных сте-

пей. Наиболее широко солоди распространены в лесостепи Западно-Сибирской низменности. Эти почвы повсеместно приурочены к замкнутым депрессиям рельефа (западины).

Процессы почвообразования, формирующие солоди, следующие: осолодение, элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы, дерновый процесс и гуматно-фульватное гумусообразование, выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов.

Осолодение происходит в условиях степных депрессий при обилии слабоминерализованных вод поверхностного стока. При осолодении происходит разрушение минеральной части почвы. Реакция растворов — слабощелочная, поэтому и распад минералов определяется как щелочной гидролиз.

Элювиально-иллювиальная дифференциация профиля почвы обязательно сопровождает процесс осолодения. Интенсивный вынос продуктов разрушения, представленных в преобладающей массе органоминеральными коллоидами гидроокислов железа и алюминия, приводит к относительному накоплению в элювиальном горизонте A_2 кремнезема и формированию уплотненного глинистого иллювиального горизонта B_i, обогащенного полуторными окислами (табл. 66).

Низкая водопроницаемость иллювиального горизонта вызывает псевдоглеевые процессы разрушения минеральной части почвы. Продукты разрушения агрегируются в конкреции окислов Fe и Mn и

Таблица 66

Химический состав солоди (по Базилевич)

Горизонт, глубина взятия	Гумус, %	pH солевой	Валовой состав, % на бесперегнойную и бескарбонатную почву			Обменные катионы, м.-экв. на 100 г почвы				Плотный остаток, %	CO_2 карбонатов, %
			SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Ca	Mg	Na	S		
A_1 0–5	8,8	4,7	71,7	12,0	2,9	17	5	1	23	0,17	нет
A_2 10–16	0,8	3,7	80,4	11,8	2,9	5	3	следы	8	0,08	нет
A_2 17–20	0,8	4,0	79,6	11,8	2,8	6	3	1	10	0,09	нет
B_i 20–25	1,3	5,0	69,4	16,1	5,8	16	13	2	31	0,23	нет
B_i 47–57	—	6,6	65,0	17,8	6,6	13	14	6	33	0,30	нет
C_{Ca} 120–130	—	8,0	74,2	15,1	6,0	—	—	—	—	0,13	0,6

усиливают элювиальность горизонта A_2. Избыточная периодическая увлажненность солодей связана с поверхностным гидроморфизмом, притоком воды в депрессии рельефа, с окружающих территорий. Как правило, весной в западинах застаивается вода. На Юге России такие места даже называют лиманами.

Резкая дифференциация профиля солодей отчетливо обнаруживается по механическому составу. Верхний осолоделый горизонт обеднен илистыми частицами, а иллювиальный обогащен ими. Данные валового анализа показывают неоднородность профиля и по распределению полуторaокисей. Осолоделый горизонт A_2 обычно содержит их значительно меньше, чем иллювиальный B_i.

Дерновый процесс и гумификация развиваются в верхней части элювиальной толщи и протекают в ослабленной форме: мощность горизонтов $A_1+A_1A_2$ не превышает 20 см, зернистая структура не выражена из-за сильной элювиированности и кремнеземистой опесчаненности почвы. Необходимо подчеркнуть главное:

- гумусообразование и дерновый процесс происходят одновременно с явлениями элювиирования и сосредоточены в верхней части элювиальной толщи;
- гумусообразование развивается в направлении преобладающего формирования подвижных, слабоконденсированных фульвокислот, обладающих агрессивностью, минералоразрушающей способностью, что, собственно, и провоцирует осолодение или щелочной гидролиз первичных и вторичных минералов.

Выщелачивание простых солей происходит с формированием иллювиального карбонатного горизонта и реже гипсового. Емкость поглощения в осолоделом горизонте невысокая — 10—15 м.-экв., в иллювиальном возрастает до 30—40 м.-экв. на 100 г почвы. В составе поглощенных катионов преобладают Ca^{2+}, Mg^{2+}, имеются Na^+ и H^+. Реакция солевой вытяжки в горизонте A_2 кислая или слабокислая (pH 3,5—6,5), в нижних горизонтах — близкая к нейтральной или слабощелочная. Анализ водной вытяжки из солодей типичных показывает незначительное содержание в них водорастворимых солей.

Типичная солодь имеет следующие генетические горизонты:

A_1 — гумусово-элювиальный (A_1), возможен дерновый (Ад). Мощность горизонта около 10 см. Цвет серый, сложение неясно-зернистое и слитое;

A_1A_2 — гумусово-элювиальный. Хорошо прослеживается серое гумусовое прокрашивание и белесая кремнеземистая присыпка. Нижняя граница на глубине 15—20 см;

A_2 — элювиальный осолоделый. Белесый, похожий на элювиальный горизонт подзолистых почв. Мощность горизонта около 10 см;

B_i — иллювиальный горизонт накопления ила и полуторных окислов. Очень плотный, ореховато-глыбистый. Нижняя граница расположена на глубине 60—70 см;

B_{Ca} — иллювиально-десуктивно-карбонатный горизонт. Новообразования $CaCO_3$ в виде мучнистых скоплений, белоглазки, журавчиков. Общая мощность почвы 110—130 см;

С — материнская порода чаще всего представлена плотными глинами.

По всему профилю солодей в разной степени прослеживаются признаки гидроморфизма в виде пятен оглеения, бурых затеков оксидов железа и мелких железисто-марганцевых конкреций дробовидной формы.

Классификация солодей предусматривает разделение их в зависимости от условий образования на следующие подтипы:

Солоди лесные развиваются под березовыми и березами или в понижениях типа подов и лиманов с хорошо развитым травянистым покровом. В профиле их под лесной подстилкой отчетливо выделяется осолоделый горизонт A_2. Дерновый горизонт A_1 отсутствует или очень слабо выражен, мощность его не превышает 5 см. Профиль сильно напоминает строение подзолистых почв.

Солоди лугово-степные встречаются в небольших понижениях рельефа. Признаки луговости и переувлажнения ослаблены.

Солоди луговые развиваются в крупных степных понижениях с большим водосбором. Характерны четкие признаки оглеения в нижней части профиля почвы и в почвообразующей породе.

Солоди лугово-болотные формируются в глубоких понижениях рельефа с длительным (более одного месяца) застаиванием воды. Наблюдается четкое оглеение в горизонтах A_2, B_i и B_{Ca}. Грунтовые воды расположены на глубине 1—2 м. Часто в лугово-болотных солодях отчетливо выделяются оторфованная дернина $A_д$, торфянистый горизонт $A_т$, гумусвый A_1 и осолоделый A_2.

Согласно **субстантивно-генетической классификации** среди лугово-степных солодей выделяется как самостоятельный тип — солоди светлые (дерновые) с подтипами: типичные, глееватые и поверхностно-турбированные. Поверхностно-турбированные солоди диагностируют по наличию поверхностного слоя, состоящего из фрагментов гумусового, осолоделого и иногда верхней части текстурного горизонта. Кроме солодей светлых, среди лугово-степных солодей предлагается еще самостоятельный тип — солоди светлые (дерновые) глеевые с подтипами типичные и поверхностно турбо-глеевые. Подтип солодей луговых преобразован в солоди темные криптоглеевые (типичные и поверхностно-турбированные), а подтип солодей болотных — в тип торфяно-солоди глеевые, так же как и предыдущие — с подтипами типичные и поверхностно-турбированные.

Отдельно выделяются почвы с приставкой агро- как самостоятельные почвенные типы: агросолоди светлые (дерновые), агросолоди темные, агросолоди светлые (дерновые) глеевые, агросолоди темные криптоглеевые. Таким образом, вместо единого типа солодей предлагается выделять 10 самостоятельных типов, каждый из который разделен на ряд подтипов.

Типично использование солодей в угодьях сенокосов и пастбищ.

3.9. ГИДРОМОРФНЫЕ ПОЧВЫ

3.9.1. Почвы надпойменных террас и степных западин

Почвы повышенного увлажнения могут встречаться среди черноземов и каштановых почв за пределами пойменных территорий. Это почвы степных западин и надпойменных террас. Они могут получать дополнительное увлажнение только за счет атмосферных осадков и их бокового стока (поверхностно-гидроморфные), за счет грунтовых вод (грунтово-гидроморфные) или в результате совместного питания грунтовыми и поверхностными водами (поверхностно-грунтово-гидроморфные).

Черноземы террасовые приурочены к надпойменным террасам степных рек. По профилю наблюдаются скрытые и явные черты древнего гидроморфизма. По своему строению террасовые черноземы сходны с подтипами черноземов окружающих внеречных территорий.

Типовое строение определяют следующие горизонты:

А — гумусовый с признаками строения окружающих черноземов. В целинных и длительно залежных почвах формируются горизонты $А_0$ (степной войлок) и $А_д$ (дерновый горизонт);

АВ — гумусовый переходный со всеми чертами черноземообразования. Однако могут присутствовать редкие признаки прошлого гидроморфизма в виде точечных новообразований железисто-марганцевых конкреций;

$В_{Ca}Q$ — иллювиально-карбонатный криптоглеевый с карбонатными новообразованиями (белоглазка, журавчики) и ржавыми пятнами оксидов железа;

С — материнская порода представлена древнеаллювиальными глинами и суглинками. Грунтовые воды залегают глубже 3—4 м.

Лугово-черноземные почвы практически идентичны черноземам террасовым и являются полугидроморфными аналогами черноземов. Формируются в условиях некоторого повышенного увлажнения,

которое может создаваться за счет местных временных скоплений влаги поверхностного стока, или за счет питания почвенно-грунтовыми водами, или в результате совместного их действия. Глубина залегания грунтовых вод или временной верховодки 3–7 м.

Типовое строение лугово-черноземных почв: $A+AB+B_{Ca}Q+C$.

Лугово-черноземные почвы на равнинах имеют обычное типовое строение. Лугово-черноземные почвы в западинах, как правило, осложнены различными признаками родовой принадлежности (слитость, солонцеватость, осолодение).

Каштановые почвы террас формируются на надпойменных террасах рек каштановой зоны. Для почвенного покрова террас характерна интенсивная комплексность и большое распространение солонцов и солонцеватых почв.

Генетический профиль характеризуют следующие горизонты:

A — гумусовый с чертами строения окружающих каштановых внедолинных почв. В целинных почвах присутствует $A_д$ (дерновый горизонт);

AB — гумусовый переходный (каштановый метаморфический) со всеми чертами каштанового почвообразования. Возможны реликтовые признаки древнего гидроморфизма в виде редких железисто-марганцевых точечных новообразований;

$B_{Ca}(Q)$ — иллювиально-карбонатный с чертами гидроморфизма в виде слабых криптоглеевых проявлений;

$B_{CaCs}Q$ — иллювиальный карбонатно-гипсовый и крипто-глеевый. Пятна оксидов железа ясно наблюдаются глубже 150–200 см. Легкорастворимые соли промыты до этой же глубины;

C — материнская порода — древнеаллювиальные глины и суглинки.

Лугово-каштановые почвы формируются в относительно пониженных условиях макро-, мезо- и микродепрессий рельефа среди каштановых почв, т. е. в местах с повышенным увлажнением за счет поверхностного и внутрипочвенного бокового стока. Таким образом, гидроморфизм этих почв поверхностный, без участия грунтовых вод.

По морфологическому строению лугово-каштановые почвы близки к каштановым, но отличаются от них большей гумусовой затемненностью и большим содержанием гумуса. Они приобретают как бы черноземные черты среди почв сухих степей. Явных признаков гидроморфизма в этих почвах не наблюдается, однако в составе расти-

тельности преобладают более влаголюбивые виды сухих степей (мезофильное разнотравье и злаки).

Профиль лугово-каштановой почвы:

А — гумусовый;

АВ — гумусовый переходный (каштановый метаморфический);

B_{CaCs} (C_{CaCs}) — иллювиально-аккумулятивный карбонатный и гипсовый горизонты;

С — материнская порода.

Луговые почвы в степной и сухостепной зонах среди черноземов и каштановых почв формируются в депрессиях рельефа и увлажняются поверхностными и почвенно-грунтовыми водами.

Генетический профиль луговых почв определяется следующими горизонтами:

$А_д$ — дерновый;

А — гумусовый темно-серого цвета комковато-зернистой структуры с ржавыми редкими новообразованиями оксидов железа;

АВ — гумусовый переходный буро-серой окраски с пятнами оксидов железа, хорошо оструктурен, часто карбонатен;

B_{Ca}(Q) — аккумулятивно-карбонатный и криптоглеевый пестрый в окраске с конкреционными новообразованиями карбонатов, оксидов железа и марганца. Общая мощность $А_д$+АВ+B_{Ca}Q от 50 до 70 см со следами гидроморфизма в виде слабых криптоглеевых проявлений;

C_g — материнская порода с господством глеевых процессов.

Почвообразование черноземов террасовых и лугово-черноземных почв идентично окружающим их черноземам. Типичны дерновый процесс, образование и накопление гумусовых веществ и выщелачивание простых солей с образованием иллювиальных горизонтов карбонатов и гипса. Эти же процессы характерны для каштановых почв террас и лугово-каштановых почв с некоторой отличной от черноземов спецификой и со значительным проявлением солонцеватости профиля и комплексности почвенного покрова.

Выделение указанных почв как самостоятельных типов обусловлено мезорельефными условиями их распространения, что вносит некоторую экологическую специфичность, особенно в виде осложнения строения их профиля разнообразными признаками на таксономическом родовом уровне (солонцеватость, осолоделость, слитость и т. д.). Помимо этого существенным типовым признаком

является то, что лугово-черноземные, лугово-каштановые почвы и близкие к ним почвы на речных террасах в нижней части профиля, в материнской породе и карбонатно-аккумулятивном горизонте содержат признаки гидроморфизма, идентифицируемые как криптоглеевые явления.

Луговые внепойменные почвы образуются в результате дернового и глеевого процессов. Им характерно чередование олуговения, остепнения и заболачивания. Высокое залегание грунтовых вод или частое поверхностное затопление обеспечивают насыщенность корнеобитаемой толщи влагой. Однако переувлажнение не постоянно и сменяется условиями для успешного развития луговой растительности (луговые злаки, осоки, мезофильное разнотравье и др.). В результате разного соотношения увлажнения по сезонам и годам луговые почвы имеют промывной и периодически выпотной режимы почвенной влаги, что влечет неустойчивость солевого профиля и свойств. И все же типичны переувлажненность и развитие глеевого процесса.

Подтиповая диагностика черноземов террас, лугово-каштановых почв, каштановых почв террас и лугово-каштановых почв соответствует строению типа. В типе луговых почв выделяются: луговые — собственно луговые, отвечающие строению типа; влажно-луговые — подтип отличается более обильным увлажнением, что проявляется в большем оглеении и в оксидных следах его проявления. *Влажно-луговые* почвы — это переход к лугово-болотному почвообразованию.

Родовая диагностика:

обычные — соответствуют строению типа (подтипа);

карбонатные — содержат карбонаты в поверхностном горизонте (вскипают от HCl с поверхности);

выщелоченные — содержат карбонаты ниже гумусового горизонта;

солонцеватые — имеют солонцеватый горизонт В с содержанием обменного натрия более 3%;

осолоделые — имеют осветленный серый горизонт A_1A_2. Генетически являются переходной стадией к солодям;

слитые — типичная слитость всего гумусового профиля и черные тона в окраске. Наиболее распространены среди черноземов выщелоченных и типичных южно-европейской фации;

засоленные — характеризуются наличием легкорастворимых солей на глубине 30—150 см.

В субстантивно-генетической классификации лугово-черноземные почвы и террасовые черноземы выделяется как подтипы: черноземы криптоглеевые и черноземы глинисто-иллювиальные криптоглеевые. Лугово-каштановые почвы и каштановые почвы террас названы по типом каштановых криптоглеевых почв. Луговые почвы в этой кл сификации обозначены как тип гумусово-криптоглеевых почв с р делением на подтипы: типичные, солонцеватые, засоленные, осолод лые, омергеленные, т. е. здесь подтиповая таксономия соответствует подразделению на роды в эколого-генетической классификации.

3.9.2. Аллювиальные почвы речных пойм и дельт

Группа типов аллювиальных пойменных и дельтовых почв характеризуется регулярным затоплением (сейчас или в прошлом) паводковыми водами и отложением слоев аллювия. Периодическое затопление паводками и близость грунтовых вод обусловливают особенности водного режима и генезиса, что отражается в специфике их строения.

К основным факторам, определяющим процессы почвообразования в дельтах и прилегающих пространствах, относятся геоморфология, генезис и свойства почвообразующих пород, гидрологические и гидрогеологические условия и антропогенное воздействие. Все это предопределяет разнообразие растительного покрова и оригинальное сочетание почвообразующих явлений.

В дельтовых и пойменных почвах на основе современного и прошлого (но не древнего) аллювиирования в различной степени своего проявления развиваются следующие процессы: дерновый, образование и накопление фульватно-гуматного гумуса, оглеение, осолонцевание, засоление, слитогенез и, наконец, оторфянивание и мергеленакопление.

Аллювиальные дерновые почвы развиваются в условиях кратковременного увлажнения паводковыми водами (рис. 18). В их генезисе грунтовые воды участия не принимают. Обычно они облегченного гранулометрического состава. Распространены на повышенных участках, в прирусловой части поймы и в дельтовых областях, а также на конусах выноса временных водотоков.

Почвообразование формирует профиль почвы малой мощности и начальной одернованности: $А_д$+А+С. Вся мощность около 30 см и менее. Почвенная среда благоприятна для развития травянистых

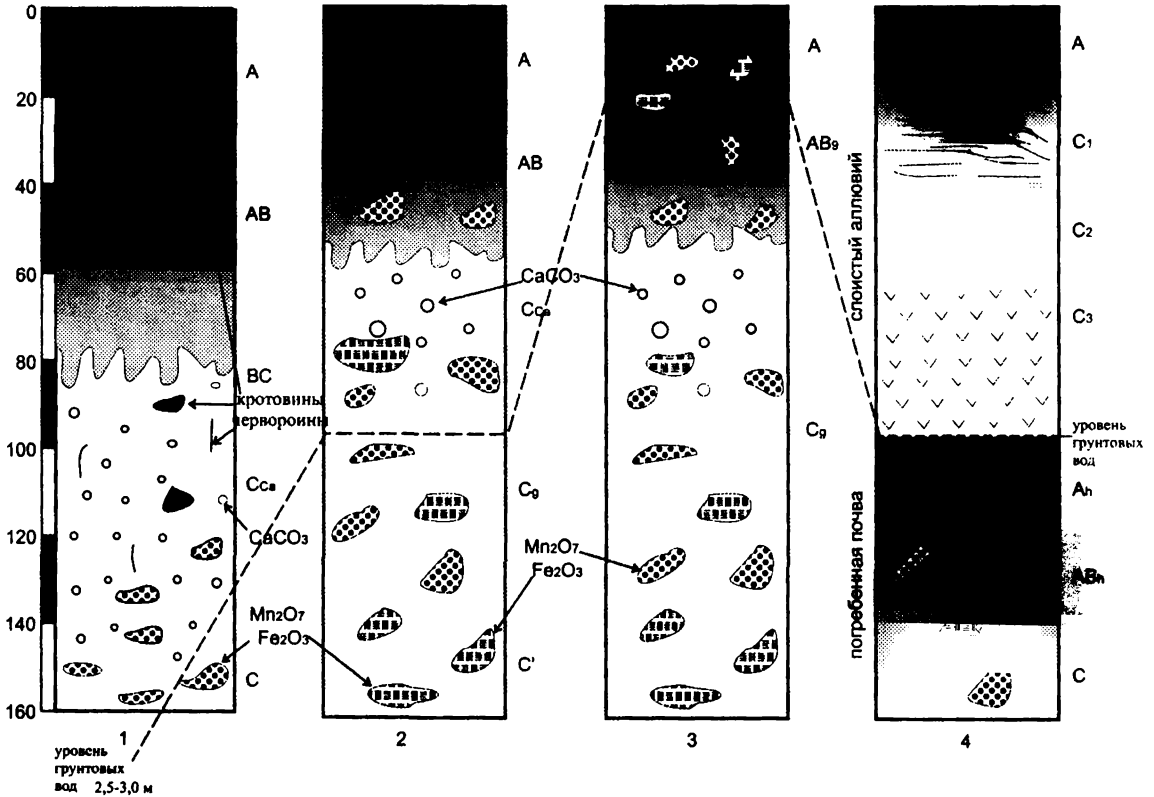


Рис. 18. **Строение гидроморфных почв:**
1 — лугово-черноземная; 2 — луговая; 3 — лугово-болотная; 4 — аллювиальная дерновая

луговых и лесных ассоциаций. В долинах горных рек возможно выделение на типовом (или подтиповом) уровне аллювиальных дерново-лесных почв. Признаки лесного почвообразования в профиле этих почв не проявляются из-за их молодости.

Аллювиальные луговые почвы развиваются под постоянном или временном влиянием аллювиального режима рек в условиях низкой и высокой поймы и дельты. Луговые почвы составляют основной почвенный покров центральной поймы. Участие в генезисе почв грунтовых вод обязательно, они залегают на глубине до 2 м. Постоянный хорошо выраженный травянистый луговой покров обеспечивает хорошую задернованность и гумусообразование, грунтовые воды — гидроморфизм нижней части гумусового горизонта и материнской породы, а аллювиальный кальматаж — слоистость и наличие погребенных почв.

При обваловании русел и зарегулировании речного стока водохранилищами исчезла прерывистость и слоистость почвообразования. Паводки перестали промывать почвы дельт и пойм от солей, аккумулируемых в послепаводковые периоды из грунтовых вод. Повсеместно расширяются деградационные процессы засоления, осолонцевания, слитости и др.

Строение аллювиальных луговых почв определяют следующие генетические горизонты:

$A_д$ — дерновый;

А — гумусовый, тяжелого гранулометрического состава с хорошо выраженной зернистой структурой. Много ржаво-бурых пятен оксидов железа;

АВ — гумусовый переходный с пятнами оглеения и ожелезнения;

B_g — переходный оглеенный горизонт голубовато-сизых тонов разной степени выраженности;

C_g — аллювий слоистый оглеенный. Часто содержит погребенные почвы.

Общая мощность луговых почв около 60 см.

Аллювиальные лугово-болотные почвы характеризуются длительным поверхностным и грунтовым переувлажнением. Формируются под лугово-болотной травянистой растительностью. Процессы повышенного гидроморфизма охватывают весь профиль почвы. Интенсивны солончаковые явления. Грунтовые воды на глубине около 1 м.

Водный режим неустойчивый, зависит от размеров паводков, однако грунтовое переувлажнение постоянно. Гранулометрический состав тяжелый, слоистость аллювия выражена слабо.

Строение аллювиальных лугово-болотных почв характеризуют следующие генетические горизонты:

$A_д$ — дерновый, часто оторфяненный ($A_т$);

A — гумусовый, тяжелого гранулометрического состава с хорошо выраженной зернистой структурой. Много ржаво-бурых пятен оксидов железа;

A_g — гумусовый с четко выраженными признаками оглеения и ожелезнения;

B_g — переходный оглеенный;

C_g — оглеенный аллювий.

Аллювиальные болотные почвы приурочены к притеррасной пойме и прилиманным территориям дельт. Образуются под осоково-тростниковой растительностью. Органические остатки быстро разлагаются, превращаясь в черную или сизо-черную мажущуюся массу. Гидроморфизм проявляется в полной мере в процессах оглеения и в ослабленной форме как торфонакопление.

Подтипы аллювиальных почв. *Аллювиальные дерновые слоистые* примитивные почвы характеризуются сильной слоистостью почвообразующего аллювия и слабым прерывистым гумусонакоплением. Могут образовывать пляжные пески и содержать галечники. Это начальная стадия дернового почвообразования.

Аллювиальные дерновые слоистые почвы несколько удалены от постоянных водотоков русел рек и ериков. Типичен четко выраженный дерново-гумусовый горизонт $A_д$ ($A_д$+A).

Аллювиальные дерновые почвы — при ослаблении аллювиальной слоистости хорошо проявляется дерновый процесс и гумусонакопление. Мощность гумусового горизонта может увеличиваться до 50–60 см. В местных классификациях эти почвы назывались черноземовидными, т. е. похожими на черноземы, но без карбонатных новообразований. В глубоких разрезах наблюдаются погребенные почвы (дерновые или луговые).

Аллювиальные луговые слоистые почвы отражают типичное строение: хорошо выражен гумусовый и нижележащий оглеенный горизонты при четкой слоистости почвообразующего аллювия.

Аллювиальные луговые темноцветные почвы — значительная часть профиля хорошо прогумусирована и похожа на черноземное строение. Оглеенность и слоистость ослаблены. Современная дернина маломощна.

Аллювиальные лугово-болотные почвы отражают строение типа.

Аллювиальные лугово-болотные оторфяненные почвы имеют верхний дерново-торфянистый горизонт.

Аллювиальные болотные перегнойно-глеевые почвы в верхней части профиля содержат органическую перегнойную массу.

Аллювиальные болотные торфяно-глеевые почвы характеризуются присутствием на поверхности слоя торфа менее 50 см.

Родовая диагностика:

обычные — профиль почвы соответствует подтиповому строению;

галечниковые — характеризуются наличием гальки в верхнем полуметре;

засоленные — содержат в профиле почвы легкорастворимые соли, но без поверхностного солончакового максимума в их распределении;

солонцеватые — морфологическая и физико-химическая солонцеватость гумусового профиля;

слитые — имеют черты слитости, выражающиеся в плотном строении; глыбисто-призмоватой структуры с глянцеватой поверхностью ее отдельностей;

карбонатные — вскипают от соляной кислоты с поверхности, однако элювиально-иллювиальное распределение $CaCO_3$ не выражено.

В субстантивно-генетической классификации отдел аллювиальных почв подразделяется на типы: аллювиальные дерновые, аллювиальные темногумусные, аллювиальные торфяно-глеевые, аллювиальные перегнойно-глеевые, аллювиальные гумусово-глеевые, аллювиальные гумусово-криптоглеевые, аллювиальные слитые, аллювиальные гумусово-криптоглеевые мергелистые, аллювиальные гумусово-глеевые рудяковые. Подтипы возможны следующие: оподзоленные, глееватые, поверхностно-турбированные, солонцеватые, засоленные, слитизированные, омергеленные, оруденелые. К распаханным почвам в названии прибавляется приставка «агро-»: агродерновые аллювиальные, агротемногумусовые аллювиальные и т. д.

3.9.3. Рисовые почвы

Рисовые почвы сформированы под воздействием периодического длительного затопления, необходимого для выращивания культуры риса. Главная особенность рисовых почв — их водный и воздушный режим. В теплый период года, с мая по сентябрь, на рисовых полях искусственно создается болотный режим. В условиях затопления в почве окислительные процессы из-за недостатка кислорода сменяются восстановительными. Через 10 дней под залитым полем в почве уже отсутствует свободный кислород, начинается восстановление соединений железа, наблюдается распад белков, и в почве появляется сероводород. В конце вегетации происходит восстановление сульфатов. При ежегодном возделывании риса по рису обнаруживается явная тенденция к возрастанию суммы недоокисленных продуктов, в том числе и двухвалентного железа, к началу вегетации. Значительная часть веществ (двухвалентное железо, сероводород, метан и др.), появляющихся в почве вследствие преобладания восстановительных процессов, токсичны для риса.

Циклическая смена окислительных и восстановительных процессов — ведущий фактор почвообразования на рисовых системах. Но, учитывая различный генезис используемых в рисовом севообороте почв, влияние и последствия указанной цикличности на них имеют отличия.

Искусственный болотный режим трансформирует один из главнейших диагностических признаков почв — состав гумуса. В лугово-черноземных и луговых почвах это выражается в увеличении доли фульватов в составе гумуса и сокращении доли гуматов. В болотных почвах происходит обратный процесс. В зависимости от исходного генезиса почв процесс установления динамического равновесия гумусового состояния и, соответственно, формирования типичных рисовых почв довольно длителен — от 30—40 лет для болотных и лугово-болотных почв, до 100—150 лет для лугово-черноземных почв. В почвах гидроморфного генезиса, сформировавшихся на аллювиальных отложениях, при длительном использовании под рис наблюдается существенное утяжеление гранулометрического состава — возрастает доля илистой фракции. Ведущей причиной этого процесса является принос в почву илистых частиц с поливной водой. Однако не исключено некоторое изменение минералогического состава почвогрунтов

вследствие внутрипочвенных процессов и появления минералов монтмориллонитовой группы.

В черноземах и лугово-черноземных почвах, сформировавшихся на лессовидных отложениям, при использовании их под рис, происходит значительное и необратимое изменение водно-физических свойств по типу слитогенеза: резко уменьшается пористость и водопроницаемость, возрастает плотность и объемная масса. В подстилающих лессовидных отложениях происходят аналогичные процессы, они деградируют. Почвы и бывшие лессовидные отложения приобретают склонность к набуханию при переувлажнении и к трещиноватости при иссушении. Это косвенные признаки изменения минералогического состава почвогрунтов, повышения в их составе доли минералов монтмориллонитовой группы; именно последние придают почвам и подстилающим породам слитогенетические свойства.

Эксплуатация рисовых систем в течение длительного времени (20–30 лет) не приводит к изменению сложившихся ранее естественных зон транзита и аккумуляции солей.

При использовании почв под рисом преобладает процесс выщелачивания солей в нижние горизонты и грунтовые воды и вынос их с последними за пределы рисового чека. При использовании недопромытых остаточно засоленных почв под сопутствующие культуры создаются предпосылки для повторного засоления.

Среди особенностей рисовых почв необходимо назвать антропогенную преобразованность их профиля. В процессе строительства рисовых систем проводятся капитальные планировки, т. е. искусственное преобразование рельефа, сопровождающееся перемешиванием громадных масс почвогрунтов. Срезки почв на повышениях и засыпка понижений в процессе нивелировки поверхности существенно изменили исходное морфологическое строение большинства почв. Строительство рисовых систем нивелирует естественные элементы мезо- и микрорельефа.

Все рисовые почвы, независимо от исходного генезиса, претерпевают существенные изменения, приводящие к формированию типичных рисовых почв. В морфологическом плане, вероятнее всего, эти почвы будут иметь большинство признаков лугово-болотных почв. И все же длительность использования под рис таких различных по исходному генезису почв, как лугово-черноземные и лугово-болотные, недостаточна для сглаживания их морфологических различий.

В то же время общность нового почвообразовательного процесса, обусловленного специфическим водным и воздушным режимом, после 20–30-летнего использования в рисовом севообороте определяет идентичность многих показателей почв. В первую очередь это относится к водно-физическим свойствам.

Рисовые почвы образуются в результате трансформации полнопрофильных почв, но чаще формируются на месте частично или полностью нарушенных при планировке и конструировании рисовых чеков. В своих классификационных названиях подтипы рисовых почв сохраняют предыдущую номенклатуру. Общими характерными признаками рисовых почв являются оглеение, железисто-марганцевые новообразования, преобразование солевого профиля.

3.9.4. Мочары

На протяжении сравнительно короткого отрезка времени на юге России (Краснодарский край, Ставропольский край и Ростовская область), на Украине и в Молдавии получило развитие масштабное, исключительно актуальное явление глубокой современной трансформации свойств, режимов и плодородия почв, обусловленное их переувлажнением. Интенсивному переувлажнению подвергаются еще недавно типично автоморфные черноземы. На месте черноземов возникли новые ландшафты с типичной гидрофильной растительностью и минеральными гидроморфными почвами разной степени заболоченности и засоления. Такие ландшафты получили название мочары.

Мочарным ландшафтом (синоним — мочар, мочак, мочажина) называется переувлажненная территория степной зоны, возникшая под влиянием естественных (первичных) и антропогенных (вторичных) факторов, отличающаяся особым гидрологическим режимом и легко диагностируемая по гидроморфным видам почвенного покрова: хвощам, осокам, тростнику. Пятна мочаров различной конфигурации и размеров нарушают однородность полей, сильно затрудняют полевые работы и обработку с/х культур. Ареалы мочаров нередко имеют пульсирующий характер. Они могут исчезать совсем или вновь появляться во влажные годы. Наиболее обширная часть мочара — периферическая (60–80% общей площади), где уровень грунтовых вод подвержен наибольшим колебаниям.

Мочаристый участок — это комплекс болотных, лугово-болотных, луговых и лугово-степных почв, которые в зависимости от почвообразующих пород могут быть в различной степени засолены и осолонцованы. Все разнообразие мочаров можно свести к двум типам: климатогенные и литогенные. *Климатогенные* мочары возникают в результате застоя поверхностных вод на тяжелых слабопроницаемых почвах и породах. Они чаще всего формируются в замкнутых или полузамкнутых депрессиях, распластанных ложбинах или плакорах с невыраженным уклоном. *Литогенные* мочары формируются при неглубоком залегании от дневной поверхности грунтовых вод, приуроченных к хорошо проницаемым грунтам. Они встречаются, в основном, на склонах и их образование связано с наличием водоупора неглубоко от поверхности в виде красно-бурых, сине-зеленых глин и других отложений, по которым грунтовый поток может выклиниваться на поверхность. Такая дифференциация достаточно условна, так как в ареалах литогенных мочаров подъем уровня воды тесно связан с особенностями климата, в частности с объемом осадков.

Относительно номенклатуры и классификационного положения мочаристых почв единства в литературе нет. Эти почвы разными авторами называются локально переувлаженными, сезонно-гидроморфными, мочаковатыми, пестроцветными солончаковатыми и т. д. Черноземные почвы эволюционируют в следующем ряду: черноземы обыкновенные мочаристые → черноземы обыкновенные глееватые мочаристые → лугово-черноземные мочаристые → черноземно–луговые мочаристые → лугово-болотные мочаристые → болотные мочаристые.

Под влиянием поверхностных и грунтовых, нередко засоленных вод, черноземы приобретают признаки интенсивного гидроморфизма. Возникновение мочаров сопровождается также появлением ряда новых почвообразовательных процессов, несвойственных условиям степных ландшафтов. В профиле мочаристых почв получают развитие такие процессы, как глееобразование, оторфование, засоление, загипсовывание, окарбоначивание и слитизация почв. Засоление почв проявляется, преимущественно, в литогенных мочарах при близком залегании минерализованных грунтовых вод. Их минерализация обусловлена поступлением в поток преимущественно легкорастворимых солей из третичных соленосных майкопских, скифских глин и др.

отложений. В таких почвах наблюдается еще процесс осолонцевания. Загипсовывание почв мочаров — вторичная аккумуляция гипса в почвенном профиле. В тяжелых почвах наблюдается рыхлая белоглазка с диффузными границами, в легких — карбонаты в виде журавчиков или плотной белоглазки с четкими границами.

Таким образом, мочаристый процесс сопровождается целым комплексом изменений физико-химических показателей почвы. Причем физико-химические свойства мочаристых почв обусловливаются как предшествующими, так и современной фазами развития почвообразования.

Подтопление, приводит к изменению окислительно-восстановительных условий и восстановлению элементов с переменной валентностью. При этом начинают разрушаться кристаллические структуры некоторых глинистых минералов почвы (в частности, хлоритов). Содержание гумуса в мочарах несколько больше, чем в зональных почвах. В составе гумуса отмечена тенденция снижения доли гуминовых кислот вследствие усиления гидроморфизма. По гранулометрическому составу мочары относятся к тяжелым суглинкам и легким глинам: содержание частиц менее 0,01 мм в них колеблется от 60 до 70%. Распределение ила неравномерное, обнаруживается тенденция к его накоплению в средней и нижней частях профиля.

Опасность этого явления, его отрицательное влияние на все природные аспекты, жизнь и деятельность человека очевидны. Но такая трансформация почв не ограничивается только прямым ущербом аграрному производству. Серьезно сказывается это явление и на среде обитания человека. Подъем уровня грунтовых вод приводит к подтоплению городов, сел и деревень, разрушению зданий, агрессивному воздействию сульфатных вод на бетон. Подъем грунтовых вод отрицательно влияет на функционирование дорожно-транспортных коммуникаций, усиливает опасность наводнений и водной эрозии.

Почвы мочарных ландшафтов вследствие заболачивания, засоления и осолонцевания обладают низким плодородием по сравнению с автоморфными почвами. Кроме того, сельскохозяйственные работы не могут проводиться до полного подсыхания почв, что иногда затягивает их проведение на месяцы. Мелиоративные мероприятия должны быть адекватными особенностям почвенного покрова. Они

окажутся эффективными только в том случае, если будут применятся в строгом соответствии с реальными факторами почвообразования, конкретными свойствами и режимами почв. Необходим комплексный подход при решении вопроса о применении приемов мелиорации, читывающий различные возможности использования территории. /читывая современный опыт, следует признать, что такой комплекс олжен включать гидротехнические, агрономические, химические и биологические мелиорации. В каждом конкретном случае необходимы свои эффективные приемы, основанные на знании природных условий ландшафта, и особенно свойств и режимов почв мочаров. Использование таких почв после мелиорации следует осуществлять только на фоне современной и районированной агротехники.

3.9.5. Марши и польдеры

Побережье Северного моря в пределах Бельгии, Голландии и Дании окаймлено полосой песчаных дюн и искусственных дамб и плотин. В Голландии, например, длина дамб побережья составляет около 3 тыс. км. Высота дамб 12–15 м при ширине 80–100 м. За полосой прибрежных дюн и дамб лежат низменные равнины маршей, заполненные илистыми морскими отложениями с обилием погребенных горизонтов торфа и разных видов сапропеля. Марши далеко уходят от моря, на 30–60 км. Для естественного состояния характерно постоянное заболачивание атмосферными осадками и гидрологическая связь с солеными водами Северного моря, так как территория маршей имеет минусовые высотные отметки.

Естественные марши давно уже не наблюдаются в европейских странах побережья Северного моря. Они были исходными образованиями для создания искусственных почв. Приморская низменность прорезана густой сетью дренажных каналов и разделяется на участки сельскохозяйственных угодий, которые называют ***польдерами***. С помощью тысяч разнообразных насосов вода перекачивается в каналы и реки и отводится в море. Благодаря этой густой и исправно действующей сети рек, каналов, канав уровень грунтовых вод на большей части территории оказывается управляемым и поддерживается на желаемом уровне, а окультуренные почвы бывших болот-маршей поддерживают экономический уровень стран на очень высоком уровне.

Однако в северных странах всегда был острый земельный дефицит. Это заставило мелиораторов отвоевывать земли у моря, на прибрежном шельфе и создавать искусственные почвы. Различной площади участки, бывшие под водой, затем огороженные дамбами и осушенные, превращены в сельскохозяйственные угодья польдеров. Площади польдеров различны. В Голландии созданы около 3 тыс. польдеров, каждый площадью от десятков до тысяч га.

Основные направления мелиорации при создании искусственных почв: сброс морских вод, осушение с помощью каналов, канав и гончарного дренажа, промывка атмосферными осадками. Первым этапом создания искусственных почв гигантских польдеров, (а площадь их бывает равной 20–60 тыс. га), является возможность управления гидрологическим режимом этих почв. В период дождей вся сеть работает на сброс воды, а в периоды малого количества осадков вода из водохранилищ по каналам направляется в гончарную сеть для подземного орошения.

Польдеры разбиваются на фермерские участки площадью 16–24 га и после строительства дорог, деревень, фермерских построек отдается в аренду землепользователям. Так начинается второй этап освоения территории и создания искусственных почв, а именно — окультуривание почв. При этом интенсивно, но по оптимальным научно обоснованным нормам, вносятся все виды удобрений, а земли преимущественно используются под травы. Обычно нормы внесения удобрений: NO_3–100–300 кг/га, P_2O_5–30–40 кг/га, навоз 20–30 т/га. Калийные удобрения применяются минимально.

При окультуривании почв происходит оптимизация их физических свойств (порозность, структурность, сложение, аэрация), а также идет накопление гумуса, промывки от легкорастворимых солей и карбонатов.

Обычные урожаи сена на польдерах 50–120, зерновых культур — 40–60 ц/га. Безусловно, основное направление сельскохозяйственного производства — молочное животноводство, не имеющее себе равных в мире.

3.9.6. Мангры

Мангры по своей природе близки к маршам умеренного пояса. Формируются на приморских равнинных тропиков. От океана ман-

гры отдельны полосой пляжных песков или дюн. Растительность заболоченных мангровых равнин определяется географическим положением территорий. Обычно мангры распределяются по флористическому составу на индо-тихоокеанские и мангры Америки и Западной Африки.

Своеобразные древние мангровые биоценозы развиваются в условиях приливной соленой океанической воды и пресной воды атмосферных осадков и стоков грунтовых и поверхностных вод с коренного берега.

При общей экологической однотипности центральной части мангровых ландшафтов широко разнообразие почвенного покрова притеррасных частей заболоченных территорий. Это разнообразие определяется геологическим сложением коренных территорий, составом геологических пород, а следовательно, составом обильных грунтовых вод. Из-за притока кислых вод, насыщенных закисным железом, происходит формирование латеритов. Карбонатно-кальциевые воды, прошедшие известковые породы, образуют мощные слои известкового болотного туфа как результат процесса мергеленакопления.

Основные черты почвообразования в манграх под водой и при периодически приливно-отливном затоплении территорий:

- Интенсивная смена солевого режима происходит в результате накопления солей морской воды и грунтовых вод и промывания территории от солей в период паводков и отливов. Сами мангровые растения имеют большую амплитуду солеустойчивости. Они могут расти в почти пресной воде и воде океанической солености.
- Гумусонакопление и торфообразования практически не происходит. Все через детрит интенсивно минерализуются в воде, всегда обогащенной кислородом и находящейся в постоянном обмене. Характерна высокая степень и скорость преобразования биологических остатков.
- Интенсивное развитие в минеральной донной массе и в периодически освобождающейся от воды глеевых и псевдоглеевых процессов, несмотря на кислородную обогащенность мангровых вод. Поверхностные органические остатки интенсивно поглощают кислород, создавая анаэробную среду. Однако эта анаэробность прерывается и возможно периодическое окисление закисных форм железа и марганца.

Мангровые территории, как правило, заповедны. Животный и растительный мир среды уникален. Часто мангровые деревья используются для получения древесного угля.

3.9.7. Использование земельного фонда гидроморфных почв

Черноземы террасовые и каштановые почвы речных террас по сельскохозяйственному использованию аналогичны зональным черноземам и каштановым почвам. Чаще всего это пахотные земли с бонитетом соответствующих подтипов черноземов и каштановых почв. Однако на древних террасовых чаще всего проявляется реликтовое палеогидроморфное накопление солей в глубоких слоях древнеаллювиальных отложений. Это может негативно отразится на плодовых насаждениях: исследование на садопригодность этих территорий обязательно. Непрямоугольная конфигурация земельных массивов террасовых территорий при внутрихозяйственном землеустройстве склоняла проектировщиков к размещению на них многолетних насаждений, что приводило в прошлом к непоправимым ошибкам.

На каштановых почвах террас более развита солонцеватая комплексность, это должно вносить определенные коррективы при организации хозяйств и определении бонитета земель.

Пойменные и дельтовые земли в естественных условиях представляли классическую экологически оптимальную гармонию. Паводковые воды приносили аллювиальный материал, пополняющий плодородие. Вода промывала почвы от излишних солей, накапливающихся в сухой период. Рыбы обеспечивались нерестилищами. Процветающее луговое разнотравье являлось прекрасной кормовой базой естественной фауны и при использовании земель под сенокосы и пастбища. Издавна высоко ценились пойма реки как сенокосные угодья. Местами возделывались сельскохозяйственные растения, если периоды пойменного затопления отвечали экологическим требования этих растений (табл. 65).

Для сельскохозяйственной оценки весенней поемности предложена следующая градация.

Короткая поемность — срок стояния полых вод до 7 дней. Позволяет возделывать большинство культур, принятых для данной зоны.

Таблица 65

Устойчивость растений к затоплению

Неустойчивые	Слабоустойчивые	Устойчивые
Люцерна, абрикос, фасоль, донник, овес, персик, картофель, томаты	Яблоня, груша, костер, хлопчатник, слива, рожь, сорго, пшеница, тимофеевка	Канареечник, клевер, овсяница высокая, рис, ледвянец, вишня

Средняя поемность — со стоянием воды от 7 до 15 дней. Исключает озимые культуры. Благоприятна для естественных и сеяных трав и большинства плодовых насаждений.

Продолжительная поемность — от 15 до 30 дней. Исключает полевые сельскохозяйственные культуры. Благоприятна не для всех трав.

Очень продолжительная поемность — со стоянием полых вод более 30 дней. Способствует заболачиванию территории и развитию болотных травянистых группировок.

Для регулирования поемности необходимо проводить обвалование участков, предназначенных под сельскохозяйственные культуры.

Уникальны по природному разнообразию леса пойменных территорий, далеко уходящие по долинам рек как на север от тайги, так и на юг, в зоны сухих степей и полупустынь. В этих биогеоценозах, как, например, на Северном Кавказе, отмечались особые аллювиально-лугово-лесные почвы.

Зарегулирование рек, строительство плотин и водохранилищ в корне изменило ход развития природных процессов: сократились площади земельных угодий, исчезли нерестилища, появились условия для развития явлений солонцеватости, соленакопления, слитогенеза, что привело в ряде случаев к опустыниванию территорий.

На рисовых почвах главная задача использования земель состоит не в борьбе с засолением почв, а в получении высоких урожаев риса. Однако это часто зависит от эксплуатации, культуры земледелия, севооборотов и т. п. Поэтому универсального, приемлемого для всех участков зоны рисосеяния приема или метода повышения урожайности рисовых почв нет, разнообразие природных и технологических условий определяет необходимость решать задачу повышения урожайности риса в каждом конкретном случае индивидуально. В тоже время монокультура риса категорически исключается, травопольные севообороты обязательны, а на рисовых системах целесообразна

трехъярусная система дренажа *кротового* (на глубине 40–45 см), *оперативного* дренажа глубиной 80–120 см и *систематического* дренажа глубиной 1,7–2,5 м.

Необходимо отметить, что рисосеяние в условиях субтропиков и тропиков имеет свои особенности, способы и проблемы получения высоких урожаев при специфичном качестве продукции.

3.10. ПОЧВЫ ПУСТЫНЬ

Пустыни — особые типы ландшафтов, сложившиеся в областях с постоянно сухим и жарким климатом. На Земле пустыни распространены в суббореальном, субтропическом и тропическом биоклиматическим поясах. Особое место занимают пустыни полярного пояса. В бореальном поясе природных пустынь нет.

Распространение пустынь. Пустыни на всех континентах занимают огромные площади. Самым пустынным континентом можно назвать Австралию.

Биоклиматические условия. Основные черты климатических и погодных показателей (табл. 66): высокие температуры летнего периода, контрастность сезонных и суточных температур, низкое количество атмосферных осадков (коэффициент увлажнения 0–0,15).

Таблица 66

Климатические показатели пустынь

Биоклиматический пояс	Температура, С°				Осадки, мм
	Лето	Зима	Максимум	Минимум	
Суббореальный	22–32	–7–15	50	–42	100–200
Субтропический*	25–35	5–15	50	–20	50–150
Тропический	35–40	20–25	50, на поверхности почвы до 90	5	50–100

* Высокогорные пустыни Памира и Тибета летом имеют температуру 10–15°, а зимой –15–20°.

Даже при полном отсутствии осадков жизнь не прекращается, а следовательно, сохраняются и элементы почвообразования, такие как цветение скал при кратковременном туманном увлажнении и образование пустынного загара.

Наибольшее биологическое разнообразие и наиболее оптимальная экологическая ситуация складывается в субтропических пустынях, где прослеживаются мощные толщи эоловых лессов и песчаных массивов без каких-либо негативных экологических последствий для

жизнедеятельности фитоценозов. В суббореальных пустынных степях господствуют различные третичные и более древние морские глины, содержащие в значительных количествах легкорастворимые соли. Это ведет к солончаковатости почв и господству галофитной растительности.

Основные черты биологических сообществ:

1. Фитоценозы слагают растения ксерофитного типа. Это безлистные кустарники и полукустарники: саксаул, эфедра, солянка, полынь и др. Важное место в фитоценозах занимают эфемеры и эфемероиды. Преимущество эфемеров в том, что они обладают способностью весь свой жизненный путь от прорастания до обсеменения совершить в очень короткий срок — за полтора-два весенних месяца. Это представители крестоцветных, лютиковых, злаков, маковых. Их семена прорастут в новый дождливый сезон. В отличие от однолетних многолетние травы, или эфемероиды, замирают на лето. Наземная часть выгорает, но корневая сохраняется. К ним относятся песчаная осока, или илак, чомуч, дорема, мятлик живородящий, тюльпаны, отдельные виды сингрена. Растительный покров крайне изрежен, объем ежегодного опада минимален.
2. Уникальная приспособленность фитоценозов к недостатку влаги. Это обеспечивается низкорослостью, изреженностью растений и др. В пустынных сообществах надземная масса на много меньше подземной. Обычно соотношение 1:20.
3. Высокая зольность фитомассы и ее богатство белками. Все ландшафты пустыни высоко обеспечены зольными элементами, вплоть до их избыточности и соленакопления в отдельных местах.

Ландшафты пустынь. Природа пустынь, несмотря на многие общие черты, многообразна и привлекательна. Пустыня вдохновляет поэтов. Вспомним А.С. Пушкина и его стихотворение «Анчар» (1828 г.):

В пустыне чахлой и скупой,
На *почве*, зноем раскаленной,
Анчар, как грозный часовой,
Стоит один во всей вселенной.

Это стихотворение примечательно и тем, что именно из него вошло слово «почва» в русский литературный и научный язык.

Длительные периоды сухости в пустынях способствуют резкому сокращению периода биологического пресса на разнообразные литогенные типы кор выветривания. В пустынях, при всем разнообразии геологических условий, и коры выветривания, и почвы в конечном итоге формируются в однотипные, мощные по объему зональные ферраллитные образования. В пустынях же беспредельно господствует физическое выветривание, биохимически, химически и биологически не затрагивающее природу первичной литогенности выходящих на поверхность горных пород, а, наоборот, способствующее консервации, сохранению древних поверхностей, природных и антропогенных образований.

В пустынях прекрасно сохраняются как реликты прошлых природных условий, так свидетельства жизни человека древних эпох. Это сухие русла бывших рек, красноцветные коры выветривания влажного тропического почвообразования в Австралии, наскальные рисунки человека в горах Ахагари и Тебисти в центре Сахары, показывающие быт охотников в отнюдь не пустынных саваннах, постоянно действующие колодцы на местах кочевий с незапамятных времен, пустые городища и т. д.

Пустыни — единственные природные зоны, где интрозональные и азональные ландшафты преобладают над типично зональным ландшафтообразованием, отражающем сущность биоклиматического круговорота веществ и энергии. Одним из парадоксов пустынь можно назвать многообразие форм поверхности, преобладание азональных образований (табл. 67). И эти формы в первую очередь связаны с ли-

Таблица 67

Зональные и азональные пустыни

Зональная пустыня	Почвы зональных пустынь	Площадь зональных пустынь, %	Азональные образования пустынь
Суббореальные пустынные степи	Серо-бурые пустынные	30–50	Пески бугристые, пески барханные, каменистые пустыни (гаммады), такыры, солевые коры, солончаки (шоры), пустынный загар
Субтропические пустыни	Сероземы и серо-коричневые пустынные	30–40	
Тропические пустыни	Красновато-бурые пустынные	20–35	

тогенными особенностями коры выветривания и в значительно меньшей степени — с зональным биологическим круговоротом материи. Последнее является важнейшей особенностью азональных ландшафтов пустынь. Площади таких ландшафтов увеличиваются от суббореальных пустынь к тропическим, а в пределах биоклиматического пояса — по мере нарастания сухости климатических условий.

Зональные почвы пустынь проявляются на равнинных пространствах, где господствуют мелкоземистые коры выветривания глинистого и суглинистого гранулометрического состава, имеющие значительную мощность (3—10 м и более).

Географически и по энергетической напряженности различают:

- суббореальные пустынные степи с серо-бурыми пустынными почвами;
- субтропические пустынные степи с сероземами и серо-коричневыми пустынными почвами;
- тропические суккулентные пустыни с красновато-бурыми пустынными почвами.

Характерны следующие черты почвообразования и свойства почв пустынь:

1. Биологическое почвообразование отличается кратковременностью, но высокой интенсивностью минерализации как растительных остатков, так и гумусовых веществ. При гумификации в основном образуется фульвокислоты ($C_{ГК}$: $C_{ФК} < 1$), обогащены азотом.

2. В почвенных процессах велика роль зооценозов. Почвенная фауна придает почвам кавернозность, дырчатость и перерабатывает растительный опад. Гумусовый профиль мощностью всего около 10—20 см при содержании гумуса менее 2%.

3. Для почв пустынь типичен нисходяще-возвратный водный режим при неглубоким промачиванием почвы, всего до глубины 30—50 см в серо-бурых почвах и до 50—100 см в сероземах. Миграция происходит на фоне карбонатности материнских пород, что особенно выражено в сероземах. Поэтому pH почв слабощелочная, в пределах 7,5—8,5. При карбонатности поверхностных горизонтов заметно иллювиирование $CaCO_3$ на глубину промачивания почвы.

4. Высокая обеспеченность катионами кальция и магния почвенных растворов препятствует диспергации коллоидов и развитию солонцовых процессов, хотя в отдельных случаях среди серо-бурых пустынных почв встречаются и солнцеватые почвы.

5. В почвах отсутствуют процессы перемещения по профилю или стой фракции в целом и коллоидов в частности. Распад алюмосили катов как результат оглинивания крайне замедлелен. Типично пылеватое оглинивание.

6. Образование структуры в почвах не выражено из-за скудности растительного покрова. Во всех почвах наблюдается высокая микроагрегатность. Повсеместно образование на поверхности почв пористой и слоеватой корки (1—2 см).

7. Пустынные почвы полностью насыщены основаниями из которых на долю кальция и магния приходится 85—95%. Пылеватый характер почвенной массы, часто ее ферраллитность и малая гумусность обуславливают низкую поглотительную способность, всего 8—15 мг/экв на 100 г.

Таким образом, общие черты почвенного покрова пустынь определяются их малой мощностью, весь профиль почвы укладывается в 20—35 см. В составе почв много карбоната кальция свободного и конкреционно сцементированного, а в суббореальных пустынях типично накопление легкорастворимых солей, образование солевых корок. Реакция среды всегда щелочная. Содержание гумуса незначительно, не превышает 2,0%. В тропических пустынях почвы красно-бурого цвета, как проявление актуальной или реликтовой ферраллитности.

Азональные образования в пустынях. *Песчаные пустыни* представлены образованиями двух типов — пески бугристые и пески барханные.

Обычно бытует ошибочное представление о господстве в пустынях песчаных массивов: как правило, пустыня ассоциируется с песками. Но это заблуждение: пески, хотя и занимают большие площади, но не преобладают. Более того, распространение песков в суббореальных пустынях совсем незначительно.

И еще одно ошибочное мнение: будто бы пески в пустынях постоянно куда-то передвигаются.

Пески бугристые — это развеваемые пески, лишенные растительности или представленные ее редкими экземплярами. Причины появления бугристых песков — антропогенные разрушения растительного и почвенного покрова, как правило, в результате неумеренного выпаса скота на барханных песках.

Пески барханные — это закрепленные от выдувания пески с хорошим растительным и почвенным покровом. Растительность является активным препятствием для дефляции.

Пески барханные без антропогенного вмешательства склонны к закреплению, превращению в бугристые пески с формированием на них особых почв. При закреплении песков в поверхностных слоях накапливается гумус, карбонаты и пылевато-иловатые частицы, образующие корку, которая предотвращает развевание.

Песчаные пустыни — самые благоприятные для жизни пространства. Пески поглощают водяные пары из воздуха, конденсируют их при перепаде температур. Чем выше бархан, тем больше воды он накапливает. Поэтому подавляющее большинство колодцев вырыто у подножия барханов. Наиболее богатые пастбища в пустынях расположены на закрепленных песках. Здесь же и большее сосредоточение пустынной фауны. На песках барханов формируются особые почвы, которые скрепляют пески карбонатными и гумусовыми накоплениями.

Каменистые пустыни (гаммады) представлены на выходах плотных массивно-кристаллических и осадочных пород (граниты, гнейсы, мергели, известняки и т. д.). Это самые безводные и безжизненные ландшафты пустынь; почти полностью лишенные флоры и фауны.

Такыры образуются на равнинных депрессиях, сложенных из рыхлого глинистого наноса. Слабозасоленная поверхность этого материала в условиях краткого переувлажнения, отсутствия водопроницаемости и длительного сухого и жаркого времени склонна превращаться в такыровидную.

Такыр представляет гладкую как бы отполированную поверхность, разбитую неглубокими трещинами на ряд паркетообразных многоугольников, имеющих в диаметре 10—30 см. Растительность на такырах представлена редкими эфемерами, встречающимися по трещинам. На самой поверхности такыра после дождей развивается много сине-зеленых и диатомовых водорослей, которые и определяют направление почвообразовательного процесса, а сами примитивные почвы носят черты солонцеватости и не превышают 5—6 см мощности. Такыры, как и гаммады, маложизненны.

Солевые коры встречаются чаще всего в тропических пустынях на рыхлых мелкоземистых породах. Их генезис имеет древнюю и до сих

пор не вполне ясную историю. Они формируются при глубоком залегании грунтовых вод, капиллярная кайма которых находится глубоко от поверхности. Предполагается парообразный или пленочный перенос солей, хотя механизм его представить трудно.

Солевые коры представляют каменистую поверхность, похожую на гаммаду, особенно после механического разрушения. По химическому составу выделяются коры карбонатные (SiO_2 — до 25%, CaO — 65–80%), сиаллитно-карбонатные (SiO_2 – 25–45%, CaO — 50–65%), карбонатно-сиаллитные (SiO_2 — более 45%, CaO — менее 50%), и сиаллитно-гипсовые ($CaSO_4$ – 25–50%, CaO — менее 10%, SiO_2 – 20–70%).

Солевые коры практически безжизненные пространства.

Солончаки (шоры) образуются в местах с близкими грунтовыми водами. В Средней Азии солончаки широко распространяются после деградации Аральского моря. Типична галофитная солянковая растительность. Эоловый (ветровой) перенос солей представляет экологическую угрозу окружающим территориям.

Пустынный загар. Поверхности скал и поверхность камней каменистой гаммады покрыта пустынным загаром. Это тонкая темно-бурая или черная пленка, в которой накапливаются окислы железа и марганца и органические соединения. Эфемерные увлажнения поверхности камней и скал приводят к кратковременному развитию пленки сине-зеленых водорослей. Скалы зеленеют, «цветут». Водоросли оказывают активное воздействие на горную породу, вызывая распад минералов. Миллиметровую пленку на скалах можно назвать своеобразной почвой.

Земельное использование пустыни. Жизнь в пустыне создавала особый тип хозяйства — кочевое скотоводство с характерными для него сезонными перегонами.

Земледелие возможно только при орошении. Бывшие среднеазиатские республики СССР обладали 56% орошаемых земель страны и производили 100% хлопка, 100% каракуля, 77% шелка, 40% шерсти овец.

На поливных землях Средней Азии уживаются культуры умеренных и субтропических широт: ячмень, пшеница, просо, виноград, а также плодовые — яблоня, груша, абрикос и многие другие. Благодаря обилию солнца плоды получаются более сладкие, нежные, сочные. Если сахаристость украинских абрикосов 7–10%,

то туркменских — до 30%. Хивинские и тедженские дыни, бухарский урюк (абрикос), самаркандская вишня по вкусу и сладости не знают себе равных. Все они выросли на почвах пустыни, под ее знойным солнцем.

Но, чтобы выжить в условиях пустыни и приносить урожай, будь то хлопчатник или рис, виноград или груша, нужна вода. При ирригации возникают особенно остро проблемы засоления почв, а культура хлопчатника обязательна в севообороте с люцерной.

3.11. ВЫСОКОГОРНЫЕ ПОЧВЫ

Высокогорные почвы сформировались в зоне альпийских и субальпийских, а также послелесных влажных лугов и степей. Высокогорная зона подчинена вертикальной поясности: сверху она ограничена субнивальным поясом, а снизу — горно-лесным или горно-степным, или горно-пустынным. В разных районах континентов Земли высокогорные альпийские и субальпийские почвы отличаются своей спецификой. Однако везде — это самостоятельные оригинальные типы высокогорных почв. Они образуются в условиях большого количества осадков под разнотравной растительностью альпийского и субальпийского типов на различных почвообразующих породах.

Впервые открыты и наиболее изучены горно-луговые и горно-лугово-степные почвы Кавказа. К высокогорным почвам Кавказа близки почвы регионов суббореальной и субтропической Евразии, конечно, с разными высотами над уровнем моря.

Интервал высот этой зоны на Кавказе составляет 1800–2500 м в субальпийском поясе и от 2300 до 3100 м — в альпийском.

Выделение в систематике особых высокогорных почв, безусловно, связано с особенностями климатических условий. Климат высокогорий холодный, влажный, с мощным снеговым покровом (до 2 м, местами 3–4 м). Лето прохладное, осень и особенно весна продолжительные. Количество выпадающих осадков варьирует в широких пределах от 1000–1500 до 2000 мм, а в западных районах и выше — до 3000 мм. Осадки превышают испаряемость в 2–3 раза, поэтому водный режим промывной. Избыточное увлажнение отмечается в течение всего года. Коэффициент увлажнения горно-луговых почв — 2–3, горно-луговых черноземовидных и горно-луговых степных — 1–2.

В весенне-летний период почвы прогреваются, а зимой не промерзают либо промерзают неглубоко под обильным снеговым покровом. Поэтому фактически в этих почвах биохимические процессы идут в течение всего года.

Фактором, ограничивающим произрастание лесной растительности, являются низкие температуры летнего периода. Лес находит благоприятные условия для своего обитания при летних температурах не ниже 15 °С и достаточном увлажнении. Примечательно и то, что не имеют значения ни продолжительность летнего периода, ни температуры зимнего, какие бы низкие они ни были. На равнинах нашей планеты такие условия встречаются только в субарктическом поясе северного полушария, в Атлантическом океане, в центре теплого течения Гольфстрим (Фарерские острова и Исландия). Здесь при оптимально теплой зиме летние температуры не превышают 10—12°С. Леса не растут. На хорошо дренированных территориях, что связано с особенностями почвообразующих пород, господствует луговая растительность и приуроченные к ней особые луговые субарктические почвы, похожие на наши горно-луговые.

На основании многочисленных работ было доказано, что все ряды почв в умеренном и субтропическом поясах в аспекте вертикальной зональности заканчиваются горно-луговыми почвами.

Характерная особенность почвообразования на скелетных корах выветривания в зоне высокогорий — свободный внутренний дренаж почвенной толщи при высокой величине поверхностного стока. Это создает в ней окислительные условия и вынос легкорастворимых продуктов почвообразования за пределы почвенного профиля. Именно такими особенностями объясняется отсутствие в горах тундровых глеевых почв, которые на равнинных территориях в высоких широтах следуют после лесной таежной зоны.

Почвообразование в условиях травянистых высокогорий происходит под воздействием следующих почвообразовательных процессов.

Накопление грубого кислого (горно-луговые) или нейтрального (горно-луговые черноземовидные и горные лугово-степные) гуматно-фульватного гумуса при формировании дернового и часто торфянистого поверхностного горизонта.

Интенсивное физическое выветривание, как причина щебнистости профиля и образования каменистых осыпей.

Интенсивное оглинивание, приводящее к накоплению в почвах глинистых частиц и ферритизации, т. е. появлению свободных окислов железа и алюминия.

Интенсивное выщелачивание легкорастворимых солей и карбонатов, содержащихся в почвообразующих породах и образующихся в процессах минерализации растительных остатков и гумуса, а также при оглинивании. Данный процесс происходит при интенсивном горизонтальном промывном водном режиме и способствует поддержанию кислой реакции среды и обескарбоначиванию профиля.

Для всех типов высокогорных почв особенно характерно накопление органического вещества в больших количествах. Это обусловлено несколькими причинами. Климатические условия зоны обеспечивают постоянную высокую влажность почвы, вследствие чего формируется богатая луговая растительность. Вегетационный период в зависимости от высоты продолжается всего 1–5 месяцев в году. Разложение растительных остатков протекает медленно из-за высокой влажности и низких температур. Поэтому процесс минерализации органического вещества замедлен. Образующиеся при разложении органические кислоты создают кислую реакцию среды и ведут к ненасыщенности почв основаниями.

Горно-луговые почвы развиваются под альпийскими, субальпийскими мезофильными и влажными лугами. В профиле почв выделяются следующие генетические горизонты (рис. 19):

$A_д$ ($A_т$) – дерновый гумусовый или торфянисто-дерновый гумусовый. Интенсивно пронизан корнями. Содержит много органического вещества;

A — гумусовый, темно-коричневый, высокогумусный, мелко-комковатой и зернистой структуры;

AB — гумусовый переходный;

BC — переходный с преобладанием свойств почвообразующей породы;

C — элювий или элювио-делювий коренных пород;

D — коренные породы.

Общая мощность почв изменяется в широких пределах от 20 до 100 см. Все они бескарбонатны и отличаются кислой реакцией среды и фульватным гумусом.

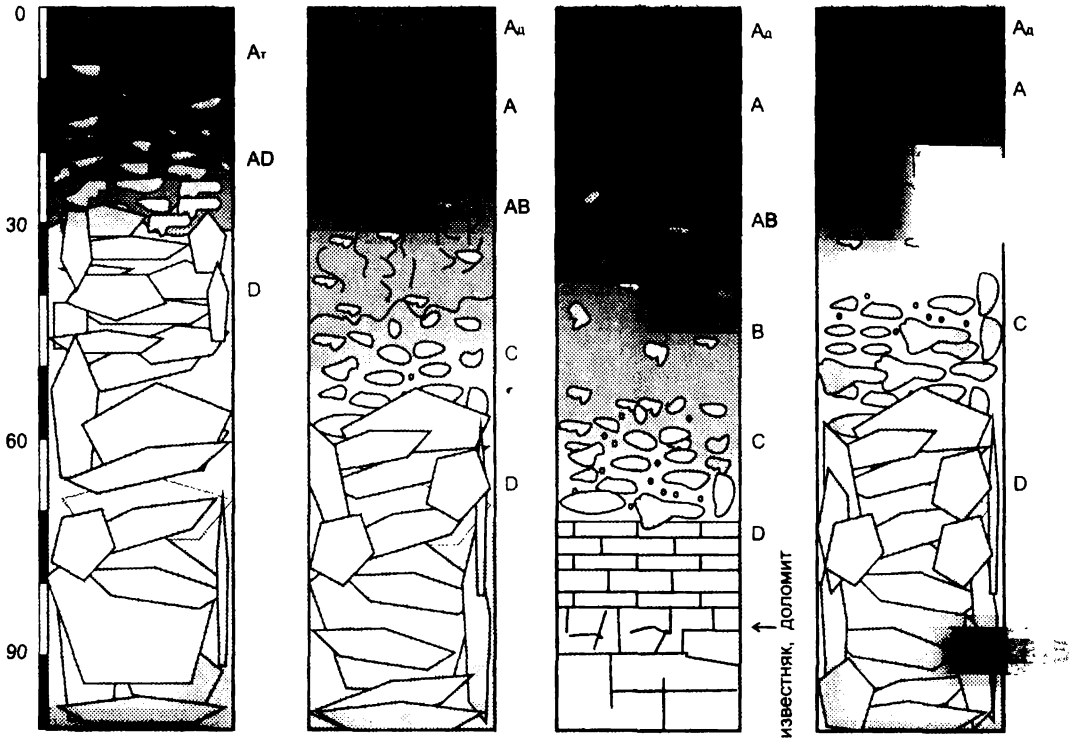


Рис. 19. **Строение высокогорных почв:**
1 — горно-луговая альпийская; 2 — горно-луговая субальпийская; 3 — горно-луговая черноземовидная; 4 — горно-степная субальпийская

Горно-луговые черноземовидные почвы формируются под альпийскими и субальпийскими остепненными лугами и луговыми степями. Тяготеют к центральной и восточной части Кавказа. Генетический профиль определяют следующие горизонты:

$A_д$ — дерновый гумусовый, признаки оторфянености отсутствуют;

A — гумусовый, темно-серый с коричневатым оттенком, комковато-зернистой структуры;

AB — гумусовый переходный. Характерно ослабление черных тонов. Возможно присутствие карбонатов;

BC — переходный с преобладанием в окраске и строении признаков почвообразующей породы;

C — элювий (элювио-делювий) карбонатных пород.

Мощность колеблется в широких пределах от 20 до 100 см. Присутствие карбонатов типично, реакция среды близка к нейтральной. В составе гумуса преобладают гуминовые кислоты.

Горные лугово-степные почвы развиваются в высокогорной безлесной зоне под остепненными лугами и луговыми степями. Географически они тяготеют к территориям Восточного Кавказа, отличающимся повышенной сухостью.

Генетический профиль слагают следующие горизонты:

$A_д$ — дерновый гумусовый;

A — гумусовый, серовато-коричневый с комковато-зернистой структурой;

AB — гумусовый переходный с непрочной зернисто-комковатой структурой;

BC — переходный со свойствами материнской породы;

C — элювий (элювио-делювий) коренных бескарбонатных пород.

Карбонаты по всему профилю горных лугово-степных почв не наблюдаются. Мощность профиля около 60 см. Реакция среды от слабокислой до слабощелочной.

Для всех типов высокогорных почв Кавказа характерно присутствие по всему профилю включений щебня, гравия и др. Несмотря на выделение дернового горизонта, корневые системы травянистой растительности пронизывают весь профиль почвы, вплоть до горизонта C. Профили высокогорных почв интенсивно перерыты землеройными

животными. Очень много повсеместно капролитов. Важнейшая генетическая и диагностическая особенность: при визуально слабом гумусовом окрашивании почв присутствие гумусовых веществ уникально велико (более 20%). По цвету почвы нельзя определить ее истинное гумусовое содержание. Причина наблюдаемого явления — высокогорная специфика гумуса.

Подтиповая таксономия представлена следующим образом:

Горно-луговые альпийские почвы формируются под альпийской растительностью и имеют морфологическое строение, соответствующее описанному для типа.

Горно-луговые субальпийские почвы образуются в условиях субальпийского природного пояса под субальпийской и послелесной луговой растительностью. Отчетливо отличаются от альпийских почв появлением серых тонов в окраске, большей прочностью структуры, более тяжелым гранулометрическим составом вследствие интенсивного оглинивания.

Горно-луговые черноземовидные типичные почвы по морфологическому строению соответствуют описанию, данному для типа.

Горно-луговые черноземовидные выщелоченные почвы от типичных отличаются отсутствием обломков карбонатной породы и вскипания от соляной кислоты в гумусовом профиле.

Горно-луговые черноземовидные карбонатные почвы характеризуются карбонатностью всего профиля, как мелкоземистой части, так и каменистых включений.

Горные лугово-степные субальпийские почвы формируются под субальпийскими лугами и луговыми степями.

Горные лугово-степные альпийские почвы развиваются в условиях альпийского пояса под остепненной растительностью. Отличаются от субальпийских почв меньшей сероватостью в окраске и меньшей оформленностью структуры.

В субстантивно-генетической классификации высокогорные почвы отдельными типами не выделяются. Они включены в состав типов дерновых почв (горно-луговые) и темногумусовых почв (горно-луговые черноземовидные, горные лугово-степные). В эти же типы по субстантивно-генетической классификации входят дерново-карбонатные, горно-тундровые дерновые, высокогорные дерново-гольцовые почвы, а также остаточно-карбонатные и неполноразвитые роды черноземов.

Высокогорья — ценнейшие летние пастбища. Однако в результате длительного антропогенного воздействия верхняя граница леса в районе пастбищ снижена на 150—300 м. Неумеренный выпас скота ведет к распылению структуры, увеличению плотности почв, деградации растительного покрова, развитию эрозии. Основа рационального землепользования альпийских и субальпийских лугов — нормированный выпас скота в системе пастбищеоборотов и сенокосооборотов.

3.12. ПЕСКИ И ПЕСЧАНЫЕ ПОЧВЫ

Пески и песчаные почвы встречаются во всех зонах Земли. На Юге России пески и своеобразные почвы, приуроченные к ним, встречаются в Ростовской, Астраханской, Волгоградской областях, в Дагестане и Калмыкии. Об их распространении можно судить по следующим данным: площадь, занимаемая в Калмыкии, составляет около 650 тыс. га, в Ростовской области — 220, в Дагестане — 150, в Волгоградской области — 100 тыс. га. На Украине известны Нижнеднепровские пески. Большие песчаные массивы находятся в полупустынях и пустынях Средней Азии: Каракумские, Кызылкумские, Прибалхашские, Приаральские, Большие и Малые Барсуки. Пески известны для пустынь всех континентов.

Пески — геологические образования, сформировавшиеся при выветривании горных пород и переотложении продуктов выветривания под влиянием преимущественно воды и ветра.

По происхождению пески подразделяются на элювиальные, делювиальные, морские, озерные, аллювиальные (современные и древние), флювиогляциальные и эоловые.

Пески, лишенные растительности (развеваемые), представляют собой скопления рыхлых песчаных масс с весьма сложной поверхностью, состоящей из бугров, гряд, небольших барханов, котловин выдувания. Процесс почвообразования на них постоянно прерывается эоловыми процессами, поэтому гумусовый горизонт в них отсутствует.

Пески состоят почти нацело из минеральных частиц размером более 0,01 мм (> 90%) и отличаются резким преобладанием фракции >0,05 мм.

Минералогический состав песков определяется составом исходных горных пород, условиями их разрушения, переноса и переотложения продуктов разрушения. Биологически оптимальны полевошпатовые пески, а кварцевые отличаются малой распространенностью и исключительной бедностью элементами-биофилами.

Редко встречаются известковые пески в районах, где песчаные территории расположены вблизи выходов известковых пород.

Химический состав песков тесно связан с их минералогическим составом и характеризуется большим содержанием SiO_2 и незначительным железа, алюминия, кальция, магния. Пески содержат мало гумуса (от сотых долей процента до 0,5–0,7%) общего азота, валового фосфора и калия. Емкость поглощения незначительная — 0,5–2 м.-экв.

Почвообразование на песках во всех природных зонах Земли имеет свои оригинальные особенности, которые можно обобщить следующими положениями:

1. На песках не образуются зональные типы почв. Нет подзолов, черноземов, каштановых почв, красноземов песчаного гранулометрического состава. Всегда и повсюду на песках формируются оригинальные интразональные почвы. В тайге — это иллювиально-железисто-гумусовые подзолы, в пустынях и полупустынных областях — бугристые пески с поверхностно окарбоначенными корковыми почвами с друзами $CaCO_3$, все тропические пески обязательно красноцветны с латеритными конкрециями полуторных окислов без всяких черт зональности увлажнения и т. д. В Ростовской области в прошлом песчаные почвы получили оригинальное название — «серопески» и всегда рассматривались самостоятельно вне зональности почвообразования;

2. Песчаные почвы, как и все интразональные образования, в каждой природной зоне имеют свои, только им присущие черты;

3. Все песчаные почвы отличает промывной водный режим, как бы ни были сухи климатические условия. Соленакопления в песках не происходит. В то же время в водном режиме песков значительно участие парообразной воды в ее нисходящих и восходящих миграциях. Пески способны аккумулировать пресную воду;

4. Пескам всегда присуща своя зональная псамофитная растительность. Однако космополитизмом отличается сосна: на песках она встречается от субполярных до тропических областей. Культурные растения песков специфичны как по видовому составу, так и по количеству и качеству урожая.

В зависимости от климатических, зональных и других природных условий (уровня грунтовых вод, подстилающих пород, рельефа территории) песчаные массивы могут быть использованы для различных целей: выращивания лесных культур, организации выгонно-пастбищных угодий, сенокосов, бахчеводства, виноградарства и т. д.

3.13. ПОЧВЫ УРБОЛАНДШАФТОВ И ТЕХНОЗЕМЫ

3.13.1. Почвы урболандшафтов

В условиях города наблюдается наиболее наглядное сочетание естественных факторов почвообразования с вновь возникшими, более мощными и, несомненно, доминирующими антропогенными факторами, что ведет к формированию здесь специфических почв и почвоподобных тел. И на сегодняшний день стало очевидным, что почва не всегда является объектом потенциального плодородия, дарующим жизнь; в условиях современного техногенеза она в большей мере выступает как природное тело, сохраняющее, за счет высокого потенциала своих протекторных функций, экологическое равновесие того или иного ландшафта. И городские почвы наглядный тому пример.

Основным результатом развития процесса урбанизации является значительное отчуждение продуктивных земель под застройки и промышленные объекты, при этом площади таких земель повсеместно увеличиваются. Основная причина трансформации почвенного покрова городов лежит во все прогрессирующей строительной деятельности человечества. С этим связаны изменения почв, включающие снятие, уничтожение или перемещение плодородного слоя, а также накопление, возможно, здесь же вредных промышленных и строительных отходов. Особенно много таких земель в Европе. По данным М.Н. Строгановой (1997), в Бельгии они занимают 28%, Великобритании — 12%, Германии — 11% площади. В Российской Федерации в городах и населенных пунктах, на территории, равной 0,65% от общей площади, проживает около 3/4 населения, т. е. более 100 млн человек.

Нужно отметить, что возросшая за последние десятилетия интенсивность антропогенной трансформации почв, привела к существенному изменению компонентного состава и структуры почвенного покрова больших территорий.

Все почвы города разделяются на группы: естественные ненарушенные почвы, естественно-антропогенные поверхностно преобразованные, антропогенные глубоко преобразованные *урбаноземы* и почвы техногенных поверхностных почвоподобных образований — *урботехноземы.*

Основным отличием городских почв от природных является наличие диагностического горизонта *«урбик»*. Это поверхностный насыпной, перемешанный горизонт, часть культурного слоя мощностью более 50 см, с примесью — более 5% — антропогенных включений (строительно-бытового мусора, промышленных отходов). Его верхняя часть гумусирована. Наблюдается нарастание горизонта вверх за счет пылевых атмосферных выпадений, эоловых перемещений, антропогенной деятельности. Естественные ненарушенные почвы сохраняют нормальное залегание горизонтов естественных почв и приурочены к городским лесам и лесопарковым территориям, расположенным в черте города.

Естественно-антропогенные поверхностно преобразованные почвы в городе подвергаются поверхностному изменению почвенного профиля менее 50 см мощности. Они сочетают в себе горизонт *урбик* мощностью менее 50 см и ненарушенную нижнюю часть профиля. Почвы сохраняют типовое название с указанием характера нарушенности (например, *урбо-подзолистая скальпированная, погребенная* и т. д.).

Антропогенные глубоко преобразованные почвы образуют группу собственно городских почв *урбаноземов*, в которых горизонт *урбик* имеет мощность более 50 см. Они формируются за счет процессов урбанизации на культурном слое или на насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см, и подразделяются на 2 группы:

физически преобразованные почвы, в которых произошла физико-механическая перестройка профиля (*урбанозем, культурозем, некрозем, экранозем);*

химически преобразованные почвы, в которых произошли значительные хемогенные изменения свойств и строения профиля за счет интенсивного химического загрязнения как воздушным, так и жидкостным путем, что и отражается на их разделении *(индустризем, интрузем).*

Кроме этого, на территории городов формируются почвоподобные техногенные поверхностные образования — *урботехноземы.* Они представляют собой искусственно созданные путем обогащения плодородным слоем или торфо-компостной смесью насыпных или других свежих грунтов почвогрунты. Среди них выделяют *реплантоземы, конструктоземы.*

Несомненно, что естественный почвенный покров на большей части современных городов уничтожен и (или) претерпевает кардинальные изменения, поэтому, наряду с изучением влияния загрязнения городских почв на экологию города, усиливается интерес к особенностям их морфологии и физико-химического строения. Отмечены значительные отличия этих почв от естественных (табл. 68).

Таблица 68

Признаки вновь возникших городских почв (Burghardt, 1996)

Городские почвы могут:	Вследствие этого возможно:
Содержать повышенное (больше, чем в нативной почве) количество горизонтов, посредством переотложения субстратов.	Высокое содержание скелетного материала (камни, гравий)
Содержать техногенные субстраты, такие как строительный мусор, пепел, шлак.	Повышенное содержание карбонатов и, как следствие, высокое значение pH.
Содержать вредные вещества, за счет эмиссии или за счет миграции из вновь привнесенных горизонтов.	Повышенное содержание органического углерода и токсичных элементов

Ведущим фактором почвообразования в большинстве типов доминирующих и субдоминирующих городских ландшафтов (урболандшафтов) является техногенез, часто «перекрывающий» влияние естественных, в первую очередь, биоклиматических почвообразующих факторов. Интерференция различных составляющих техногенеза и природных почвенно-геохимических процессов в городах исключительно сложна. Тем не менее по характеру геохимического изменения естественных и в разной степени измененных городских почв относительно фоновых почв региона можно судить об уровне их техногенной трансформации.

Одной из наиболее характерных особенностей структуры почвенного покрова города является его прерывистость (дискретность) и фрагментарность распространения. Процесс запечатывания становится одним из факторов, еще более осложняющим структуру почвенного покрова в городе и диагностику городских почв.

Сложность почвенного покрова обусловлена также различием в сроке освоения территории. В древнем центре города почвы развиваются на мощном культурном слое. В новых районах жилищного строительства почвообразование идет на перемешанных отложениях, спланированных территориях с большей или меньшей срезкой верхних гумусированных слоев.

На территории многих крупных городов естественные нетронутые почвы не сохранились, все они преобразованы либо сельскохозяйственной деятельностью, либо лесомелиоративными мероприятиями, либо затронуты процессами урбанизации. В результате сформировались разнообразные морфологические профили почв со сложной историей. Эти измененные варианты сочетают ненарушенную среднюю и нижнюю части профиля и антропогенно-нарушенные верхние слои. Почвы различаются по гумусированности, карбонатности, оглеенности, по характеру формирования (насыпные, перемешанные), по степени нарушенности профиля, по количеству и составу включений (бетон, стекло, токсичные отходы и т. д.) и другим показателям.

3.13.2. Техноземы

Среди техногенных поверхностных образований различаются техноземы и техногрунты. К техногрунтам относятся обнаженные срезанные и насыпные) минеральные и торфяные грунты без гумусированных, в том числе искусственных, горизонтов, а также погребенных почвенных профилей (или же последние залегают на глубине >1 м).

Техноземы представляют собой искусственно созданные почвогрунты, которые могут быть следствием целенаправленного конструирования субстрата для определенных хозяйственных нужд, прежде всего земледелия, а также побочным продуктом техногенных нарушений почвенного покрова. Техноземы диагностируются по наличию насыпного гумусового слоя, искусственное происхождение которого устанавливается по ряду морфологических признаков, а также по остаточным или погребенным элементам естественного почвенного профиля. Среди техноземов различаются поверхностно-гумусированные техноземы — почвоподобные образования с поверхностным залеганием органо-минерального вещества и поверхностно-

негумусированные техноземы, в которых почвенный профиль погребен негумусированной минеральной массой или же срезана верхняя, в том числе гумусированная, часть профиля.

Поверхностно-гумусированные техноземы по характеру строения искусственного гумусированного профиля могут быть разделены на две группы: реплантоземы — почвоподобные тела, в которых гумусовый слой нанесен на поверхность рекультивируемой породы или сильно эродированной (срезанной) почвы; конструктоземы, представляющие собой образования, в которых путем инженерного воздействия изменено естественное залегание почвенных горизонтов или проведено их существенное механическое преобразование.

Все техногенные поверхностные образования разделены на четыре группы: квазиземы, натурфабрикаты, артифабрикаты, токсифабрикаты.

Квазиземы (почвоподобные образования) представляют собой гумусированные материалы, внешне сходные с почвами. Состоят из одного или нескольких слоев гумусированного или иного плодородного органогенного материала, которые могут подстилаться негумусированным, преимущественно минеральным материалом или чередоваться с ним.

В пределах группы квазиземов выделяются две подгруппы — *реплантоземы и урбиквазиземы. Реплантоземы* представляют собой земли, рекультивированные под сельскохозяйственное использование, которые характеризуются залеганием насыпного гумусированного слоя на предварительно подготовленную (обычно спланированную) поверхность нарушенных грунтов, в том числе и насыпных.

Урбиквазиземы отличаются от реплантоземов в основном характером толщи, подстилающей гумусированный слой и состоящей из смеси минерального материала и специфических антропогенных включений в виде остатков строительных материалов, коммуникаций, дорожных покрытий и др.

Натурфабрикаты (созданные из природных материалов) — представляют собой поверхностные образования, лишенные гумусированного слоя и состоящие из природных минеральных, органических и органо-минеральных материалов.

Среди натурфабрикатов различают следующие подгруппы:

Пабралиты — представлены вскрышным минеральным материалом днищ и бортов карьеров и других горных выработок.

Литостраты — насыпные минеральные грунты отвалов вскрышных и вмещающих пород горнодобывающих и строительных предприятий, грунтовые насыпи и выровненные грунтовые площадки, создающиеся при разработке и обустройстве месторождений полезных ископаемых, строительстве поселков и др.

Органостраты — насыпной складированный торф или иной природный органический материал.

Органолитостраты — смешанный несортированный органоминеральный материал, представленный предварительно срезанным и складированным для последующей рекультивации гумусированным мелкоземлистым материалом черноземов и других почв.

Артифабрикаты (созданные из искусственных, прошедших переработку материалов) — состоят из искусственных, не встречающихся в природе материалов промышленного и урбаногенного происхождения, залегающие на почве или на специально подготовленных площадках с полностью или частично нарушенными почвами.

Подгруппы артифабрикатов различаются так же, как и натурфабрикаты, по составу слагающего их материала:

Артиндустраты — представлены нетоксичным материалом промышленной переработки естественных материалов (шлаки, зола и др.).

Артиурбистраты — образованы бытовыми отходами городских свалок.

Атифимостраты — состоят из жидких, полужидких и твердых органических материалов городских фекальных стоков, навозно-жижевых стоков животноводческих ферм, отходов деревообрабатывающей промышленности и др.

Токсифабрикаты (созданные из отравленных, токсичных материалов природного или искусственного происхождения) — состоят их токсичных химически активных материалов, на которых без специальных дезактивационных мероприятий долгое время невозможно выращивание сельскохозяйственных и лесных культур, а также возобновление естественной растительности. К ним относятся материалы шлакохвостохранилищ токсичных отходов некоторых промышленных предприятий, отвалов вскрышных пород отдельных месторождений

полезных ископаемых, отходы бурения нефтяных и газовых скважин, вязкие нефтепродукты, ядовитые городские отходы, незакрытые отвалы ядохимикатов и минеральных удобрений и др.

В пределах группы токсифабрикатов выделяются практически те же подгруппы, что и в натур- и артифабрикатах. Они отличаются от своих аналогов токсичностью слагающих их материалов: *токсилитострaты, токсиндустраты, токсиурбистраты, токсифимостраты.*

Часть IV

ПЛОДОРОДИЕ, РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОХРАНА ПОЧВ

4.1. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВ

4.1.1. Понятие о плодородии почв

Почвы представляют собой сложную особую биокосную оболочку земного шара, покрывающую сушу материков. Горные породы, подвергаясь воздействию многих поколений живых организмов, испытывая длительное влияние атмосферы и гидросферы, преображаются в почвенный покров. Почвы имеют особый органоминеральный состав. В процессе почвообразования происходит накопление гумуса и других сложных органических соединений. Почвы обогащаются также биогенными вторичными алюмосиликатными и силикатными минералами, биофильными элементами и, таким образом, приобретают специфическое свойство — плодородие — способность обеспечивать рост и продуктивность растений, т. е. производить урожай. Это свойство почвы служит основным условием продуктивности фитоценозов и сельского хозяйства со всеми его отраслями.

Соотношение химических элементов в живом веществе и горных породах различно. В почвах постоянно аккумулируются, одновременно закрепляются и переходят в подвижное состояние химические элементы, обеспечивающие жизнь. Важнейшая особенность почвы, основа ее плодородия — избирательное накопление необходимых элементов в почвенных слоях, которое возможно только при участии живых организмов и, главным образом, растений. Их корни поглощают эти элементы из пород. Растения, накапливая в своем веществе элементы-биофилы, затем передают их почвенному гумусу и другим соединениям, тем самым улучшая среду своего обитания. Почвы с гумосферой закрепляют нужные для жизни химические элементы и становятся начальным звеном последующего усвоения и миграции этих элементов по цепям питания многих групп организмов. Но, в конце концов, они снова приходят к почве.

Неоднородность биоклиматических условий в сочетании с геоморфологическим разнообразием поверхности Земли определяет сложное переплетение жизненных процессов и явлений физического,

химического и иного преобразования литосферы. Формируют широкое разнообразие почв, часто резко контрастных по своему строению и качествам. Но все почвы объединяет общее свойство — плодородие.

***Плодородие** — это способность почвы удовлетворять потребность конкретных растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы воздухом и теплом. Питание, вода, воздух, тепло — главнейшие слагаемые плодородия почв.* Здесь необходимо подчеркнуть следующее. Под почвенным питанием понимается обеспечение растений минеральными формами P, K, Ca, Mg, Na и практически всеми другими химическими элементами, имеющимися в природе. Однако основная масса живого вещества планеты построена из химических элементов, имеющих атмосферное происхождение. Ведущие компоненты атмосферы: N_2, CO_2, H_2O — это газы. Именно из них строятся органические вещества живых организмов, в которых по массе господствуют C, O, H, N. Академик В.И. Вернадский подчеркивал, что «...почти все вещества организмов создаются из газов. Еще ярче эта связь выражена в факте, что все земные газы (исключая вулканические эманации) так или иначе связаны с организмами и процессами жизни».

Кислород — продукт фотосинтеза растений. Весь кислород атмосферы происходит из молекул воды. Вода тоже предоставляет живым организмам водород. Кислород и углерод живого вещества происходят из углекислоты. CO_2 при, в общем-то, незначительном содержании в атмосфере (0,03%) — фундамент всей жизни планеты. «Без угольной кислоты не было бы жизни», — пишет В.И. Вернадский и далее отмечает: «Зеленая растительность перерабатывает и поглощает главным образом углекислоту, происходящую от дыхания почвы. Дыхание почвы есть биохимический процесс, связанный с выделением углекислоты бактериями, почвенной микрофауной и грибами».

Первоисточник воды — соленые воды Океана. Однако вся пресная вода, без которой немыслима жизнь, имеет атмосферное происхождение. Это не что иное, как конденсированная из газообразного состояния атмосферная влага. Среднее ее содержание в атмосфере около 3%.

Наконец, азот, как компонент живых организмов, имеет атмосферное происхождение, хотя и усваивается в большинстве своем из

минеральных соединений почвы. В минеральных породах литосферы азота не было. Организмы, фиксирующие азот из атмосферы, обогащают им почву.

Почва считается плодородной, если растения на ней не страдают т холода и перегрева, а корневые системы получают в нужном количестве элементы питания, воду, не испытывают недостатка в кислороде воздуха. Недостаток или избыток одного из слагаемых компонентов плодородия ограничивает возможности получения урожая и часто приводит к гибели растений.

В многогранном понятии плодородия каждая его составляющая важна и незаменима. А поэтому не следует искать главное. Выделим лишь крайне разносторонние функции живого и мертвого органического вещества и продуктов метаболизма, трансформации органических соединений, их минерализации и новообразования, где вещественно и энергетически преобладает фотосинтез. В этой сложнейшей цепи круговорота и превращения материи выделяется группа специфических органических соединений почвы — ее гумус. Специфических потому, что они присущи в природе только почвам. От возникновения гумуса, его существования и исчезновения (минерализации) зависит разностороннее явление — плодородие почвы.

4.1.2. Виды и формы плодородия почв

Возникновение плодородия связано с естественным почвообразованием, поэтому каждой почве присуще ***природное***, или ***естественное плодородие***. Если почва распахивается либо используется под кормовые угодья, она включается в сельскохозяйственное производство. Ее природное плодородие начинает проявляться в продуктивности сельскохозяйственных угодий. Этот вид плодородия часто называют ***эффективным***, в котором объединены ***естественное*** и ***искусственное*** плодородие.

Искусственное плодородие создается человеком, его разносторонним воздействием на природу почвы. Однако человек по-разному влияет на почву. Известно много примеров, когда благодаря его деятельности естественные малопродуктивные ландшафты пустынь, болот, солончаков, солонцов были преобразованы в плодородные пахотные земли. В цветущие сады превратились болота Колхиды, плодородными стали земли Нидерландов, Голодной степи, оазисы

Хорезма и Сахары, высокие урожаи риса получают в дельте Кубани и т. д. Все это иллюстрирует положительное влияние человека на естественные свойства почв, искусственное плодородие проявляется по отношению к природному в высоком эффективном плодородии. Но часто земледелец по незнанию или из-за нерадивого хозяйствования, пренебрежительного отношения к почве снижает естественный уровень плодородия, что приводит к деградации почвенного покрова.

Плодородие почв проявляется в двух формах. Во-первых, *плодородие почвы выражается в продуктивности (урожайности) произрастающих на ней растений, в количестве синтезируемой фитомассы.* Плодородная почва должна давать высокий урожай сельскохозяйственных растений. Примером могут служить черноземы Кубани, обладающие превосходными естественными свойствами для культурной растительности и по праву считающиеся плодороднейшими почвами мира.

Однако высокая урожайность растений может быть достигнута за счет увеличения искусственного плодородия. Нечерноземные почвы Западной Европы — рекордсмены мира по урожайности зерновых культур. Поэтому плодородие разных почв, их бонитет сравнивается по многолетней урожайности культурных растений, но обязательно — при равных экономических затратах на получение урожая.

Во-вторых, *плодородие почвы выражается в богатстве элементами питания, гумусом, в растительно-экологических свойствах и их количественно-качественных особенностях.* В данном случае плодородие определяется содержанием в почвах азота, фосфора, калия и других биогенных элементов, необходимых для питания растений и поддержания их различных физиологических функций. Большое значение имеют также свойства почвы, ее характеристики, создающие определенные экологические условия, среду для жизнедеятельности растений. К ним относят реакцию среды (pH), физические свойства, содержание солей, гранулометрический состав, каменистость, солонцеватость, увлажненность и др.

4.1.3. Экологическая конкретность плодородия почв

Главный парадокс плодородия заключается в том, что все почвы обладают плодородием, и в то же время нет вообще плодородных зе-

мель. Их плодородие очень конкретно. Еще в I в. римский ученый-философ Плиний Старший отмечал:

Почва, которую украшают высокие и стройные деревья, далеко не самая лучшая, если не считать ее пригодность для самих деревьев.

Различные почвы не могут быть одинаково хороши для всех растений. Экологические особенности растительных организмов крайне разнообразны в отношении требований к почвенным условиям: к реакции среды, физическим свойствам, гранулометрическому составу и даже к богатству органическим веществом и элементами питания. Например, чай и люпин растут только на кислых почвах, а люцерна предпочитает нейтральные и слабощелочные почвы. Для зерновых культур оптимальны тяжелые структурные почвы, а картофель, бахчевые культуры и черешня лучше растут на легких почвах. На богатых в отношении элементов питания и органического вещества почвах не размещают плантации виноградников и табака из-за резкого ухудшения качества продукции, а конопля и овощные культуры требуют очень богатых почв. Поэтому на практике почвы всегда разделяются на более благоприятные для полевых культур, для садов, для виноградников, для картофеля, для огородов, для чайных плантаций и т. д. Так что *одна и та же почва для одних растений может быть плодородной, для других — малоплодородной.*

В этой особенности почвенного плодородия заложена основа рационального, т. е. в наибольшей степени отвечающего почвенным условиям, размещения сельскохозяйственных растений, направленного на оптимальную специализацию сельскохозяйственного производства. Изучение почвенного покрова, почвенное районирование позволяют выделить территории с наиболее благоприятными природно-почвенными условиями для разных направлений сельского хозяйства, для разных культурных растений. С особенностями почвенного плодородия связано развитие зернового хозяйства, льноводства, хлопководства, виноградарства, табаководства, садоводства, субтропического плодоводства и др.

Учитывая экологические особенности культурных растений, плодородная почва должна обладать следующими качествами:

- ***Соответствовать по своим свойствам экологическим особенностям возделываемых культур.*** Например, богатые черноземные почвы — лучшие пшеничные земли, на легких

почвах хорошо растет картофель и бахчевые культуры, тяжелые пойменные земли — оптимальны для риса, чай и люпин растут только на кислых почвах, а люцерна предпочитает нейтральные и слабощелочные, и т. д.

- ***Обеспечивать растения минеральными веществами.*** Доступность и количество этих веществ неравнозначны для разных культур. Овощи и конопля требуют почв, богатых органическим веществом и легкодоступными азотом, фосфором и калием, хорошо гумусированные почвы оптимальны для зерновых культур и подсолнечника, в то же время виноград, табак, гречиха отрицательно относятся к богатству почвы гумусом, снижая урожайность и качество продукции.
- ***Обладать оптимальным и устойчивым запасом влаги.*** И здесь экологический оптимум отличается широким разнообразием. Рис возделывают при затоплении, для овощных культур необходимо хорошее, но не избыточное увлажнение, а виноград и сорго нормально вегетируют при влажности почвы, которая для большинства растений означают их гибель от засухи.
- ***Быть достаточно рыхлой и иметь комковато-зернистую или ореховатую структуру***, что обеспечивает свободное и глубокое развитие корневой системы растений. Черешня, яблоня, груша хорошо плодоносят только на рыхлых почвах, слива же может нормально плодоносить на плотных почвах, а для кукурузы, подсолнечника, люцерны плотные почвы — не только препятствие, а наоборот, они их улучшают, мелиорируют.
- ***Обладать оптимальной теплоемкостью и теплопроводностью***, быть достаточно теплой для обеспечения жизнедеятельности соответствующих растений. Здесь также характерно экологическое разнообразие. Холодные условия необходимы для картофеля, брюквы, турнепса, а яблоня, груша, слива и виноград не переносят высоких температур тропиков.

Человек отбирал растения для культуры во всех природно-климатических зонах, за исключением, по-видимому, только полярного пояса. В сельскохозяйственном производстве возделываются злаки из субтропических и умеренных широт (пшеница, сорго, просо, рожь), клубнеплоды относительно прохладных территорий (картофель, то-

пинамбур) и тропиков (ямс, батат, таро), растения широкого спектра лесных поясов (яблоня, груша, слива, абрикос, мандарин, манго) и т. д. В последние годы даже такое типично таежное растение, как брусника, и типично болотное, как клюква, становятся объектами сельскохозяйственного возделывания. Это свидетельствует о бесконечном разнообразии почв, которые были первоначально родными для ушедших в культуру растений. Учение Н.И. Вавилова о центрах происхождения культурных растений становится теоретической основой исследований в области почвенной экологии сельскохозяйственных растений.

Культурные растения сохранили в своем генетическом фонде, пусть даже измененном многовековым воздействием человека, адаптивную реакцию к первоначальной природной среде, первоначальным почвам, с которыми когда-то эти растения составляли оптимальное почвенно-экологическое единство. Данное единство определяло максимальную биологическую продуктивность. Поэтому *для эффективного использования почвенного плодородия, получения максимальных урожаев необходимо достигать такого же единства между сельскохозяйственными растениями и культурными почвами.*

Приведем несколько примеров. Родина арбуза — Южная Африка, где распространены красно-бурые и красно-коричневые почвы сухих саванн. Ожелезненность этих почв создает эффект опесчаненности. Особенностью почв саванн является также наличие длительных периодов почвенной засухи, сменяющейся влажными периодами. Культура арбуза во многом унаследовала экологические особенности своей родины. Арбуз практически безразличен к содержанию в почве гумуса. Высокие урожаи этой культуры получают и на многогумусных черноземах, и на малогумусных сероземах, светло-каштановых, серо-бурых пустынных и бурых полупустынных почвах при условии обеспечения их влагой.

При достаточной рыхлости и структурности почв растения арбуза дают неплохие урожаи на почвах тяжелосуглинистого и легкоглинистого гранулометрического состава, например на черноземах различных подтипов. Однако экологическая особенность арбуза — давать высокую продуктивность и хорошее качество на почвах легкого гранулометрического состава, в том числе и на слабогумусированных песках. Эти почвы малоценны для большинства других

сельскохозяйственных растений, и использование их под бахчи наиболее эффективно. Нечувствительность арбуза к бедным легким почвам объясняется мощным развитием корневой системы, ее высокой способностью использовать большие объемы почвы и материнской породы. Корни арбуза проникают на глубину 4–5 метров и охватывают объем 7–10 $м^3$ почвенной массы. Мощная корневая система обеспечивает относительную засухоустойчивость этой культуры, однако арбуз положительно реагирует резким возрастанием урожайности и на достаточную влажность почвы. Чередование сухих и влажных сезонов характерно для саванн Южной Африки.

Родина картофеля — горные районы Чили и Перу. Здесь прохладный климат, легкие опесчаненные почвы с слабовыветренными минералами, обогащенные калием. Это и обусловило формирование определенных экотипов картофеля, находящих оптимальные условия в нежарком влажном климате, на легких почвах (серые лесные, дерново-подзолистые, черноземы оподзоленные и др.) при повышенном калийном питании.

Родина гречихи — высокогорные влажные районы Азиатского материка (Индия, Гималаи) с промытыми небогатыми почвами. Поэтому гречиха — влаголюбивое растение, корневая система которого, выделяя различные органические кислоты, способна разлагать минералы и обеспечивать себя элементами минеральной пищи и, главным образом, фосфатами. Нетребовательна гречиха и к гумусовому содержанию почв. Наоборот, урожайность зерна гречихи снижается на богатых гумусом черноземах. Требует гречиха для своего развития также легких почв.

Наконец, главная наша культура полей — пшеница — имеет несколько близких по природным условиям центров происхождения. Это Передняя и Средняя Азия, Средиземноморье с умеренно влажным и умеренно сухим климатом. Здесь распространены коричневые почвы, которые по всем своим характеристикам очень близки к черноземам. В них достаточно высокое содержание гумуса и зольных элементов, нейтральная реакция среды, рыхлое структурное строение, хорошие физические свойства при умеренно тяжелом гранулометрическом составе. Именно этим характеристикам отвечают лучшие пшеничные земли мира — черноземы Евразии, черноземовидные почвы североамериканских прерий и руброземы Аргентинской пампы. Произошла лишь некоторая эколого-климатическая переориентация

пшеницы: из субтропического растения она стала типичной сельскохозяйственной культурой суббореального пояса, сохранив, однако, все экологические требования периода вегетации. Субтропическим прибежищем пшеницы стали пампасы Южной Америки, где, кстати, дикие ее формы не встречаются.

Субтропики со средиземноморским типом климата, в силу исторически сложившегося развития агрокультуры, стали главным мировым центром типичных субтропических многолетних растений: цитрусовые, маслина, инжир, гранат и др. Попытки вывоза этих культур за пределы более прохладные или более теплые не принесли положительных результатов.

Такие примеры характерны практически для всех культурных растений, разве, пожалуй, исключая только рожь, которая вошла в культуру, будучи сначала сорным растением. А махорка стала культурным растением благодаря селекции. Именно селекционеры из вида Nicotiana tabacum создали вид Nicotiana ructica с его особыми экологическими требованиями.

На протяжении тысячелетий происходила миграция культурных и дикорастущих растений. Часто культурные растения переселяются из стран их вторичного освоения. Иногда их дикорастущие формы встречают на значительных площадях в странах, далеких от аборигенного происхождения, если экологические условия климата и почв почти идентичны первоначальным. Такое явление, в частности, наблюдается в отношении абрикоса, грецкого ореха и других растений в лесах Кавказа и Средней Азии, а также цитрусовых культур в Южной Америке.

Экологически оценивать отдельные характеристики почв и почвенный покров в целом в отношении плодородия для растений следует весьма осмотрительно. Почва — целостная система, где все взаимосвязано и взаимообусловлено. Одно качество, положительное для тех или иных растений, может быть отрицательным для других.

С экологических позиций все растения можно объединить в три группы:

- растения широкого экологического оптимума,
- растения ограниченного экологического оптимума,
- растения узкого экологического оптимума.

Оптимум имеет очень конкретное содержание и разделяется, прежде всего, на биоклиматический и почвенный.

Биоклиматические условия произрастания растений предусматривают отношение их к следующим показателям: температура, тепло, хладостойкость, морозоустойчивость, жароустойчивость, продолжительность вегетационного периода, необходимость периода покоя, водоустойчивость, засухоустойчивость, влаголюбивость, продолжительность светового дня, интенсивность инсоляции и др.

Почвенный оптимум для растений широк и разнообразен и является основным содержанием учения о плодородии почв. Основные составляющие почвенных условий, которые для разных растений имеют широкий, ограниченный или узкий оптимум, таковы: органическое вещество, мощность корнеобитаемого слоя, pH, гранулометрический состав, физическое состояние почвы, почвенная влага, элементы минерального питания растений и т. д. Это отдельные частные характеристики почв, которыми обладает любая почва в разном количественном проявлении. Практик и исследователь имеет дело с конкретными почвами, разнообразие которых велико и зависит от притока на поверхность Земли тепла и влаги. Центры происхождения растений в преобладающем большинстве насыщены конкретным биоклиматическим и почвенным содержанием.

Как бы далеко ни ушли культурные растения в своем внешнем соматическом проявлении, созданном творчеством человека, они сохранили практически неизменным свой генетический фонд. Этот фонд закрепил в себе экологическую приспособленность к условиям внешней биоклиматической и почвенной среды, к условиям обитания далеких предков. Однако обширность биоклиматического ареала отдельных растений не гарантирует им всеобщий почвенный экологический оптимум.

4.1.4. Плодородие почв и продуктивность биогеоценозов

Свойства почвы, ее богатство в утилитарно-агрономическом смысле не всегда совпадают с продуктивностью природных растительных сообществ. Часто наблюдаются явные противоречия: крайне бедные, промытые, выщелоченные почвы служат субстратом для экстрапродуктивных биогеоценозов. Разительным примером этого служат постоянно влажные дождевые тропические леса на красных и желтых аллитных (ферраллитных) почвах. Гилеи по обилию биомассы и ко-

личеству растительного опада намного превосходят все природные растительные сообщества. Почвы же, на которых развиваются ги[illegible], настолько бедны элементами питания, что при вовлечении их в [illegible]скохозяйственное производство едва могут обеспечить получение [illegible]-четырех удовлетворительных урожаев.

В естественных условиях плодородие почв неразрывно связано [illegible]ответствующим этим почвам биоценозом и является результатом развития природного почвообразовательного процесса. Единство компонентов биоценоза неминуемо ставит нас перед необходимостью оценить продуктивность биогеоценозов не только как результат почвенных условий, но и как экологические особенности самих растительных сообществ. В данном случае не почва и ее свойства определяют объем биомассы сообщества («урожай»), а само природное сообщество регулирует этот объем и поддерживает его на уровне эволюционно сложившегося равновесия составных частей биогеоценоза. Естественные биоценозы сами обеспечивают свойственную им биологическую продуктивность.

Лесные биоценозы хорошо переносят обильное увлажнение и выщелачивание веществ атмосферными водами. Сущность приспособления состоит в накоплении и удержании лесом необходимых ему запасов элементов-органогенов не в почве, из которой легко идет вымывание, а в более надежном хранилище — в биомассе. Биологический круговорот элементов в лесах приближается к непосредственному обмену между организмами и их отмирающими остатками. Поэтому настоящие леса — таежные и тропические — не образуют высокоплодородных в сельскохозяйственном смысле почв. Более того, лес способен максимально использовать самые бедные местообитания (пески и др.), проявляя высокую продуктивность. В лесах продуктивность биоценозов не совпадает с плодородием почвы в форме ее богатства элементами питания и органическим веществом.

В экологическом отношении степные растительные сообщества резко отличаются от лесных. Степная растительность живет на собственном почвенно-водно-минеральном питании, вследствие чего она развивает мощную, глубоко проникающую в почву корневую систему и формирует в зоне распределения своих корней богатейшую природную кладовую питательных элементов — почвы с доминированием дернового процесса. В этом случае продуктивность биоценоза зависит от свойств самой почвы. Между типично лесными

(тайга, гилея) и типично степными (луговая степь, высокотравная саванна) биогеоценозами существуют весьма разнообразные формы природных сообществ, в которых в разной степени участвуют в создании биомассы как сама растительность, так и свойства и богатство почвы. К таким биогеоценозам со сложным биологическим круговоротом относятся широколиственные леса с серыми и коричневыми лесными почвами, листопадные сезонно-влажные тропические леса и пр.

Понятие плодородия в применении к естественным условиям теряет агрономическое содержание, так как способность удовлетворять потребности растений в элементах питания и воде присуща не только почве, но самому биологическому сообществу. В ряде случаев эта функция почти полностью переходит к биоценозу (тайга, гилея), хотя первоосновой накопления элементов в биомассе все же остается почва и ее материнская порода. Следовательно, не всегда по объему естественной биомассы можно судить об агрономическом уровне плодородия. В ряде случаев чрезмерное обилие биомассы вводит неискушенного наблюдателя в заблуждение относительно истинного богатства почвы.

В связи с этим особое значение приобретают вопросы охраны лесных почв. Многочисленные примеры освоения тропических почв без достаточной их изученности и окультуривания свидетельствуют о полной деградации почв по пути образования латеритных панцирей. Естественный тропический лес на латеритизированных почвах не восстанавливается, а продуктивность вторичных лесов значительно ниже их исходного уровня. В наших условиях умеренного пояса природоохранными объектами являются леса на песках, особенно кварцевых, леса на гранитах, кварцитах, диабазах, гнейсах и других массивно-кристаллических породах, леса на крутых склонах с маломощными почвами и т. д. Все эти почвы, удобные для лесов, крайне неблагоприятны в агрономическом отношении и требуют капитальных затрат на окультуривание.

Продуктивность агроценозов зависит не только от плодородия почвы, но и от сложного комплекса условий и явлений окружающей среды. Повышение и поддержание почвенного плодородия является одной из самых важных и сложных задач практической и теоретической деятельности человека. В широком смысле данная проблема охватывает многие вопросы, связанные с функционирование агроце-

нозов, с взаимосвязью и взаимообусловленностью всех компонентов ландшафта.

Конечный результат, интересующий человека, — это получение сельскохозяйственной продукции большей по массе и экологически чистой по качеству, что интегрально выражается в эффективном или экономическом плодородии почвы. Поэтому свойство почвы производить биологическую продукцию зависит не только от ее особенностей, но от и многих других факторов, действие которых распространяется далеко за сферу почвенного покрова (погодные условия, технологические процессы, вредители и болезни растений, продуктивность животноводства, деятельность промышленных предприятий, транспорта и т. п.). В то же время урожай растений непосредственно оказывает различное качественно-количественное влияние на свойства почвенного покрова, на те его особенности, которые определяют уровень плодородия, зависящий от свойств почвенной массы (агрохимические и физические особенности, содержание в почве экологически неблагоприятных химических соединений антропогенного происхождения, биологическая загрязненность и др.).

4.1.5. Плодородие почв и продуктивность агроценозов

Природа дает земледельцу весьма разнообразные по агрономическому плодородию почвы в зависимости от типа естественной растительности. Предшествующие и очень разные пути формирования почв и их плодородия под агроценозами начинают вливаться в единое русло в связи с относительно одинаковым воздействием культурных растений на почву. Биологический круговорот веществ как важнейший фактор развития плодородия почв продолжается и при смене естественной растительности на культурную. Весьма существенным показателем биологического круговорота считается объем годичного опада, т. е. количество растительных остатков, ежегодно вовлекающееся в процессы почвообразования. Эти растительные остатки характеризуют объем энергетического биоматериала, обеспечивающего многие почвенные процессы.

В агроценозах к опаду относятся пожнивные остатки и корни сельскохозяйственных культур, причем корни растений преобладают: у пшеницы — 85%, гороха и кукурузы — 90, трав — 90–93%.

По характеру поступления и по объему годичного опада высокопродуктивные агроценозы приближаются к биоценозам луговой степи. Кроме растительного опада, важным источником образования гумуса являются корневые выделения. Это не позволяет рассматривать агроценозы только как потребителей почвенного плодородия. Оставляя в почвах значительную массу органических веществ, культурные биоценозы участвуют и в формировании и в поддержании плодородия почв.

Замена естественных биоценозов агроценозами нарушает существовавшее равновесие между свойствами почвы и биологическими объектами. В результате образуются разной степени несоответствия почвенных свойств и культурных растений. Противоречия, связанные с неодинаковыми экологическими особенностями сельскохозяйственных растений и естественных биоценозов, возникают всегда. На первых этапах возделывания культурных растений при освоении целинных земель многие свойства почв оказываются неустойчивыми к новым условиям, не соответствующими новому набору растительных сообществ севооборота. Поэтому в почве возникают процессы, основное направление которых — привести почвенные свойства в равновесие с культурной биологической средой. Значительна здесь также роль вмешательства человека во взаимоотношение почвы и растений. Внесение удобрений, применение различных мелиоративных и агротехнических приемов способствуют изменению почвенных свойств, приводят их в соответствие с экологией культурных растений. Такое изменение почв, их окультуривание есть особая антропогенная стадия развития почв.

При окультуривании свойства почв меняются до определенного уровня равновесия в соответствующей системе земледелия или севооборота. Разные системы земледелия и севообороты формируют разные уровни плодородия. Изменение состава культур в севообороте приводит и к изменению почвенного плодородия. Практики-земледельцы всегда констатируют разное плодородие почв в пропашных и травопольных севооборотах, под огородами, на поливных и богарных землях.

Степень смещения (изменения) естественных свойств почв при окультуривании зависит от экологического сходства или отдаленности биоценозов и агроценозов. Почвы черноземного типа, темно-каштановые, темно-серые лесные претерпевают меньше изменений,

так как агроценозы по своему воздействию на почву приближаются к травянистой лугово-степной растительности. Наоборот, подзолы, красноземы, сероземы и близкие к ним другие почвы значительно изменяются в процессе окультуривания.

Плодородие почв с культурными биоценозами развивается вместе с развитием производительных сил. *Каждому уровню развития производительных сил соответствует своя продуктивность агроценозов.* Обусловлено это тем, что объем биологического круговорота определяется интенсивностью сельскохозяйственного использования. Это важнейшая черта антропогенного почвообразовательного процесса.

Почва-земля является основным средством производства в сельском хозяйстве, выполняя одновременно две функции: орудия труда и предмета труда. При их помощи человек возделывает необходимые ему растения, получает разнообразную сельскохозяйственную продукцию. А поскольку почва участвует в процессе производства она сама изменяется под влиянием многосторонней деятельности человека, становится продуктом труда, результатом производственной деятельности. И вот здесь возникает проблема охраны почв: *как результат труда почва не должна стать хуже, потерять свое естественное плодородие.*

Существенная особенность почвы как основного средства сельскохозяйственного производства заключается в том, что почва при правильной агротехнике, применении удобрений и других приемов не снижает, а увеличивает свое плодородие. Истощают почву не высокие урожаи, а низкая продуктивность производства и низкая производительность земли. Наши почвы нуждаются в заботливой охране. Но надо всегда помнить, что охрана почвы и ее правильное рациональное использование, повышение плодородия — понятия неразрывные. Охранять земли — значит рационально их использовать, добиваться высоких устойчивых урожаев и высокой продуктивности сенокосов и пастбищ. Этого можно достигнуть только с помощью всемерной интенсификации производства, эффективного осушения и орошения угодий, борьбы с эрозией почвы, проведения лесозащитного лесоразведения, введения научно обоснованных севооборотов, совершенствования структуры посевных площадей.

Несомненно, несмотря на однотипность воздействия агроценозов на почвы, последние не теряют черты предшествующих естественных

стадий развития. Каждый почвенный тип в равновесном окультуренном состоянии будет иметь свои неповторимые черты. Судить о свойствах окончательно окультуренной почвы трудно, так как системы земледелия неравноценны по воздействию на почвы, а смена системы земледелия происходит раньше, чем почвы успеют прийти в равновесие. Почвообразовательные процессы имеют продолжительность сотни и тысячи лет. Системы воздействия человека на почву меняются значительно быстрее. Почвы, не успев вступить в равновесие, вновь обретают способность к движению, изменению.

Есть и другая сторона этого вопроса. В пределах одной системы земледелия отношение разных землепользователей к почве не одинаково. Нерадивые земледельцы наносят двойной урон благосостоянию: с одной стороны недодают продукты питания и сырье для промышленности, с другой — снижают плодородие почв, которое восстанавливается медленно, годами, десятилетиями. Пренебрежительное отношение к почве и ее плодородию подрывает материальную основу повышения урожайности полей, наносит вред интересам землепользователей.

Высокая культура земледелия и интенсификация сельскохозяйственного производства способствуют охране почв, возрастанию их плодородия, улучшают химический состав и физико-химические свойства почв. При высоких урожаях объем органического вещества, оставляемого в почве, становится близким к объему, создаваемому в естественных условиях луговыми степями, т. е. такими сообществами растений, которые формируют в природе самые плодородные почвы — черноземы.

Свойства высокоплодородной почвы должны соответствовать высоким урожаям. Согласно данным физиологов, при условии обеспечения растений всем необходимым по закону оптимума можно считать урожай пшеницы в 60 ц/га удовлетворительным, 80–90 ц/га — нормальным; 120 ц/га — высоким. Эти цифры вполне реальны. На Северном Кавказе уже получают урожаи зерна в ряде случаев 50–70 ц/га.

При оценке продуктивности фитоценозов и агроценозов, что, так или иначе, связывается с плодородием почвы, нельзя недооценивать атмосферно-космические факторы. Ведь подавляющая часть биомассы, бесконечное число различных органических соединений создается не за счет почвенного питания, а благодаря фотосинтезу растений, из

углекислого газа воздуха и воды. Коэффициент полезного использования солнечной энергии зелеными растениями составляет 0,1—0,5%. Физиологи полагают, что степень использования солнечной радиации может быть намного увеличена. Это резерв повышения продуктивности агроценозов, условие повышения плодородия почв, расширенного его воспроизводства.

4.2. ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ

4.2.1. Земельный кадастр и земельный фонд Российской Федерации

В соответствии с Законодательными актами Российской Федерации для обеспечения рационального использования и охраны земельных ресурсов вводится Государственный земельный кадастр, содержащий совокупность достоверных и необходимых сведений о хозяйственном, правовом и природным положении земель. Среди многообразия природных богатств особое значение имеет земля как всеобщее средство производства, пространственный базис для всех сфер человеческой деятельности и главное средство производства в сельском хозяйстве. Земельный кадастр включает следующие составные части:

- государственная регистрация землепользований — оформление прав пользования землей сельскохозяйственными и несельскохозяйственными землепользователями, а также гражданами;
- количественный учет земель по землепользователям и по угодьям;
- характеристика качества земель по их классам, механическому составу почв и признакам, определяющим их плодородие, а также по культурно-техническому состоянию кормовых угодий;
- бонитировка почв;
- экономическая оценка сельскохозяйственных угодий;
- земельно-кадастровые документы и материалы.

Земельный кадастр ведется на основе изучения земельных ресурсов страны. Этим занимаются многие государственные организации и учреждения: землеустроительная служба с ее проектными институтами и экспедициями, научно-исследовательские и зональные сельскохозяйственные институты, лаборатории и кафедры вузов и т. д. Основными источниками сведений о земле служат различные съемки, обследования, обмеры, материалы лесо- и землеустройства. Весь-

ма важное значение имеют аэрофотосъемки, специальные почвенные, геоботанические, геоморфологические, мелиоративные и агрохозяйственные обследования. Весь учет этих материалов осуществляется землеустроительной службой.

Материалы земельного кадастра широко применяются при решении многих вопросов, связанных организацией использования и охраны земель, управлением земельным фондом страны, проведением землеустройства, мониторинга земель с установлением платности землепользования, совершением сделок с землей и др.

По данным государственного учета земель общая площадь земельного фонда Российской Федерации составляет 1710 млн. га (без учета внутренних территориальных вод). Земельный фонд распределяется по *категориям земель* (табл. 69).

Таблица 69

Распределение земельного фонда Российской Федерации по категориям земель

№	Категории земель	Площадь	
		млн. га	%
1	Земли сельскохозяйственного назначения	455	26,6
2	Земли городов и населенных пунктов	21	1,2
3	Земли промышленности, транспорта, связи и др.	18	1,0
4	Земли природоохранного назначения	32	1,8
5	Земли лесного фонда	1046	61,2
6	Земли водного фонда	20	1,2
7	Земли запаса	118	7,0

Каждая категория земельного фонда состоит из *земельных угодий*, которые представляют конкретные участки земель, обладающие специфическими естественно-историческими свойствами с целевой природной и хозяйственной значимостью. Все земельные угодья подразделяются на сельскохозяйственные (пашня, многолетние насаждения, сенокосы, пастбища и залежь) и несельскохозяйственные (леса, кустарники, постройки, дороги, овраги, болота, пески и др.).

К сельскохозяйственным угодьям относятся земли, систематически используемые для производства сельскохозяйственной продукции. Они занимают площадь 221 млн га, или 12,9% общей территории РФ.

Основные площади сельскохозяйственных угодий сосредоточены в категории земель сельскохозяйственного назначения — 191 млн га, или 86,2%. Значительные площади расположены на землях населенных пунктов — 11 млн га, в земельном запасе — 14 млн. га. В структуре сельскохозяйственных угодий на пашню приходится 57,3%; сенокосы и пастбища занимают 40,7, многолетние насаждения — 0,8%.

Почва как естественно-историческое тело представляет собой основу, фундаментальную часть всех земельных угодий, будь то пашня, многолетние насаждения, леса, болота и др.

Следовательно, земельный кадастр — это система государственных мероприятий по всестороннему изучению природного, хозяйственного и правового положения земель, путем проведения регистрации объектов и субъектов прав на земельные участки; достоверного учета количества и качества земель, качественной и экономической оценки, земель для организации использования земель и установления реальной, платности землепользования.

4.2.2. Агропроизводственные группировки почв

Для рационального использования земель при оценке их экологического плодородия применяется метод объединения почв, разных по классификационному положению, в группы, чаще всего называемые агропроизводственными. Эти группы почв сходны по своим агрономическим качествам по отношению к какой-либо сельскохозяйственной культуре, или по общим растениеводческим качествам.

Различаются три типа агропроизводственных групп.

1. Объединение почв в соответствии с требованиями отдельных культур. Например, группировка почв в соответствии с требованиями пшеницы широко использовалась при освоении целинных и залежных земель. Различались хорошие, средние и плохие пшеничные земли. При выборе участков под плантации чайного куста используется группировка почв по их пригодности для этого растения. Имеются группировки почв по их пригодности для виноградников, табака, конопли и др.
2. Объединение почв в агропроизводственные группы в соответствии с требованиями отдельных экологических групп сельскохозяйственных культур или типов использования угодий. Такие

группировки составляются для плодовых культур. Для оценки пашни в целом, для оценки почв сенокосно-пастбищных угодий и т. д.

3. Общие группировки почв, построенные без расчета на какие-либо определенные культуры и учитывающие оценку земель в целом, показывающие возможное рациональное использование почв.

Первые два типа агропроизводственных группировок, как видим, предполагают объединение почв по некоторым отдельным признакам, наиболее важным для культуры или группы культур. Так, для чая важно учитывать pH и отвергать все карбонатные почвы; для конопли имеет значение, прежде всего, богатство элементами питания, структурность почв; для винограда — сухость, малогумусность, щебневатость. Третий тип группировок строится на учете общих свойств и возможности их использования в сельском хозяйстве под разные культуры и угодья. Учитываются также качество земель и признаки почв, ограничивающие их использование.

Общие агропроизводственные группировки — наиболее распространенный тип группировок почв. Они обязательно дополняют все почвенные карты. Разные экологические группы сельскохозяйственных растений требуют неодинакового подхода к установлению оптимальных почвенных условий. Для каждой группы характерен специфический набор почв, на которых растения более продуктивны. Эти земли обычно называют лучшими или хорошими для данной культуры либо совокупности культур. Поэтому решение вопроса о качественной оценке почв как объекта их использования для различных растений — важная задача агропроизводственной группировки. Обязательна также оценка разных агрогрупп с указанием на лучшие, хорошие, средние и неудовлетворительные условия для растений. Существенным аспектом всякой группировки является объединение почв по отношению их к специальной агротехнике и мелиорации.

Агропроизводственные группировки почв имеют конкретную территориальную приуроченность и свой ранговый уровень; от отдельных землепользований, административного района, области, края и т. д.

В классах земель почвы характеризуются одинаковой пригодностью для определенного вида использования, сходными мероприятиями по окультуриванию и повышению эффективного плодородия почв.

Именно для класса земель в группировке указаны основные мелиоративные и агротехнические приемы улучшения и охраны почв.

В агропроизводственные группы объединены почвы, близкие по генезису, естественным свойствам, качественной оценке. Естественно, что почвы, входящие в агрогруппу, характеризуются единством агротехники и мелиорации, одинаковой пригодностью к использованию и исходными мероприятиями по повышению эффективного плодородия.

Для объективной оценки земель все почвы объединяются в экологические группы по качеству (лучшие, хорошие, средние и др.) для разных групп сельскохозяйственных культур или угодий, а также в соответствии с направленностью мероприятий по поддержанию и повышению плодородия почв. В Краснодарском крае распространены пахотные земли различного качества, хорошие почвы для виноградников, садов, чая, овощных культур, риса и т. д. Всего в крае по данным учета земель около 2500 почвенных разновидностей.

Группировка же почв, в силу своей таксономической упрощенности и эколого-практической направленности становится действенным инструментом управления и практической оценки почвенного покрова.

Карта агропроизводственных группировок почв — основной документ, трактующий содержание почвенной карты любого землепользования. Однако для характеристики вполне конкретных качеств почвенного покрова составляются четко направленные картограммы, оценивающие те или иные особенности почв. Наиболее распространены картограммы эрозии почв, солонцов и солонцеватых почв, кислотности почв, переувлажненности, каменистости земель и т. д.

4.2.3. Бонитировка и таксономическая оценка земли

Бонитировка почв (лат. bonitas — доброкачественность) — это сравнительная оценка качества почв, их производительной способности. Другими словами, бонитировка почв — это специализированная генетико-производственная классификация почв, плодородие которых выражено в баллах.

Бонитет почв — показатель качеств почв, их продуктивности, добротности.

Главным основанием бонитировки почв служат их природные признаки и свойства как наиболее объективные и надежные показатели естественной правоспособности почв.

При бонитировке почв учитываются, прежде всего, свойства, заложенные в самой почве, устойчиво коррелирующие с урожайностью сельскохозяйственных культур, и на этой основе устанавливают балл бонитета почв, их сравнительную ценность, добротность. Только на основе двойного контроля (учета свойств самой почвы и урожайности) определяется балл бонитета почв.

Основу бонитировки составляет естественно-исторический метод оценки земель, примененный В. В. Докучаевым в 1882–1887 гг. при оценке земель Нижегородской губернии. Суть данного метода состояла в том, что, «прежде всего, следует оценить почву как естественное тело независимо от отношений к ней человека и условий времени; это значит исследовать состав почвы, узнать ее физические свойства и отношения к подпочве и на основании всего этого, но только одного этого, определить сравнительное достоинство почв».

Для оценки почв изучаются такие их свойства и признаки, как: строение почвы, ее мощность, общий характер почвы и подпочвы, отношение почвы к рельефу, растительности и другим факторам почвообразования; устанавливаются почвенные типы (группы) и уточняются их границы на местности и на карте. Лабораторным путем определяются содержание гумуса, азота, pH, физические свойства, поглотительная способность и др. На основании полученных данных выводятся средние показатели, характеризующие генетические, химические, физические свойства почв и их поглотительную способность. Соотношения между признаками почв и урожайностью культур, полученной экономико-статистическим путем, весьма близки. Таким образом, в основу метода оценки почв В.В. Докучаев положил их природные свойства и признаки, а урожайность культур используется для подтверждения правильности установления соотношений между отдельными почвами.

Примером может служить шкала бонитетов черноземов Центрального и Восточного Предкавказья (табл. 70), разработанная по многолетней урожайности и свойствам почв. Баллы бонитета показывают, насколько одна почва хуже или лучше другой.

Объектом бонитировки почв является наиболее дробная почвенная таксономическая единица, фиксируемая на почвенных картах.

Таблица 70

Шкала бонитетов черноземов Предкавказья

Чернозем	Баллы	
	по урожайности	по свойствам почвы
Типичный тучный сверхмощный	100	100
Типичный сверхмощный	99	99
Выщелоченный сверхмощный	97	98
Обыкновенный	87	86
Типичный мощный	82	86
Выщелоченный	86	87
Обыкновенный	76	79
Южный	63	60
Обыкновенный среднемощный	67	64
Южный	60	58
Обыкновенный солонцеватый мощный	66	68
Южный солонцеватый мощный	57	51

Число почвенных разновидностей устанавливается при анализе почвенных карт.

Почвенная разновидность — это исходный, первоначальный объект бонитировки. При определении бонитета почвы преследуется специальная цель — установить ценность территории конкретного вида пользования, т. е. пашни, сенокосов, выгонов и т. п. Эти угодья объединяют уже несколько разновидностей почв на территории землепользования. В данном случае объектом бонитировок становятся сельскохозяйственные угодья. Объектом бонитировки могут быть в целом земли разных землепользователей. Исследованиями установлено, что во всех почвах, несмотря на многообразие генетических признаков, существуют ведущие критерии оценки плодородия при бонитировке, единые по своему содержанию и общие для разных в генетическом отношении почв.

Обычно такими критериями является гумусное состояние почвы (содержание гумуса, его запасы, мощность гумусовых горизонтов). Гумус — главнейший и всеобщий критерий бонитировки почв. Изучение взаимосвязи общих запасов гумуса в т/га во всей толще гумусовых горизонтов и урожайности сельскохозяйственных культур

повсеместно устанавливает высокую коррелятивную зависимость этих характеристик. Помимо запасов органического вещества в профиле почвы учитывается также и толща (мощность) гумусовых горизонтов.

При бонитировке почв не может быть одинакового подхода к установлению критериев оценки земель для генетически отдаленных почв и для разных сельскохозяйственных культур. Это вытекает из экологической конкретности плодородия: нет вообще плодородных почв, а есть почвы конкретно плодородные для того или иного растения, для той или иной группы культур. В этом отношении показательно влияние запасов гумуса на урожайность озимой пшеницы в разных по генезису почвах. Так, 1 ц зерна озимой пшеницы (по многолетней урожайности) оценивается следующим количеством гумуса (т/га) для почв Северного Кавказа:

черноземы каштановые	9,9–10,1
черноземы карбонатные	17,8–20,7
слитоземы и серые слитые почвы	25,5–27,8
коричневые почвы и рендзины	14,2–19,1
бурые лесные почвы	9,5–10,0
подзолисто-бурые лесные почвы	7,9

Зависимость плодородия почв различных сельскохозяйственных культур в зависимости от гумусового состояния иллюстрирует табл. 71.

Примечательно, что генетическая особенность почв определяет разную степень и соразмерность показателей плодородия. У черноземов наивысший уровень плодородия имеют виды с мощностью гумусовых горизонтов 160 см, у лугово-черноземных почв — 110 см, у лесных почв разных типов — 100 см.

Выщелоченность от карбонатов в зависимости от типов почв повышает плодородие для плодовых на 10–20% в сравнении с почвами карбонатными.

Признаки почв, от которых зависит урожайность сельскохозяйственных культур, называют *критериями бонитировки*. Кроме показателей гумусового состояния, при бонитировке почв учитывается гранулометрический состав, скелетность, реакция среды (pH), засоленность, солонцеватость и многое другое, проявляющееся при конкретном анализе почвенного покрова землепользования.

Таблица 71

Зависимость плодородия почв от их гумусового состояния для зерновых культур, садов и виноградников (Краснодарский край)

Почвы	Запасы гумуса, т/га	Мощность А + АВ, см	Баллы бонитета					
			Зерновые	Плодовые культуры		Виноградники		
				семечковые	косточковые	Белые технические	Красные технические	Столовые сорта
Черноземы типичные сверхмощные тяжелосуглинистые	528	139	100	90	82	76	74	80
Черноземы обыкновенные (карбонатные) сверхмощные тяжелосуглинистые	508	135	81	81	73	68	76	75
Черноземы каштановые (южные) мощные среднесуглинистые (Тамань)	238	116	72	57	72	95	96	95
Черноземы каштановые (южные) мощные легкосуглинистые (Тамань)	200	108	60	62	78	100	100	100
Лугово-черноземные тяжелосуглинистые	420	145	78	94	85	93	93	93
Аллювиально-луговые тяжелосуглинистые	147	58	65	92	85	93	93	93
Рендзины типичные мощные тяжелосуглинистые	349	80	45	41	44	69	83	72
Рендзины выщелоченные мощные тяжелосуглинистые	394	80	50	78	66	76	92	80
Рендзины типичные среднемощные тяжелосуглинистые	314	58	35	29	81	65	84	68
Бурые лесные типичные тяжелосуглинистые	162	68	56	55	54	49	50	49
Темно-серые лесные тяжелосуглинистые	308	78	53	43	52	32	33	32
Серые лесные тяжелосуглинистые	197	79	43	40	44	23	23	23

Экономическая оценка почв — сравнительная ценность земли как средства производства.

Предметом оценки служит конкретный земельный участок с суммой и признаков почв, коррелирующих с урожайностью основных сельскохозяйственных культур, а также с его размером, конфигурацией, величиной склонов и их экспозицией и другими условиями, прямо или косвенно влияющими на величину производственной продукции и на затраты труда и материальных ресурсов. Показатели оценки, отражающие плодородие земель, являются основными, которые определяют ценность каждого конкретного участка. С местоположением земельного участка связаны не только дополнительные затраты на транспортировку продукции и необходимых для ее выращивания средств производства, но и интенсивность использования данного участка.

Целью оценки земель всегда было установление величины дохода, который может быть получен при вложении равных затрат труда и средств на единицу площади на землях различного качества и местоположения.

Совокупность приведенных условий позволяет объективно установить доходность земельных участков и принять более или менее справедливое решение о размерах земельного налога (податей) или других отчуждении земельной ренты, регулирующих отношения собственника, владельца, пользователя или арендатора земельного участка, с одной стороны, и общества (государства) — с другой.

Таким образом, бонитировка почв оценивает плодородие в сопоставимый баллах, показывающих, насколько одна почва лучше или хуже другой. Критериями бонитировки являются ее природные свойства, устойчиво коррелирующие с урожайностью сельскохозяйственных культур. При экономической оценке учитывается сравнительная ценность земли как средства производства в сельском хозяйстве. Бонитировка почв и экономическая оценка земель должны конкретно учитывать особенности различных культурных растений.

4.3. ДЕГРАДАЦИЯ ПОЧВ

4.3.1. Классификация деградационных процессов

В результате хозяйственной деятельности почва часто теряет свое плодородие, деградирует или даже полностью разрушается. Это происходит, когда деятельность человека является нерациональной, экологически необоснованной. Для предотвращения негативных экологических последствий воздействия человека на почву необходимо самое пристальное внимание уделять вопросам рационального использования и охраны почв.

Охрана и рациональное использование почв — это система мероприятий, направленных на защиту, улучшение и рациональное использование земель, увеличение плодородия почв и поддержание устойчивости биосферы в целом.

Деградация (постепенное ухудшение качества почвы в результате ухудшения структуры, химических свойств и утраты плодородия) и полное разрушение почвы могут происходить как в результате природных явлений (природное изменение условий почвообразования, извержение вулканов, ураганы), так и в результате хозяйственной деятельности человека.

Явления деградации и полного разрушения почвы можно разделить на несколько основных групп (Химическое загрязнение почв и их охрана, 1991):

1. Нарушение биоэнергетического режима почв и экосистем:

- *девегетация почв* (потеря почвами растительного покрова, ведущая к омертвлению почв);
- *дегумификация почв* (потеря почвами гумуса);
- *почвоутомление и истощение почв* (процессы, происходящие в почвах в результате длительного возделывания одного вида сельскохозяйственных культур).

2. Патологическое состояние почвенных горизонтов и профиля почв:

- *отчуждение и выключение почв из действующих экосистем (промышленная эрозия почв)* (отчуждение почв городами, по-

селками, дорогами, линиями электропередач и связи, трубопроводами, карьерами, водохранилищами, свалками и т. д.);

— *водная и воздушная эрозия (дефляция) почв* (разрушение верхних слоев почвы под действием воды и ветра);

— *образование бесструктурных кор и переуплотненных горизонтов* (потеря почвой структуры или ее переуплотнение при обработке полей тяжелой техникой при влажности, превышающей «физическую спелость» почв; вторичном осолонцевании черноземных почв; при образовании подпахотного уплотненного горизонта на старых пашнях).

3. Нарушение водного и химического режима почв:

— *сухость и опустынивание почв* (результат, как общеземного послеледникового процесса опустынивания, так и непродуманной хозяйственной деятельности человека);

— *селевые разливы и оползни* (результат сведения растительности в горных районах);

— *вторичное засоление почв* (результат неправильного орошения минерализованными или пресными водами);

— *природная и вторичная кислотность почв* (кислотность почв ниже оптимальной реакции почв, которая для многих сельскохозяйственных растений находится в интервале pH 5,5–8; вторичная кислотность возникает в результате выбросов в атмосферу соединений кислот промышленного, транспортного и другого происхождения);

— *переосушение почв* (результат неправильно проводимых осушительных мелиораций);

4. Затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ. Создание водохранилищ сопровождается развитием комплекса негативных процессов, приводящих к деградации почвенного покрова: затопление пойменных и надпойменных террас, подъем уровня грунтовых вод и подтопление почв, абразия берегов и засоление дельт, размыв и уничтожение почв приморских дельт, загрязнение и содовое (щелочное) засоление вод и почв и др.

5. Загрязнение и химическое отравление почв:

промышленное загрязнение почв (результат осаждения паров, аэрозолей, пыли или растворенных соединений поллютантов на поверхность почвы с атмосферными осадками);

сельскохозяйственное загрязнение почв (результат неправильного применения пестицидов, внесение сверхнормальных доз минеральных и органических удобрений, отходов и стоков животноводческих ферм);

радиоактивное загрязнение почв (природное или антропогенное накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на атомных предприятиях, утечки радиоактивных материалов, захоронении отходов атомной промышленности).

6. Деградация ландшафтов районов с распространением многолетней мерзлоты. Эти территории отличаются крайней неустойчивостью к воздействию антропогенных факторов. Неупорядоченное движение транспорта, перевыпас и другие процессы приводят к нарушению растительного покрова, что обусловливает протаивание мерзлых грунтов, развитие эрозионных процессов, разрушение почвенного покрова.

7. Разрушение почв военными действиями. Передвижение военной техники, строительство фортификационных сооружений, взрывы бомб, снарядов и т. д. приводят к деградации и даже полному разрушению почвенного покрова. Испытание и применение ядерного оружия вызывают радиоактивное загрязнение почв.

4.3.2. Водная и ветровая эрозия почв

Понятие об эрозии. ***Эрозия почв*** — процесс разрушения почвенного покрова. Эрозия почв включает в себя вынос, перенос и переотложение почвенной массы. В зависимости от фактора разрушения эрозию делят на водную и ветровую (дефляция).

Водная эрозия — процесс разрушения почвенного покрова под действием талых, дождевых или ирригационных вод.

По характеру воздействия на почву водную эрозию делят на плоскостную и линейную.

Плоскостная (поверхностная) эрозия — смыв верхнего горизонта почвы под влиянием стекающих по склону дождевых или талых вод. Механизм поверхностной эрозии связан с разрушающей ударной силой дождевых капель и с воздействием поверхностного стока дождевых и талых вод.

Линейная (овражная) эрозия — размыв почв в глубину более мощной струей воды, стекающей по склону. На первой стадии линейной эрозии образуются глубоких струйчатые размывы (до 20–35 см) и промоины (глубиной от 0,3–0,5 до 1–1,5 м). Дальнейшее их развитие приводит к образованию оврагов. Линейная эрозия приводит к полному уничтожению почвы.

В горных районах наряду с развитием обычных форм водной эрозии могут возникать *селевые потоки (сели)*. Они образуются после бурного снеготаяния или интенсивных дождей, движутся с большой скоростью и увлекают огромное количество материала в виде мелкозема, гальки и крупных камней. Борьба с ними требует строительства специальных противоселевых сооружений.

По темпам развития различают геологическую (нормальную) и ускоренную эрозию.

Геологическая (нормальная) эрозия — медленный процесс смыва частичек с поверхности почвы, покрытой естественной растительностью, при котором потеря почвы компенсируется в ходе почвообразования. Этот вид эрозии протекает повсеместно, практически не приносит вреда и охраны почв не требует.

Ускоренная эрозия возникает при удалении естественной растительности, неправильном использовании почвы, в результате чего темп эрозии резко возрастает. Этот вид эрозии приводит к снижению почвенного плодородия, а иногда и к полному уничтожению почвенного покрова, и требует защиты почв.

Ветровая эрозия (дефляция) — процесс разрушения почвенного покрова под действием ветра. В зависимости от размера частиц они могут переноситься ветром во взвешенном состоянии, скачкообразно и скольжением по поверхности. Различают пыльные (черные) бури и повседневную (местную) дефляцию.

Пыльные бури повторяются раз в 3–20 лет, уносят до 15–20 см поверхностного слоя почвы. При этом крупные частицы почвы передвигаются на небольшие расстояния, задерживаясь у различных препятствий и в понижениях рельефа. Наиболее мелкие частицы почвы (<0,1 и <0,001 мм) в виде воздушной суспензии перемещаются на десятки, сотни и даже тысячи километров.

Повседневная дефляция более медленно, но регулярно разрушает почву. Она проявляется в виде верховой эрозии и поземки. При *верховой эрозии* частицы почвы поднимаются вихревым (турбулентным)

движением воздуха высоко вверх, а при *поземке* они перекатываются ветром по поверхности почвы или перемещаются скачкообразно на небольшой высоте от почвы.

При перекатывании и скачкообразном движении частицы ударяются и трутся друг о друга, что усиливает их разрушение. Это способствует усилению дефляции.

Районы распространения эрозии. Водная эрозия наиболее распространена в зонах серых лесных почв, черноземной, каштановой, в земледельческих районах таежно-лесной зоны, в горных областях.

Ветровая эрозия распространена преимущественно в районах недостаточного увлажнения и низкой относительной влажности воздуха: в районах неустойчивого увлажнения, в засушливых областях, в пустынях и полупустынях.

Экологические последствия эрозии. В результате эрозии происходит снижение плодородия почв (при поверхностной водной эрозии и дефляции) или полное уничтожение почвенного покрова (при линейной водной эрозии). Снижение плодородия связано с постепенным удалением наиболее плодородного верхнего слоя и вовлечением в пахотный горизонт менее плодородных нижних горизонтов. Степень снижения плодородия зависит от степени смытости или сдутости.

В результате эрозии ухудшаются физические, химические и биологические свойства почвы. Снижается содержание и запас гумуса, часто ухудшается и его качественный состав, снижаются запасы элементов питания (азота, фосфора, калия и др.) и содержание их подвижных форм. Ухудшаются структурное состояние и сложение, уменьшается пористость и увеличивается плотность, что приводит к снижению водопроницаемости, увеличению поверхностного стока, снижению влагоемкости и запасов доступной для растений влаги. Потеря верхнего наиболее гумусированного и оструктуренного слоя ведет к снижению биологической активности почв: уменьшается численность микроорганизмов и мезофауны, снижается микробиологическая и ферментативная активность почв.

Кроме того, водная эрозия сопровождается рядом других неблагоприятных явлений: потерей талых и дождевых вод, уменьшением запасов воды в почве, расчленением полей, заилением рек, оросительных и дренажных систем, других водоемов, нарушению дорожной сети и т. д.

В конечном счете, ухудшение плодородия эродированных почв приводит к снижению урожая сельскохозяйственных растений.

Условия развития эрозии. Различают *природные* и *социально-экономические условия* развития эрозии. В первом случае сами природные условия предрасположены к проявлению эрозионных процессов. Во втором случае развитию эрозии способствует неправильное использование земель человеком. К природным условиям относятся климат (количество, интенсивность и величина капель дождевых осадков; мощность снегового покрова и интенсивность его таяния), рельеф (крутизна, длина, форма и экспозиция склона), геологическое строение местности (характер горных пород — их податливость к размыву, смыву и дефляции, наличие плотных подстилающих пород), почвенные условия (гранулометрический состав, структурность, плотность и влажность верхнего горизонта) и растительный покров (присутствие и характер растительного покрова, наличие дернины и подстилки).

Классификация и диагностика эродированных почв.

При диагностике эродированных почв учитывают, какие горизонты почвы снесены при развитии водной или ветровой эрозии, за счет каких горизонтов образуется пахотный слой и каково его плодородие.

Почвы, подверженные водной эрозии, разделяются на слабо-, средне- и сильносмытые («Классификация и диагностика почв СССР», 1977). Ниже приводится диагностика почв разной степени смытости для основных типов почв.

Дерново-подзолистые и светло-серые лесные почвы

Слабосмытые — вспашкой затронута верхняя часть горизонта A_2B, пахотный слой заметно осветлен и имеет буроватый оттенок, на поверхности почв редкая сеть промоин; залегают на пологих склонах (уклон не более 3°).

Среднесмытые — в пашню вовлечены целиком или частично горизонты A_2B и B_1, цвет пашни бурый и сильнопятнистый; поверхность почвы размыта частой сетью промоин; залегают на покатых склонах (с уклоном 3–5°).

Сильносмытые — распахана средняя или нижняя часть горизонта B_2, встречаются отдельными участками на сильнопокатых волнистых склонах с уклонами до 5–8°; поверхность почвы отличается бурым цветом и сильно выраженной глыбистостью.

Серые и темно-серые лесные почвы с установившейся глубиной их вспашки не менее 20–25 см при первоначальной мощности гумусовых горизонтов ($A_1+A_1A_2$) 30–40 см.

Слабосмытые гумусовые горизонты смыты не более чем на 1/3 первоначальной мощности, горизонт A_2B в пашню не вовлекается совсем или очень слабо, на поверхности пашни мелкие промоины.

Среднесмытые — гумусовый слой смыт более чем на 1/3, в пашню вовлекается верхняя часть горизонта B_1; пахотный слой отличается буроватым оттенком.

Сильносмытые — гумусовый слой смыт полностью, пахотный слой представлен в основном горизонтом В и имеет бурый цвет.

Черноземные почвы

А. Черноземы мощные и среднемощные всех подтипов с установившейся глубиной вспашки не менее 22 см при первоначальной мощности гумусовых горизонтов ($A+B_1$) > 50 см.

Слабосмытые — горизонт А смыт на 30%, пахотный слой не отличается по цвету от несмытых почв; на поверхности почвы мелкие промоины.

Среднесмытые — горизонт А смыт более чем наполовину; пахотный слой имеет буроватый оттенок.

Сильносмытые — смыт полностью горизонт А и частично B_1; пахотный слой имеет буроватый или бурый цвет, характеризуется глыбистостью и склонностью образовывать корку.

Б. Типичные, обыкновенные и южные черноземы с установившейся глубиной вспашки не менее 20 см при мощности гумусовых горизонтов до 50 см.

Слабосмытые — смыто до 30% первоначальной мощности гумусовых горизонтов; в пашню вовлекается небольшая верхняя часть горизонта B_1.

Среднесмытые — гумусовые горизонты смыты на 30–50%, при вспашке значительная часть или весь горизонт B_1 вовлекается в пахотный слой, последний подстилается переходным горизонтом B_2.

Сильносмытые — смыта большая часть гумусовых горизонтов, распахивается и часть горизонта B_2, окраска пашни близка к цвету породы.

Каштановые почвы

Слабосмытые — смыто до 30% первоначальной мощности гумусовых горизонтов (А+$В_1$), в пашню вовлекается верхняя часть горизонта $В_1$.

Среднесмытые — смыто 30—50% мощности горизонтов А+$В_1$; при вспашке значительная часть или весь горизонт $В_1$ вовлекается в пахотный слой.

Сильносмытые — смыта большая часть гумусового слоя, распахивается горизонт $В_2$, цвет пашни приближается к цвету почвообразующей породы.

Мероприятия по защите почв от эрозии. Водная и ветровая эрозии в природе часто взаимосвязаны. Это учитывают при разработке противоэрозионных мероприятий. Защита почв от эрозии включает профилактические мероприятия по предупреждению ее развития и мероприятия по устранению эрозии там, где она уже развита.

Комплекс мероприятий, направленных на защиту почв от водной и ветровой эрозии, включает организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические мероприятия.

Организационно-хозяйственные мероприятия — обоснование и составление плана противоэрозионных мероприятий и обеспечение его выполнения (рациональное распределение земельных угодий, почвозащитные севообороты, земледелие полосами, регулирование выпаса скота и др.).

Агротехнические мероприятия включают приемы фитомелиорации (севообороты с многолетними травами, замена чистых паров на занятые, сидеральные и кулисные), противоэрозионную обработку почвы (обработка почв по горизонтали, «контурное» земледелие, щелевание и кротование почв, обвалование, безотвальная вспашка с сохранением стерни и пожнивных остатков), снегозадержание и регулирование снеготаяния (лесные полосы и кулисы, пахота снега, прикатывание).

Лесомелиоративные мероприятия основаны на создании лесных защитных насаждений (ветрозащитные и приовражные лесных полосы, полезащитные лесные и кустарниковые полосы поперек склонов и т. д.).

Гидротехнические мероприятия применяют в тех случаях, когда другие приемы не в состоянии предотвратить эрозию, и основаны

на создании гидротехнических сооружений, обеспечивающих задержание или регулирование склонового стока (террасирование склонов, выполаживание оврагов бульдозерами, закрепление склонов оврагов).

Система почвозащитных мероприятий должна осуществляться с учетом зональных особенностей земледелия и природных условий проявления эрозии. Конкретный состав противоэрозионных мероприятий определяется прежде всего особенностями увлажнения территории, продолжительностью вегетационного периода, условиями рельефа, преобладающими видами эрозии и направлением использования почв.

4.3.3. Промышленная эрозия почв и рекультивация

Промышленная эрозия почв — разрушение почвенного покрова промышленной деятельностью человека. Ее вызывают различные виды деятельности.

Добыча полезных ископаемых открытым способом сопровождается образованием карьеров, отвалов, терриконов, которые нарушают растительный и почвенный покровы, гидрологический и гидрохимический режимы территории. Для сохранения почвенного покрова в этом случае рекомендована селективная выемка и складирование гумусированных горизонтов почв для последующего восстановления нарушенных территорий.

Подземная добыча полезных ископаемых со временем приводит к развитию просадочных явлений, изменению рельефа и гидрологического режима территории.

Добыча нефти ведет к загрязнению почвы сырой нефтью, нефтяными водами, пластовыми водами.

Промышленное и гражданское строительство, сооружение линий электропередач, дорожное строительство сопровождается полным разрушением почвенного покрова и бессрочным изъятием земель из сельскохозяйственного пользования.

Нарушенные в результате промышленной эрозии земли подлежат рекультивации. ***Рекультивация земель*** — мероприятия по восстановлению и оптимизации нарушенных ландшафтов. Она включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных,

лесохозяйственных и инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия земель. На восстановленной территории создаются сельскохозяйственные угодья, лесонасаждения, водоемы, зоны отдыха, жилые и промышленные застройки и т. д. Направление и методы рекультивации различаются в зависимости от природных (климат, горные породы и т. д.) и хозяйственно-экономических особенностей территории.

Рекультивация включает три этапа: подготовительный, горно-техническая рекультивация и биологическая рекультивация.

I этап (подготовительный) предполагает обследование нарушенных территорий, определяют направление рекультивации, составляют технико-экономическое обоснование и проект рекультивации.

II этап (горно-техническая рекультивация) включает химическую мелиорацию, если она необходима. Горно-техническую рекультивацию выполняют предприятия, которые ведут разработку полезных ископаемых.

III этап (биологическая рекультивация) направлен на восстановление плодородия подготовленных в процессе горнотехнической рекультивации земель и превращение их в полноценные лесные или сельскохозяйственные угодья. Наиболее дешевым видом освоения рекультивируемых территорий является облесение. Для улучшения свойств верхнего слоя отвалов, для накопления в нем органического вещества и азота перед посадкой деревьев высевают люпин, донник или люцерну с последующей их запашкой. Деревья сажают саженцами в заполненные нетоксичной породой или почвой ямки или борозды. При рекультивации земель в сельскохозяйственные угодья проводят известкование, рыхление до глубины 60 см, внесение удобрений, посев злаково-бобовой смеси. После этого вводят специальный севооборот, где 40–50% составляют многолетние травы. После такого севооборота рекультивируемые земли могут быть заняты зональным полевым или кормовым севооборотом.

4.3.4. Дегумификация почв

Последние десятилетия гумусовое состояние привлекает внимание исследователей в плане деградационной дегумификации почв. По разным оценкам, потери гумуса в пахотных почвах России

составляют 20—40%. Снижение содержания гумуса приводит к снижению плодородия почв. Особенно сильно это сказывается при падении содержания гумуса ниже 1—2%. Следует помнить, что важным является не только содержание и запасы гумуса, но и его качество.

Дегумификация почв — уменьшение содержания и запасов органического вещества. Дегумификация наблюдается при распашке и сельскохозяйственном использовании почв. Изменения в окружающей среде неизбежно вызывают перестройку всей почвенной системы. В целинных почвах стабильно равновесие: поступление органических остатков — гумификация — минерализация гумуса. Это устоявшееся веками равновесие сохранялось до распашки почв. Резкое нарушение равновесия связано с сокращением притока органических веществ с пожнивными и корневыми остатками культурной растительности. Это неизбежно вызывает процессы дегумификации.

В разных почвах темпы дегумификации неодинаковы. Давно известен факт, что более богатые в прошлом почвы теряют гумус намного больше, чем малогумусные. По мере снижения содержания в почвах органического вещества темпы дегумификации снижаются. Отсюда неизбежно следует вывод, что в земледелии обязательно наступает период стабилизации гумусового состояния почв в соответствии с установившейся культурой земледелия.

Развитие дегумификации определяется соотношением в севооборотах пропашных культур и культур сплошного сева, удельным весом многолетних трав, применением органических и минеральных удобрений.

Охрана почв от потерь гумуса включает следующие мероприятия: применение органических удобрений, известкование кислых почв, использование в севообороте многолетних трав, регулирование соотношения в севооборотах пропашных культур и культур сплошного сева, использование щадящей обработки почвы (облегчение машин, минимизация обработки).

4.3.5. Вторичное засоление, осолонцевание и слитизация почв

Процессы вторичного засоления, осолонцевания и слитизации почв возникают на орошаемых почвах при несовершенных проектах и нарушении правил эксплуатации ирригационных систем.

Вторичное засоление — засоление почв при орошении ее минерализованными водами или пресными водами в результате подъема уровня минерализованных грунтовых вод. При орошении почв минерализованными водами соли, содержащиеся в воде, накапливаются в почвенном профиле. Даже если почву орошают пресными водами, но в результате фильтрации происходит повышение уровня почвенно-грунтовых вод, их поднятие и испарение сопровождается накоплением солей в почвенном профиле.

Вторичное осолонцевание — комплекс процессов, вызванных содовым засолением: изменение реакции почвенного раствора (pH 9–11), увеличение содержания натрия в составе поглощенных катионов, пептизация коллоидов, повышение мобильности органического вещества, ухудшение водно-физических свойств почвы, прежде всего структуры.

Вторичная слитизация — ухудшение структуры почв вследствие содового засоления. При орошении исходная водопрочная структура разрушается, появляется глыбистость, слитость, склонность к образованию поверхностной корки после поливов и дождей. Процесс слитообразования ведет к понижению содержания доступной растениям влаги, к ухудшению воздухообмена, затрудняет обработку почвы, дренирование и промывку от солей.

Причинами деградации орошаемых почв являются бездренажное орошение, большие потери воды на фильтрацию, строительство оросительных каналов без гидроизоляции, превышение оросительных норм, неконтролируемая подача воды, полив минерализованной водой.

В оросительных системах мира больше половины воды расходуется не по назначению. Засолению подвергаются прежде всего те почвы, где оросительные системы не имеют дренажных устройств.

Для орошения почв пригодны воды с концентрацией солей до 1 г/л. Большинство рек, воды которых использовали для орошения в нашей стране, имели концентрацию солей 0,2–0,3 г/л. В настоящее время минерализация воды в некоторых реках увеличилась до 0,8–1,5 г/л. При этом карбонатно-кальциевый состав ее стал меняться на сульфатно-магниевый, сульфатно-натриевый, хлоридно-натриевый и карбонатно-натриевый. Это связано с зарегулированностью стока рек, увеличением стока дренажных и промышленных

вод, возрастанием роли испарения. В практике ряда стран (Египет, Алжир, Тунис, Марокко, Пакистан, Индия и др.) имеется опыт использования для полива высокоминерализованных вод (5–6 г/л), но только в условиях хорошего дренажа и промывного водного режима. Предельно допустимой минерализацией для орошения почв среднего и тяжелого состава считают 2–3 г/л, а для супесчаных и песчаных – 10–12 г/л. Особенно нежелательно присутствие в поливной воде гидрокарбоната натрия. Вода с его содержанием менее 1,2 мг-экв/л пригодна для орошения, 1,25–2,5 – условно пригодна, более 2,5 – непригодна. Воды повышенной минерализации и особенно щелочные воды вызывают вторичное осолонцевание почв.

С повышением концентрации солей в воде должен меняться режим орошения. На каждый 1 г соли в оросительной воде необходимо добавлять на дренажный сток 5–10% водозабора, при этом потребность в дренаже и вегетационных промывках возрастает. При содовых оросительных водах с концентрацией 0,3–1,5 г/л доля вывода дренажных вод повышается до 30–50% от водозабора. При этом целесообразно применение химической мелиорации воды или почв.

Для определения опасности осолонцевания и для слежения за скоростью этого процесса определяют SAR оросительной воды по формуле Ричардса:

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}},$$

где SAR – натриевое адсорбционное отношение; Na^+, Ca^{2+}, Mg^{2+} – содержание катионов, мг-экв./л.

Опасность осолонцевания наступает при SAR > 10, 6, 4, при минерализации воды соответственно 1, 2, 3 г/л.

Охрана почв от потерь поливной воды и вторичного засоления включает следующие мероприятия: создание закрытой сети каналов, исключающих фильтрацию; создание дренажных сооружений, обеспечивающих удержание соленых грунтовых вод на глубине не менее 1,5–3 м; капитальные промывки почв, если они засолены, для удаления солей из корнеобитаемого горизонта; регулярные вегетационные поливы с дренажными водоотводами.

Охрана почв от содового засоления и слитости включает следующие мероприятия: химическая мелиорация (внесение гипса), применение физиологически кислых и кальцийсодержащих удобрений, включение в севооборот многолетних трав. Режим орошения должен исключать переувлажнение и иссушение почв. При орошении необходимы высокая культура земледелия для предотвращения деградации орошаемых почв и поддержания их высокого плодородия.

4.3.6. Загрязнение почв при неправильном использовании удобрений

При экологически неграмотном, нерациональном использовании минеральных и органических удобрений возможно избыточное накопление азота, фосфора и других элементов в почве и других объектах биосферы.

Избыток азота в почве в нитратной форме возникает при неправильном применении азотных минеральных удобрений. Способность к легкой миграции приводит к повышенному содержанию нитратов в продуктах питания и питьевой воде.

Избыточное содержание аммиачного азота возникает при неправильном использовании отходов животноводства и городских сточных вод. Аммиачный азот также способен к миграции. Попадая в воду, он препятствует ее хлорированию, а также, окисляясь до нитратов, связывает растворенный в воде кислород, что приводит к кислородному голоданию гидробионтов и порче воды.

Кроме того, избыточный азот вызывает преимущественный рост вегетативных органов растений за счет генеративных, повышает восприимчивость растений к пониженным температурам.

Неправильное применение фосфорных удобрений приводит к зафосфачиванию почв. Миграция с полей соединений азота и фосфора в грунтовые воды, а оттуда — в прилегающие водоемы, вызывает эвтрофикацию последних.

Избыточное применение таких калийных удобрений, как хлорид калия, приводит к накоплению в почве ионов хлора, неблагоприятных для ряда сельскохозяйственных культур.

Охрана почв от избытка удобрений включает следующие мероприятия: разработка новых длительно действующих гранулированных

форм удобрений, применение комплексных форм, использование правильных технологий внесения удобрений, соблюдение правил хранения и транспортировки.

4.3.7. Загрязнение почв тяжелыми металлами и другими продуктами техногенеза

Тяжелые металлы (ТМ) — более 40 химических элементов периодической системы Д.И. Менделеева, масса атомов которых составляет свыше 50 атомных единиц массы (Pb, Zn, Cd, Hg, Cu, Mo, Mn, Ni, Sn, Co и др.).

Сложившееся понятие «тяжелые металлы» не является строгим, так как к ТМ часто относят элементы-неметаллы, например As, Se, а иногда даже F, Be и другие элементы, атомная масса которых меньше 50 а.е.м.

Среди ТМ много микроэлементов, биологически важных для живых организмов. Они являются необходимыми и незаменимыми компонентами биокатализаторов и биорегуляторов важнейших физиологических процессов. Однако избыточное содержание ТМ в различных объектах биосферы оказывает угнетающее и даже токсическое действие на живые организмы.

Источники поступления ТМ в почву делятся на *природные* (выветривание горных пород и минералов, эрозионные процессы, вулканическая деятельность) и *техногенные* (добыча и переработка полезных ископаемых, сжигание топлива, влияние автотранспорта, сельского хозяйства и т. д.). Сельскохозяйственные земли, помимо загрязнения через атмосферу, загрязняются ТМ еще и специфически, при применении пестицидов, минеральных и органических удобрений, известковании, использовании сточных вод. Городские почвы испытывают значительный техногенный пресс, составной частью которого является загрязнение ТМ.

В природе встречаются территории с недостаточным или избыточным содержанием в почвах ТМ. Аномальное содержание ТМ в почвах обусловлено двумя группами причин: биогеохимическими особенностями экосистем и влиянием техногенных потоков вещества. В первом случае районы, где концентрация химических элементов выше или ниже оптимального для живых организмов уровня, называются *природными геохимическими аномалиями* или биогеохимическими

провинциями. Здесь аномальное содержание элементов обусловлено естественными причинами — особенностями почвообразующих пород, почвообразовательного процесса, присутствием рудных аномалий. Во втором случае территории называются *техногенными геохимическими аномалиями*. В зависимости от масштаба они делятся на глобальные, региональные и локальные.

На поверхность почвы ТМ поступают в различных формах. Это оксиды и различные соли металлов, как растворимые, так и практически нерастворимые в воде (сульфиды, сульфаты, арсениты и др.). В составе выбросов предприятий по переработке руды и предприятий цветной металлургии — основного источника загрязнения окружающей среды ТМ — большая часть металлов (70–90%) находится в форме оксидов.

Попадая на поверхность почв, ТМ могут либо накапливаться, либо рассеиваться в зависимости от характера геохимических барьеров, свойственных данной территории. Большая часть ТМ, поступивших на поверхность почвы, закрепляется в верхних гумусовых горизонтах. ТМ сорбируются на поверхности почвенных частиц, связываются с органическим веществом почвы, в частности в виде элементно-органических соединений, аккумулируются в гидроксидах железа, входят в состав кристаллических решеток глинистых минералов, дают собственные минералы в результате изоморфного замещения, находятся в растворимом состоянии в почвенной влаге и газообразном состоянии в почвенном воздухе, являются составной частью почвенной биоты.

Степень подвижности ТМ зависит от геохимической обстановки и уровня техногенного воздействия. Тяжелый гранулометрический состав и высокое содержание органического вещества приводят к связыванию ТМ почвой. Рост значений pH усиливает сорбированность катионообразующих металлов (медь, цинк, никель, ртуть, свинец и др.) и увеличивает подвижность анионообразующих (молибден, хром, ванадий и пр.). Усиление окислительных условий увеличивает миграционную способность металлов. В итоге по способности связывать большинство ТМ, почвы образуют следующий ряд: серозем > чернозем > дерново-подзолистая почва.

Почва, в отличие от других компонентов природной среды, не только геохимически аккумулирует компоненты загрязнений, но и выступает как природный буфер, контролирующий перенос химических элементов и соединений в атмосферу, гидросферу и живое вещество.

Загрязнение почв ТМ имеет сразу две отрицательные стороны. Во-первых, поступая по пищевым цепям из почвы в растения, а оттуда в организм животных и человека, ТМ вызывают снижение количества и качества урожая сельскохозяйственных растений и животноводческой продукции, рост заболеваемости населения и сокращение продолжительности жизни.

Во-вторых, накапливаясь в почве в больших количествах, ТМ способны изменять многие ее свойства. Прежде всего, изменения затрагивают биологические свойства почвы: снижается общая численность микроорганизмов, сужается их видовой состав (разнообразие), изменяется структура микробоценозов, падает интенсивность основных микробиологических процессов и активность почвенных ферментов и т. д. Сильное загрязнение ТМ приводит к изменению и более консервативных признаков почвы, таких как гумусное состояние, структура, pH среды и др. Результатом этого является частичная, а в ряде случаев и полная утрата почвенного плодородия.

Механизм токсического действия ТМ на живые организмы состоит в том, что они легко связываются с сульфгидрильными группами белков. В результате нарушается проницаемость мембран и происходит ингибирование ферментов, что ведет к нарушению обмена веществ.

В зависимости от геохимических условий производства пища человека как растительного, так и животного происхождения, может удовлетворять потребности человека в минеральных элементах, быть дефицитной или содержать превышающее их количество, становясь более токсичной, вызывая заболевания и даже смерть. Разные ТМ представляют опасность для здоровья человека в различной степени. Наиболее опасными являются Hg, Cd, Pb.

Охрана почв от загрязнения ТМ заключается в следующем. Целесообразнее всего не допускать загрязнения почв ТМ, так как их удаление из почвы — это очень сложная задача. Если же загрязнение уже произошло, то почва требует санации («оздоровления»). По вопросу санации почв, загрязненных ТМ, существует два основных подхода. Первый направлен на очищение почвы от ТМ. Очищение может производиться путем промывок, путем извлечения ТМ из почвы с помощью растений, путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы и т. п. Второй подход основан на закреплении ТМ в почве, переводе их в нерастворимые в воде и недоступные живым организ-

мам формы. Для этого предлагается внесение в почву органического вещества, фосфорных минеральных удобрений, ионообменных смол, природных цеолитов, бурого угля, известкование почвы и т. д. Одна ко любой способ закрепления ТМ в почве имеет свой срок действия Рано или поздно часть ТМ снова начнет поступать в почвенный рас твор, а оттуда в живые организмы.

4.3.8. Загрязнение почв нефтью и нефтепродуктами

Нефть представляет собой смесь углеводов и их производных, в целом свыше 1000 индивидуальных органических веществ, каждое из которых может рассматриваться как самостоятельный токсикант. К нефтепродуктам относятся бензин, лигроин, керосин, газойль, мазут, гудрон и т. д.

Источники загрязнения почв нефтью бывают *природные* (очень редко) и *техногенные*. В естественных условиях нефть залегает на больших глубинах и не оказывает влияния на почву. Основной источник загрязнения почвы нефтью — человеческая деятельность. Загрязнение происходит в районах нефтепромыслов, нефтепроводов, а также при перевозке нефти. Районы и источники загрязнения почв нефтью можно условно разделить на две группы: временные и постоянные («хронические»). К временным районам можно отнести утечки при сухопутной или водной транспортировке. К постоянным относятся районы нефтедобычи, на территории которых земля буквально пропитана нефтью в результате многократных утечек.

Экологические последствия загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами зависят от трех групп факторов: параметров загрязнения (химическая природа загрязняющих веществ, концентрация их в почве, срок от момента загрязнения и др.), свойств почвы (структура почвы, гранулометрический состав, влажность почвы, активность микробиологических и биохимических процессов и др.) и характеристик внешней среды (температура воздуха, ветреность, уровень солнечной радиации и особенно доля ультрафиолетового излучения в свете, растительный покров и пр.).

Негативное влияние нефти на почву проявляется в значительном изменении морфологических, физико-химических и микробиологических свойств почв. На самой поверхности почвы высокомолекулярные продукты деградации нефти образуют довольно устойчивые

к разложению корочки, затрудняющие дыхание почвы. При многократных разливах тяжелой нефти происходит образование прочных твердых смолисто-асфальтеновых покровов, в результате чего растения засыхают, наблюдается девегетация почв.

Изменение свойств почв проявляется в возрастании pH, повышении общего количества углерода в 2—10 раз, содержания углеводородов в 10—100 раз. В почве нарушаются азотный режим, процессы нитрификации и аммонификации, окислительно-восстановительные процессы и т. д. Существенно меняются морфологические свойства почв: происходит изменение цветовых характеристик почвенного профиля в сторону преобладания серо- и темно-коричневых оттенков, ухудшается структура, снижается водопроницаемость почв.

Влияние нефти на растения обусловлено как ее непосредственным токсическим воздействием, так и трансформацией почв. Поступая в клетки и сосуды растений, нефть вызывает токсические эффекты. Они проявляются в быстром повреждении, разрушении, а затем и отмирании всех живых тканей растений. Нефть оказывает отрицательное влияние на рост, метаболизм и развитие растений, подавляет рост их наземных и подземных частей, задерживает прорастание семян.

Для человека пары сырой нефти малотоксичны. Большее воздействие оказывает соприкосновение жидкой нефти с кожей, вызывая дерматиты и экземы.

Наряду с нефтью одним из основных загрязнителей являются *пластовые воды*. Масштаб и интенсивность их воздействия на природные системы часто более значительны, чем собственно нефти и нефтепродуктов. Загрязнение пластовыми водами приводит к хлоридно-натриевому засолению, возникает специфическое техногенное осолонцевание со всеми вытекающими отсюда негативными последствиями.

Охрана почв от загрязнения нефтью и нефтепродуктами (а также другими загрязняющими веществами) осуществляется двумя путями. Первый путь состоит в предотвращении попадания нефтепродуктов в почву. Второй заключается в очищении тем или иным образом почвы от нефтяного загрязнения, которое уже произошло. Для этого необходимо проведение следующих мероприятий: мониторинг содержания в почве нефти и нефтепродуктов; выработка норм допустимого содержания нефтепродуктов в почве; капитальный ремонт или закрытие загрязняющих объектов, если установлено, что они являются источниками нефтяного загрязнения; наказание лиц, ответственных

за произошедшее загрязнение; рекультивация и санация загрязненных земель.

Специфика загрязнения земель нефтепродуктами заключается в том, что последние долго разлагаются (десятки лет), на них не растут растения и выживают немногие виды микроорганизмов. Восстановление загрязненных нефтепродуктами земель проходит либо засевом культур, устойчивых к нефтяному загрязнению, либо завозом незагрязненной почвы, что осуществляется в три основных этапа: удаление загрязненной нефтью почвы, рекультивация нарушенного ландшафта, мелиорация.

4.3.9. Загрязнение почв пестицидами

Необходимость применения химических средств защиты растений от вредителей и болезней определяется тем, что потери урожая без применения ядохимикатов могут составлять около 50%.

Пестициды — ядохимикаты для борьбы с сорняками (гербициды), с грибковыми болезнями растений (фунгициды) и вредителями (зооциды, инсектициды и др.). В зависимости от назначения химические вещества подразделяются на препараты для защиты растений от вредителей и болезней, гербициды и средства предуборочной обработки культур. Первая группа — наиболее обширная и включает в себя бактерициды, гематоциды, акарициды, зооциды, лимациды, инсектициды, нематоциды, овициды, фунгициды и иные препараты. Чаще всего применяются инсектициды. Эти ядохимикаты могут включать в себя хлорорганические, фосфорорганические и неорганические соединения ртути, свинца, мышьяка и других элементов.

Гербициды применяются как средство избирательного уничтожения сорной растительности. Из средств предуборочной обработки культур наибольшее применение нашли дефолианты, десинканты и стимуляторы роста.

Все яды, применяемые в сельском хозяйстве как средство борьбы с вредителями и болезнями растений, в большей или меньшей степени ядовиты для животных и человека. Широкое их применение оказывает всевозрастающее влияние не только на растения, но и на все живое население Земли. Примечательно, что лишь небольшая доза пестицидов достигает организмов, действительно подлежащих уничтожению. Значительная же их часть отрицательно действует на полезные

организмы, в том числе обитающие в почвах. Ядохимикаты влияют на микрофлору и микрофауну почвы, вызывают заметные сдвиги в биохимических и микробиологических процессах, сопровождающихся повышенным образованием и выделением углекислого газа, аммиака, аминокислот и других продуктов метаболизма. При этом изменяется ход и интенсивность процессов распада органических веществ почвы — клетчатки, белка, сахаров. Пестициды снижают качество сельскохозяйственной продукции: ухудшаются хлебопекарные и пищевые свойства муки, повышается «водянистость» мяса. Опасность биоцидного загрязнения биосферы вообще и почв в частности усугубляется тем, что ядохимикаты обнаруживаются только трудновыполнимыми специфическими методами анализа, проявляются через заболевания и гибель организмов.

Перераспределение биоцидов по профилю и в горизонтальном направлении происходит под воздействием почвенной влаги, в результате диффузии с почвенным воздухом, в процессах сорбции и десорбции, миграции растворов, эмульсий, суспензий. Применение ядохимикатов и длительность их сохранения в почве зависят как от химического состава почв, так и от природы самих препаратов. Наибольшей стойкостью к разложению обладают производные триазина и мочевины. Некоторые ядохимикаты претерпевают различные химические превращения, переходят в другие соединения, иногда более токсичные, чем исходные.

При изучении последствий систематического применения физиологически активных соединений в биоценозах была установлена возможность их превращения в нетоксичные соединения путем полного разложения или образования нетоксичных комплексов. Это явление получило название детоксикации. Вся система использования сельскохозяйственных угодий должна быть направлена на полную и скорейшую детоксикацию всех биоцидов, поступающих в почвы.

Обычно выделяют группы физических, физико-химических и биологических факторов детоксикации. К *физическим факторам* относят сорбцию биоцидов высокодисперсными минералами и органическими почвенными коллоидами, их улетучивание и термическое разложение. Эти процессы зависит от свойств почвы, природы и свойств адсорбента, климатических и экологических факторов. Из *физико-химических факторов* наиболее существенным является фоторазложение (фотолиз), главным действующим началом которого слу-

жат длинноволновые ультрафиолетовые лучи солнечной радиации. В результате фотолиза многие пестициды трансформируются в менее токсичные продукты. *Химические превращения* пестицидов в почве и водной среде в основном представляют собой гидролитические и окислительные процессы. Скорость этих процессов зависит от вида и числа атомов галоидов, длины углеводородной цепочки. Увеличение контакта токсиканта с почвой ускоряет гидролиз. *Биологическое превращение и разложение* пестицидов в почве обусловлено главным образом микробиологической детоксикацией. Установлено, что микробиологическое разложение пестицидов является главным путем детоксикации почв, а всякая активизация микробиологической деятельности содействует исчезновению ядохимикатов из почв. Скорость микробиологического разложения пестицидов в почве определяется содержанием гумуса, температурой и влажностью почвы, содержанием питательных веществ и другими факторами. Хорошие условия для развития почвенных микроорганизмов интенсифицируют биологическую детоксикацию пестицидов.

Частично судьбу пестицидов в почве удается регулировать агротехническими приемами — обработкой, применением орошения и удобрений, выбором сорта и культуры, способом внесения токсикантов, его глубиной, сроком. В посевах пропашных культур и на паровых участках вследствие лучшей аэрации детоксикация пестицидов, повидимому, происходит более интенсивно, чем в посевах зерновых. Здесь же необходимо отметить, что корне- и клубнеплоды поглощают и выносят ядохимикаты в больших количествах, нежели другие культуры.

Сегодня вряд ли можно полностью отказаться от применения ядохимикатов. Но нужно быть осторожным с дозировкой, транспортировкой, хранением и т. д. Рациональное использование пестицидов должно осуществляться путем снижения норм расхода препаратов, оптимизации сроков и способов применения, подбора препаратов, наиболее безвредных для среды и человека, сокращения обработок на основе учета экологических и экономических порогов вредности фитофагов. Хорошо известны биологически безвредные для здоровья людей методы борьбы с вредителями. К сожалению, их применяют крайне редко.

Главные условия создания чистых агроценозов и ландшафтов — всемерное сокращение применения ядохимикатов, высокая техника,

использование биологических средств защиты растений и устойчивых к болезням и вредителям сортов.

4.3.10. Радиоактивное загрязнение почв

Радиоактивность — способность нестабильных ядер элементов (радиоактивных изотопов, радионуклидов) к самопроизвольному распаду. Следствием ядерного распада является ионизирующая радиация в виде потока альфа- и бета-частиц, гамма-квантов и нейтронов. Радиоактивность измеряется специальными счетчиками.

Действие радиации зависит от энергии частиц и силы излучения, то есть числа частиц, вылетающих в единицу времени. Сила излучения измеряется в беккерелях (1 Бк = 1 распад в секунду) или кюри (1 Ки = $3{,}7 \cdot 10^{10}$ Бк). Дозу излучения, поражающую организм, находят путем измерения количества поглощенной им энергии. В качестве единиц радиоактивности используют также: Кл/кг (1 Кл/кг = $3{,}9 \cdot 10^{3}$ рентген); грей (1 Гр = 100 рад); зиверт (1 Зв = 100 бэр). Максимальные дозы, не причиняющие вреда организму человека, в случае их многократного действия равны $3u10^{-3}$ Гр (0,3 рад) в неделю и в случае единовременного действия — 0,25 Гр (25 рад). Доза естественного облучения зависит от высоты над уровнем моря и природы подстилающих почву пород.

Радиоактивное излучение является канцерогенным (вызывает раковые заболевания) и мутагенным (увеличивает частоту мутаций) фактором.

На процесс поглощения и накопления радиоактивных изотопов живыми организмами влияют многие факторы:

1. Природа радиоактивных элементов. Наибольшее значение имеют изотопы с длинным периодом полураспада и особенно те, которые накапливаются в тканях: Sr^{90} в костях и I^{132} в щитовидной железе.

2. Очень высокая специфичность коэффициента концентрации, который представляет отношение элемента в организме к его количеству в окружающей среде. Этот коэффициент изменяется в очень широких пределах, от 1 до 200, а иногда и значительно больше. Поэтому некоторые организмы благодаря извлечению радиоактивных элементов из окружающей среды сами становятся токсичными.

3. Содержание в окружающей среде элементов-антагонистов. Отмечено, что в пищевых цепях радиоизотопы способны вступать в кон-

курентные отношения с другими химическими элементами. Чем меньше содержание соответствующих элементов в окружающей среде, тем большее значение приобретают изотопы. Так живущие в бедной среде организмы загрязняются быстрее, чем обитающие в богатой. Овцы, пасущиеся на бедных кислых торфянистых почвах (pH 4,3), имеют коэффициент концентрации в костях Sr^{90}, равный 714, против 115 на бурой пустынно-степной почве с pH 6,8.

4. Вид и возраст организмов. Радиочувствительность разных организмов весьма различна. Установлено, что микроорганизмы более чувствительны к α- и β-лучам, а крупные организмы — к γ-лучам. По степени устойчивости к радиации живые организмы образуют ряд: бактерии > насекомые > млекопитающие. Молодые особи обладают большей радиочувствительностью и большей интенсивностью поглощения радионуклидов, чем старые.

Радиоактивность почв обусловлена содержанием в них радионуклидов. Различают естественную и искусственную радиоактивность.

Естественная радиоактивность почв вызывается естественными радиоактивными изотопами, которые всегда в тех или иных количествах присутствуют в почвах и почвообразующих породах.

Естественные радионуклиды подразделяют на 3 группы. Первая группа включает радиоактивные элементы — элементы, все изотопы которых радиоактивны: уран (^{238}U, ^{235}U), торий (^{232}Th), радий (^{226}Ra) и радон (^{222}Rn, ^{220}Rn). Во вторую группу входят изотопы «обычных» элементов, обладающие радиоактивными свойствами: калий (^{40}K), рубидий (^{87}Rb), кальций (^{48}Ca), цирконий (^{96}Zr) и др. Третью группу составляют радиоактивные изотопы, образующиеся в атмосфере под действием космических лучей: тритий (^{3}H), бериллий (^{7}Be, ^{10}Be) и углерод (^{14}C).

Валовое содержание естественных радиоактивных изотопов в основном зависит от почвообразующих пород. Почвы, сформировавшиеся на продуктах выветривания кислых пород, содержат радиоактивных изотопов больше, чем образовавшиеся на основных и ультраосновных породах; тяжелые почвы содержат их больше, чем легкие.

Естественные радиоактивные элементы распределяются по профилю почв обычно относительно равномерно, но в некоторых случаях они аккумулируются в иллювиальных и глеевых горизонтах. В почвах и породах присутствуют преимущественно в прочносвязанной форме.

Искусственная радиоактивность почв обусловлена поступлением в почву радиоактивных изотопов, образующихся в результате атомных и термоядерных взрывов, в виде отходов атомной промышленности или в результате аварий на атомных предприятиях. Образование изотопов в почвах может происходить вследствие наведенной радиации. Наиболее часто искусственное радиоактивное загрязнение почв вызывают изотопы ^{235}U, ^{238}U, ^{239}Pu, ^{129}I, ^{131}I, ^{144}Ce, ^{140}Ba, ^{106}Ru, ^{90}Sr, ^{137}Cs и т. д.

Экологические последствия радиоактивного загрязнения почв заключаются в следующем. Включаясь в биологический круговорот, радионуклиды через растительную и животную пищу попадают в организм человека и, накапливаясь в нем, вызывают радиоактивное облучение. Радионуклиды, подобно многим другим загрязняющим веществам, постепенно концентрируются в пищевых цепях.

В экологическом отношении наибольшую опасность представляют ^{90}Sr и ^{137}Cs. Это обусловлено длительным периодом полураспада (28 лет ^{90}Sr и 33 года ^{137}Cs), высокой энергией излучения и способностью легко включаться в биологический круговорот, в цепи питания. Стронций по химическим свойствам близок к кальцию и входит в состав костных тканей, а цезий близок калию и включается во многие реакции живых организмов.

Искусственные радионуклиды закрепляются в основном (до 80–90%) в верхнем слое почвы: на целине — в слое 0–10 см, на пашне — в пахотном горизонте. Наибольшей сорбцией обладают почвы с высоким содержанием гумуса, тяжелым гранулометрическим составом, богатые монтмориллонитом и гидрослюдами, с непромывным типом водного режима. В таких почвах радионуклиды способны к миграции в незначительной степени. По степени подвижности в почвах радионуклиды образуют ряд $^{90}Sr > {}^{106}Ru > {}^{137}Cs > {}^{144}Ce > {}^{129}I > {}^{239}Pu$.

Скорость самоочищения почв от радиоизотопов зависит от скоростей их радиоактивного распада, вертикальной и горизонтальной миграции. Период полураспада радиоактивного изотопа — время, необходимое для распада половины количества его атомов.

Вклад антропогенных источников загрязнения почвенного покрова в общую дозовую нагрузку на человека мал по сравнению с естественным радиационным фоном. Однако четко проявляется тенденция увеличения с течением времени роли локального антропогенного

радиационного фактора, что следует учитывать при разработке мер охраны почв от радиоактивного загрязнения.

Особенность радиоактивного загрязнения почвенного покрова заключается в том, что количество радиоактивных примесей чрезвычайно мало и они не вызывают изменений основных свойств почвы — pH соотношения элементов минерального питания, уровня плодородия Поэтому, в первую очередь, следует лимитировать (нормировать) концентрации радиоактивных веществ, поступающих из почвы в продукцию растениеводства.

Поскольку в основном радионуклиды являются тяжелыми металлами, то основные проблемы и пути нормирования, санации и охраны почв от загрязнения радионуклидами и тяжелыми металлами в большой степени сходны и зачастую могут рассматриваться вместе.

4.3.11. Биологическое загрязнение почв

Многие микроорганизмы, обитающие в почвах, являются патогенными: они опасны и даже губительны для человека и животных. В процессе эволюционного развития и адаптации к живым организмам патогенные микроорганизмы приобрели паразитические свойства. Они связаны с растительным и животным миром, могут переходить с почвенной влагой в водоемы, воздушными потоками переноситься в атмосферу.

Болезнетворные микроорганизмы могут сохраняться в почвенной среде длительное время. Так, например, споры палочки сибирской язвы остаются жизнеспособными в почве десятки лет. Благодаря этому почва может играть определенную эпидемиологическую роль в распространении отдельных инфекционных заболеваний. При загрязнении вместе с почвой проникают споры возбудителей газовой гангрены и столбняка. Немаловажное значение имеет почва для последовательной передачи инфекций во внешней среде, так как попавшие в нее патогенные микроорганизмы в дальнейшем распространяются через воду, растительную продукцию, вызывая холеру, дизентерию, тиф и т. д., или посредством насекомых, грызунов, скота, провоцируя туляремию, чуму, сибирскую язву и т. д. Кроме того, болезнетворные микроорганизмы вместе с пылеватыми частицами могут попадать в дыхательные пути человека, вызывая пневмонию, скарлатину, туберкулез, микозы и др.

Высокий потенциал различных групп патогенных микроорганизмов в почве особенно он велик вблизи крупных городских центров, населенных мест с развитой сельскохозяйственной промышленностью.

Обширную группу микроорганизмов, встречающихся в почвах, составляют кокки. В эту группу входят стафилококки, стрептококки, диплококки. Основным общим признаком болезнетворных кокков является их постоянная способность вызывать гнойно-воспалительные процессы и сепсис.

При загрязнении органическими веществами в почве в значительных количествах обнаруживаются кишечные бактерии. Среди них выделяют патогенные, условно-патогенные и сапрофитные виды. К патогенным кишечным бактериям относятся возбудители брюшного тифа, паратифозных заболеваний и дизентерии. Кишечная палочка относится к так называемым условнопатогенным микробам. В своей естественной среде обитания — кишечнике — она является комменсалом и, несомненно, играет положительную роль. Однако при понижении резистентности организма может проявиться патогенное действие кишечной палочки. У маленьких детей в этих случаях кишечная палочка, проникая в верхние отделы тонкого кишечника, вызывает тяжелые кишечные заболевания.

С целью установления степени загрязненности почвы, воды, пищевых продуктов и т. д. в них определяют наличие кишечной палочки. Результаты анализа выражают в коли-титре или коли-индексе. Коли-титр — наименьшее количество субстрата (почвы, воды, пищевых продуктов), в котором содержится хотя бы одна кишечная палочка коли-индекс — количество кишечных палочек, содержащихся в 1 г твердых веществ и в 1 л жидкости.

В почвенном «микробном депо» обнаруживают свое присутствие возбудители тифо-паратифозных и дизентерийных заболеваний.

При массовом загрязнении почвы, воды и продуктов создаются возможности для возникновения эпидемических вспышек. При санитарных обследованиях в почвах обнаруживаются холерные вибрионы, вызывающие острое инфекционное заболевание — холеру, которое поражает только человека и характеризуется резко выраженным гастроэнтеритом, обезвоживанием организма и явлениями общей интоксикации.

Несмотря на то, что почва не является естественной средой обитания большинства патогенных микроорганизмов, болезнетворные

микробы широко распространены в почвенных субстратах, способны длительное время в них сохранятся (до нескольких лет), играя значительную роль в возникновении эпидемий.

В почвах довольно часто распространены патогенные спорозные анаэробные бактерии и аэробные бактерии. Из группы анаэробов следует выделить возбудителей газовой гангрены — раневой инфекции, вызываемой обычно ассоциацией из нескольких видов патогенов и реже одним из них.

Столбняк — острая раневая инфекция, основным признаком которой является поражение нервной системы токсином возбудителя. Заболевание возникает в результате загрязнения ран почвой, содержащей споры палочек столбняка (в военное время и при других травмах).

Другими агентами патогенной анаэробной микрофлоры, присутствующими в почве, являются бациллы бутулизма. Споры этих микробов, попав в загрязненные землей пищевые продукты, прорастают в них в условиях анаэробиоза в вегетативные формы, образующие экзотоксин, который вызывает отравление и поражение центральной нервной системы.

Токсины Cl. botulinum отличаются исключительной силой, во много раз превосходящей ядовитостью все другие бактериальные токсины и химические яды. Так, в 1 г высушенного, очищенного кристаллического токсина содержится свыше 30 млн минимальных смертельных доз для человека. В мясных пищевых консервах сохраняется в течение 6–8 месяцев. Бутулизмом через загрязненный корм поражаются и животные — лошади, крупный рогатый скот, свиньи, куры, утки и др.

Почвенные очаги сибирской язвы существуют в течение многих десятков лет. Вероятность активизации очагов находится в зависимости от множества факторов, в том числе и от почвенно-климатических условий. Это острое инфекционное заболевание, вызываемое аэробными сибиреязвенными бациллами поражает преимущественно травоядных животных. Человек мало восприимчив к сибирской язве. Заражение происходит при различных формах контакта с больными животными, при обработке животного сырья или употреблении в пищу зараженных продуктов животного происхождения. Сибирская язва у человека встречается в трех формах: кожной, легочной и кишечной.

При биологических загрязнениях в почвах могут сохраняться возбудители дифтерии, склеромы, туляремии, туберкулеза, чумы, бруцеллеза, сапа и других инфекционных заболеваний. В целом же, бактерицидные свойства почвы, увы, это из области легенд.

Большинство микроскопических грибов, обитающих в почве, являются сапрофитами, и только немногие их них патогенны для человека и животных. Чаще всего они вызывают различные поражения кожных покровов, волос и ногтей, но встречаются виды, которые поражают внутренние органы, провоцируют аллергические заболевания. Заболевания, вызываемые грибами, носят названия микозов.

Следовательно, почвенный покров имеет особое эпидемиологическое значение и требует постоянного анализа санитарно-бактериологического состояния в мониторинговых системах.

ЛИТЕРАТУРА

Александрова Л.Н. Органическое вещество почв и процессы его трансформации. М., 1980. 286 с.

Антропогенная эволюция черноземов / Под ред. А.П. Щербакова и Н.Н. Васенева. Воронеж: ВГУ, 2000. 412 с.

Аристовская Т.Г. Микробиология процессов почвообразования. М.: Наука, 1980. 187 с.

Бабьева И.П., Зенова Г.М. Биология почв. М.: МГУ, 1989. 336 с.

Базилевич Н.И. Биологическая продуктивность экосистем Северной Евразии. М.: Наука, 1993. 293 с.

Безуглова О.С. Гумусное состояние почв юга России. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. 228 с.

Безуглова О.С., Орлов Д.С. Биогеохимия: Учебник для вузов. Ростов н/Д: Феникс, 1999.

Вальков В.Ф. Почвенная экология сельскохозяйственных растений. М.: Агропромиздат, 1986. 208 с.

Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Очерки о плодородии почв. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2001. 240 с.

Вальков В.Ф., Колесников С.И., Казеев К.Ш. Почвы юга России: классификация и диагностика. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2002. 168 с.

Вальков В.Ф., Штомпель Ю.А., Тюльпанов В.Н. Почвоведение (почвы Северного Кавказа). Учебник для вузов. Краснодар: Советская Кубань, 2002. 720 с.

Вернадский В.И. Очерки геохимии. М.: Наука, 1983. 415 с.

Владыченский А.С. Особенности горного почвообразования. М.: Наука, 1998. 189 с.

Гаврилюк Ф.Я. Бонитировка почв. М., 1974. 171 с.

Галстян А.Ш. Ферментативная активность почв Армении. Ереван: Айастан, 1974. 275 с.

Ганжара Н.Ф. Почвоведение. М.: Агроконсалт, 2001. 392 с.

Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. М.: Наука, 1965. 228 с.

Глазовская М.И. Общее почвоведение и география почв. М.: Высшая школа, 1981.

Глазовская М.И. Почвы мира. М.: МГУ, 1972.

Горбунов Н.И. Минералогия и коллоидная химия почв. — М.: Наука, 1974.

Добровольский В.В. География почв с основами почвоведения: Учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 1989. 320 с.

Добровольский Г.В., Гришина Л.А. Охрана почв: Учебник. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. 224 с.

Добровольский Г.В., Никитина Е.Д. Сохранение почв как незаменимого компонента биосферы. М.: Наука, 2000. 180 с.

Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука, 1990. 261 с.

Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. 416 с.

Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в природоведческую микробиологию. М.: Книжный дом «Университет», 2001. 256 с.

Зайдельман Ф.Р., Тюльпанов В.И., Ангелов Е.Н., Давыдов А.И. Почвы мочарных ландшафтов — формирование, агроэкология и мелиорация. М.: Изд-во МГУ, 1998. 160 с.

Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. М.: МГУ, 1985.

Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 204 с.

Карпачевский Л.О. Динамика свойств почвы. М.: Геос, 1997. 170 с.

Карпачевский Л.О. Экологическое почвоведение. М.: Изд-во МГУ, 1993. 184 с.

Качинский Н.А. Физика почв, ч. 1 и 2. М.: Высшая школа, 1965, 1970.

Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977.

Классификация почв России / Составители Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 1997.

Ковда В.А. Основы учения о почвах. М.: Наука, 1973. Кн. 1. 448 с. Кн. 2. 468 с.

Колесников С.И, Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. Ростов н/Д: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. 232 с.

Кононова М.М. Органическое вещество почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1963. 314 с.

Криволуцкий Д.А. Почвенная фауна в экологическом контроле. М.: Наука, 1994, 270 с.

Крупеников И.А. История почвоведения. М.: Наука, 1981.

Мишустин Е.Н. Микроорганизмы и плодородие почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 246 с.

Муха В.Д., Картамышев Н.И., Муха Д.В. Агропочвоведение. Учебник для вузов. М.: Колос, 2003. 526 с.

Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М., 1990. 325 с.

Орлов Д.С. Химия почв. М.,1985. 376 с.

Орлов Д.С., Бирюкова О.Н., Суханова Н.И. Органическое вещество почв Российской Федерации. М.: Наука, 1996. 256 с.

Почвоведение / Кауричев И.С., Павлов Н.П., Розов Н.Н. и др.; Под ред. И.С. Кауричева. 4-е изд. М.: Агропромиздат, 1989. 719 с.

Почвоведение: Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В.А. Ковды, Б.Г. Розанова. М.: Высш. шк., 1988. Ч. 1. 400 с. Ч. 2. 368 с.

Практикум по почвоведению (почвы Северного Кавказа). Учебное пособие для вузов. Краснодар: Советская Кубань, 2003. 326 с.

Практикум по почвоведению / Под. ред. И.С. Кауричева. М.: Агропромиздат, 1986. 336 с.

Розанов Б.Г. Морфология почв. М.: МГУ, 1983.

Розов Н.Н., Строгонова М.Н. Почвенный покров мира. М.: Изд-во МГУ, 1979. 287 с.

Тюрин И.В. Органическое вещество почв и его роль в плодородии. М., 1965. 319 с.

Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв. М., 1976. 180 с.

Хитров Н.Б. Генезис, диагностика, свойства и функционирование глинистых набухающих почв Центрального Предкавказья. Москва, 505 с.

Чешев А.С., Вальков В.Ф. Основы землепользования и землеустройства: Учебник для вузов. Изд-е 2-е. Ростов н/Д: МарТ, 2002. 544 с.

Шеин Е.В., Карпачевский Л.О. Толковый словарь по физике почв. М.: ГЕОС, 2003. 126 с.

Владимир Федорович Вальков,
Камиль Шагидуллович Казеев,
Сергей Ильич Колесников

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Учебник для вузов

Художественное оформление: *В. Кириченко*
Корректоры: *Л. Михайлова, О. Милованова*
Верстка: *А. Петров*

Подписано в печать 27.04.2004
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Бумага газетная.
Гарнитура Кудряшовская. Печать офсетная
Тираж 3000. Заказ № 1173

Издательский центр «МарТ»
344002, г. Ростов-на-Дону, ул. Темерницкая, 78,
тел.: (8632) 69-80-13, 40-86-48, 40-90-22, 69-82-01, 69-82-03.
E-mail: mart@martdon.ru
Web: www.martdon.ru

Издательско-книготорговый центр «МарТ»
121059, г. Москва, ул. Брянская, 7, офис 312,
тел.: (095) 241-56-91,244-78-05,243-51-58.
E-mail: mart.m@astelit.ru

Отпечатано с оригинал-макета в типографии АПП «Джангар»
358000, г. Элиста, ул. Ленина, 245



Издательский центр «МарТ»

344002, г. Ростов-на-Дону,
ул. Темерницкая, 78

Тел.: (8632) 69-80-13, 40-86-48, 69-82-01, 69-82-03
e-mail: mart@martdon.ru
www.martdon.ru

Оптовая и розничная торговля:

- ✓ учебная литература для вузов
- ✓ кодексы, комментарии, право
- ✓ бухгалтерский учет
- ✓ гуманитарные науки
- ✓ справочная литература

Ждем покупателей!

. . . . . .



Издательский центр «МарТ»

344002, г. Ростов-на-Дону,
ул. Темерницкая, 78

Тел.: (8632) 69-80-13, 40-86-48, 69-82-01, 69-82-03
Редакционный отдел:
e-mail: rmart@martdon.ru

Приглашаем к сотрудничеству авторов

- ✓ учебных пособий для вузов и колледжей
- ✓ книг по бухгалтерскому учету, экономике, праву, информатике и другим наукам

Рассмотрим все предложения!