

Федеральное государственное образовательное
учреждение высшего образования
«Майкопский государственный технологический университет»

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие



Майкоп - 2018

УДК [631.4+ 624.131.1] (07)

ББК 40.3

А - 98

Печатается по решению научно-технического совета ФГБОУ ВО
«Майкопский государственный технологический университет»

Составители:

доктор биологических наук *Ашинов Ю.Н.*,
старший преподаватель *Константинов Ю.А.*,
канд. с.-х. наук *Синельникова И.Е.*

Рецензенты:

доктор с.-х. наук *Мамсиров Н.И.*,
и.о. директора ГУП РА «Проектный институт «Адыгесельхозпроект»
Паутов А.В.

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ. Учебное пособие. –
Майкоп: Изд-во «ИП Кучеренко В.О.», 2018. – 309 с.

В учебном пособии приводятся начала геологических знаний в объеме сведений по общей и полевой геологии. Дается характеристика состава, состояния и свойств различных грунтов, включая почвы, как многофазных систем. Приводится систематическое описание почв по различным регионам России. Пособие может быть полезно студентам специальностей в области инженерной геологии и грунтоведения, землеустройства, строительства, в том числе и дорожного. В учебном пособии даны основы геологических знаний, а также теоретико-методические основы грунтоведения, его положение в системе геологических наук, состав и строение, химические, физико-химические, физические, биотические и физико-механические свойства.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1. ПОЧВОВЕДЕНИЕ.....	9
1.1. Становление и развитие науки о почвах.....	9
1.2. Краткая история развития почвоведения.....	10
1.3. Питания растений и химия почв.....	18
1.4. Агрогеология и начала биологии почв.....	20
1.5. Возникновение почвенной картографии.....	21
1.6. В.В. Докучаев – основатель генетического почвоведения.....	22
1.7. Исследования Гедройца.....	24
1.8. География почв мира.....	25
1.9. Почвоведение как научная дисциплина.....	27
1.10. Почвообразовательные процессы.....	29
2. Характеристика почвенных процессов и их влияние на плодородие.....	33
2.1. Факторы почвообразования.....	35
2.2. Материнская, или почвообразующая, порода.....	38
2.3. Возраст почв.....	39
2.4. Состав почв.....	39
2.5. Строение почвенного профиля. Мощность почвы и отдельных горизонтов.....	40
2.6. Окраска почв.....	40
2.7. Влажность почв как морфологический признак.....	41
2.8. Почвенная структура.....	41
2.9. Гранулометрический состав как морфологический признак.....	42
2.10. Сложение.....	43
2.11. Новообразование и включения.....	43
2.12. Характер перехода от одного горизонта к другому.....	45
3. Свойства почв, почвенные процессы и режимы, обуславливающие плодородие.....	45
3.1. Строение почв.....	49
3.2. Взаимодействие факторов почвообразования.....	49
3.3. Типы почв.....	53
3.4. Строение почвенного профиля.....	55
3.5. Органическое вещество почвы.....	56
3.6. Процесс образования гумуса.....	59
4. Влияние различных приемов земледелия на режим органического вещества и гумусное состояние почв.....	61
4.1. Ферментативная активность почв.....	62

4.2. Характеристика почвенных ферментов.....	63
4.3. Аллелопатические свойства почв.....	64
5. Классификация механических элементов и их свойства.....	65
5.1. Классификация почв и почвообразующих пород по гранулометрическому составу.....	67
5.2. Значение гранулометрического состава.....	68
5.3. Утрата и восстановление структуры.	70
5.4. Водный режим почв.	73
5.5. Почвенные растворы.....	80
6. Концентрация, состав и свойства почвенных растворов.....	81
6.1. Регулирование состава почвенных растворов.....	81
6.2. Химический состав почв. Микроэлементы.	82
6.3. Регулирование режима питания растений.....	83
6.4. Поглотительная способность почв.....	83
6.5. Почвенные коллоиды.....	84
6.6. Виды поглотительной способности почв.....	87
6.7. Буферность почв.	90
6.8. Водный баланс почв.	91
6.9. Воздушный режим почв.....	92
6.10. Тепловой режим.....	94
7. Структура почв.....	98
8. Кислотность и щелочность почв.....	100
9. Плодородие почвы.....	101
9.1. Виды плодородия.....	104
9.2. Модели почвенного плодородия.....	106
10. Окислительно – восстановительные процессы в почвах.....	108
10.1. Регулирование окислительно-восстановительного состояния почв.....	111
11. Общие закономерности географического распределения почв.....	112
12. Классификация почв.....	114
12.1. Почвы арктической и тундровой зоны.....	116
12.2 Почвы таежно-тундровой зоны.....	118
12.3 Подзолистые почвы.....	120
12.4. Дерново-подзолистые почвы.....	121
12.5. Серые лесные почвы лесостепной зоны.....	122
12.6. Черноземные почвы лесостепной и степной зон.....	124
12.7. Почвы сухих степей.....	129

12.8. Почвы полупустынь.....	131
12.9. Почвы влажных субтропиков.....	133
13. Охрана почв.....	133
14. Радиоактивные свойства почв.....	136
14.1. Естественная радиоактивность.....	136
14.2. Искусственная радиоактивность.....	137
15. Магнитные свойства почв.....	138
15.1. Характеристика почв по магнитным свойствам.	138
15. 2. Использование магнитометрических способов в почвоведении и агрономической практике.....	139
16. Эрозия почв и меры борьбы с ней. Виды эрозий.....	140
16.1. Вред, причиняемый эрозией, и её распространение.....	141
16.2. Условия, определяющие развитие эрозии.....	141
16.3. Классификация и диагностика эродированных почв.....	143
16.4. Мероприятия по защите почв от эрозии.....	144
16.5. Организационно- хозяйственные мероприятия.....	144
16.6. Агротехнически мероприятия.....	145
16.7. Лесомелиоративные мероприятия.....	145
16.8. Гидротехнически мероприятия.....	146
17. Почвенные карты и картограммы. Агропроизводственная группировка почв. Виды почвенных карт и картограмм.	146
17.1. Агропроизводственная группировка почв и земель.....	147
17.2. Использование почвенных карт и картограмм в сельскохозяйственном производстве.	149
17.3. Использование материала почвенных исследований при землеустройстве.	149
17.4. Использование почвенных карт и картограмм при применении удобрений и известковании почв.	150
18. Качественная оценка (бонитировка) почв.....	151
18.1. Методика и показатели бонитировки почв.....	152
18.2. Агроэкологическая характеристика земель.....	156
II. Инженерная геология.....	158
1. «Инженерная геология» - понятие предмета.....	158
2. Строение Земли, роль почвенного покрова в её жизни.....	169
2.1. Сейсмические исследования земной коры.....	175
2.2. Типы земной коры.....	177
2.3. Тектонические структуры земной коры.....	180
3. Происхождение и состав минеральной части почв.....	183
3.1. Минералы и их происхождение.....	183

3.2. Классификация горных пород.....	190
3.3. Структуры и текстуры горных пород.....	192
4. Эндогенные процессы.....	197
5. Экзогенные процессы.....	202
6. Образование горных пород.....	206
6.1. Магматические горные породы.....	206
6.2. Осадочные горные породы.....	206
6.3. Метаморфические горные породы.....	207
6.4. Классификация, распространение и основная характеристика почвообразующих пород.....	207
6.5. Формы рельефа земной поверхности.....	208
7. Основы гидрогеологии.....	211
7.1. Распределение воды на Земле.....	211
7.2. Виды воды в горных породах.....	212
7.3. Классификация подземных вод.....	213
7.4. Понятие динамики подземных вод.....	221
7.5. Техногенные нарушения подземных вод.....	223
8. Опасные геологические процессы.....	224
9. Физическое и химическое выветривание.....	227
9.1. Строение коры выветривания.....	228
9.2. Эрозия. Водная эрозия.....	232
9.3. Элювий и делювий.....	233
9.4. Овраги.....	234
10. Геологическая деятельность озёр и болот.....	235
11. Гравитационные процессы.....	238
11.1. Оползни.....	238
12. Характеристика аллювиальных отложений.....	241
13. Природные воды.....	242
13.1. Круговорот воды на Земле.....	243
13.2. Типы ледников.....	246
13.3. Образование и строение ледников.....	247
13.4. Роль ледников в питании и режиме рек.....	249
14. Гидрология рек.....	249
14.1. Реки и их распространение на Земле.....	249
14.2. Морфология реки и её бассейна.....	250
14.3. Речной сток.....	252
14.4. Движение воды в реках.....	253
14.5. Движение речных наносов.....	253
14.6. Русловые процессы.....	254

15. Сейсмичность. Определения и общие понятия.....	255
15.1. Сейсмические явления.....	257
15.2. Классификация землетрясений.....	266
15.3. Ранние объяснения причин землетрясений.....	267
15.4. Современные объяснения причин землетрясений.....	268
15.5. Оценка силы землетрясений. Магнитуда. Шкала Рихтера.....	270
15.6. Вулканическая деятельность.....	271
15.7. Изменение в строении земной коры.....	271
16. Особенности рельефа Земли.....	277
16.1. Морфология равнин.....	280
16.2. Морфология горных стран.....	286
17. Классификация механических элементов.....	292
18. Классификация почв и почвообразующих пород по гранулометрическому составу.....	293
19. Значение гранулометрического состава.....	294
20. Методы инженерно-геологических исследований.....	295
20.1. Инженерно-геологические изыскания.....	298
20.2. Инженерно-геологические изыскания для строительства зданий и сооружений.....	300
20.3. Инженерно-геологические изыскания для градостроительных работ.....	303
Библиографический список:.....	305

ВВЕДЕНИЕ

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.

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.

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 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.*

Геологические науки изучают состав, строение, происхождение, развитие Земли и слагающих ее геосфер. Поверхность Земли и ее недра непрерывно изменяются под воздействием разнообразных процессов, протекающих крайне медленно или очень бурно. В зависимости от источника энергии геологические процессы подразделяются на *эндогенные*, или процессы внутренней динамики и *экзогенные*, или процессы внешней динамики. Это деление несколько условно, введено для удобства изучения геологических процессов.

Следует иметь в виду, что связь почвоведения и инженерной геологии позволяет комплексно ставить и решать проблемы рационального применения и охраны геологической среды, рассматривая почвы как неперенный атрибут свободного геопространства при его использовании для любых хозяйственных целей.

1. ПОЧВОВЕДЕНИЕ

1.1. Становление и развития науки о почвах

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

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

2. Период использования почв в богарном и орошаемом земледелии. Почвы различались по качеству.

3. Период первичной систематизации знаний о почвах. Он продолжался с VIII в. до н. э. по III в. н. э.; к нему относятся трактаты Феофраста, Катона, Плиния, в которых постигалось существо почвы как природного явления. Особое значение имели труды римского агронома Колумеллы, которого иногда называют «Докучаевым античного мира».

4. Период интенсивных земельно-кадастровых работ эпохи феодализма. Он связан с описанием почв как земельных угодий для установления феодальных повинностей и привилегий. К работам этого периода относятся китайские кадастры, «Геопоники» в Византии, землеоценочные акты в Германии, Англии, Франции и других странах Западной Европы, «Писцовые книги» в России, оценка почв в Литве, Белоруссии и Украине.

5. Период зарождения современных представлений о плодородии почв, об их связи с горными породами. А. Тюрго выступил с обоснованием закона убывающего плодородия почв, Н. Валериус выдвинул гипотезу гумусового питания растений. М.В. Ломоносов в своих работах «Слово о явлениях воздушных», «О слоях земных» высказал современные для будущего XIX в. взгляды на почву и природу питания растений.

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

В 1837 г. в монографии К. Шпренгеля «Почвоведение, или наука о почве» впервые было использовано слово «почвоведение». Однако в то время почвы все еще рассматривались наукой геологией.

7. Период создания современного генетического почвоведения. В 1851г. была составлена почвенная карта европейской части России под

руководством К. С. Веселовского. В этот период почвы усиленно изучают. Выдающиеся работы выполняет В. В. Докучаев, в 1883 г. выходит в свет его классический труд «Русский чернозем», в котором сформулированы основные положения науки о почвах. В.В. Докучаев предложил первую генетическую классификацию почв. С 1899 г. в Москве начал издаваться ежемесячный научный журнал «Почвоведение».

8. Период развития докучаевского почвоведения. Классические исследования провел К.К. Гедройц, изучавший поглотительную способность почв и их коллоидные свойства, на основе которых он обосновал мероприятия по известкованию и фосфоритованию кислых почв, гипсованию солонцов. Изучены вопросы микробиологии почв. Опубликованы крупные работы по географии и картографированию почв, эрозии почв. Издан трехтомник «Почвы СССР» с обстоятельной характеристикой почв европейской части СССР, многотомник «Агрохимическая характеристика почв СССР», в котором в соответствии с административным делением СССР описаны природные условия формирования почв и агрохимические приемы повышения их плодородия.

9. Период лидирующего положения в мире докучаевского учения о почвах. Распространение докучаевского учения в других странах привело к развитию международного сотрудничества в области почвоведения, созданию в 1924 г. Международного общества почвоведов, первым президентом которого был избран К.Д. Глинка. В этот период проходило интенсивное исследование почвенного покрова стран Африки, Азии и Южной Америки, создавались национальные кадры почвоведов в результате международной помощи по линии ООН и двустороннего сотрудничества стран.

10. Период работ по охране и рациональному использованию почвенного покрова. Он включает новейшее время, когда возникли серьезные экологические проблемы, связанные с разрушением, деградацией и загрязнением почв.

1.2. Краткая история развития почвоведения

Десять тысяч лет назад человек совершил переход от собирательства и охоты к земледелию. Самый примитивный способ обработки почвы — мотыжный — требовал некоторых знаний о ее физических свойствах, к ним надо было приспособлять конструкцию мотыг и родственных им орудий, от этого же зависел урожай. «Исходный пласт» земледелия в долине Иордана и в соседних местах, быть может, восходит к IX—X тысячелетиям до н. э. В районах Передней Азии между VII и III тысячелетиями до н. э. земледелие развивалось в местностях с песчаными и глинистыми почвами.

В лесистых и кустарниковых районах Азии, Африки, Европы, Центральной и Южной Америки люди довольно быстро перешли к подсечно-огневой системе земледелия. Она уже объединяла большую цепь

технологических процессов, из которых многие были связаны с почвами: выбор лесного участка, подсека и пожар его, перемешивание золы с почвой, ее рыхление сначала палками, затем мотыгами, а, в конце концов, и плугами с металлическими сошниками. Возникали первые представления о роли золы в почвенном плодородии, ее значении для питания растений. Человек рано познал особенности почв, климата и ландшафтов предгорных территорий, которые явились первыми зачатками семи установленных Н.И. Вавиловым центров мирового земледелия. Из предгорий оно перешло в долины рек с их плодородными аллювиальными почвами. Знание пойменных почв и ландшафта, явилось предпосылкой для перехода к орошаемому земледелию.

В Древне Египте почвы делились на «пшеничные», подвергаемые искусственному затоплению; водно-болотные, предназначенные для культивирования гидрофильных растений и разведения птицы; «степные», не затопляемые Нилом. Почвы виноградников и садов ценились особо. Египтяне хорошо знали механические — строительные свойства своих почв и подстилающих горных пород, понимали сущность кальматажа и умели его регулировать («висячие» сады ассирийской царицы Семирамиды). Сделаны они были, по преданию, на искусственных террасах, куда был принесен мелкозем, затем были высажены декоративные и плодовые деревья. Почва садов искусственно орошалась.

В Индии и Китае задолго до нашей эры существовали разные виды земледелия, то это справедливо для Передней Азии и обширной области Средиземноморья, здесь переплетались пять видов земледелия: подсечно-огневое, «предиригационное», поливное, неполивное средиземноморского типа; земледелие, «связанное с разведением клубневых и корневых растений». Все эти виды земледелия так или иначе связаны с определенными знаниями о почве. Средиземноморское земледелие на маломощных каменистых почвах требовало, с одной стороны, их сохранения, а с другой — частых рыхлений для поддержания нужной влажности. «Клубневое земледелие» чаще базировалось на рыхлых и легких почвах. Со свойствами почв и видами земледелия связано изобретение и дальнейшее совершенствование плуга. Металлические части плуга в Передней Азии встречаются с III тысячелетия до н. э. В Древней Месопотамии известны два типа плугов — легкий и тяжелый. Первый применялся на легких и мелких почвах, его обычно тянули ослы. Тяжелый плуг появился позднее. Он предназначался для связных и мощных почв, в него впрягали пару, четверку или шестерку быков. У народа майя сначала господствовала подсечно-огневая система земледелия. Субтропические почвы, вообще очень нестойкие, быстро истощались. Самые плодородные использовались подряд не более 3—4 лет, затем их надо было на 6—10 лет оставлять под лесом. Существовало в Южной и Центральной Америке и настоящее орошение. В этот период люди многое узнали о почве и научились не только ее обрабатывать, но и переделывать.

Учение греков о почве достигло расцвета в V—IV вв. до н.э., во времена Эмпедокла, Аристотеля и его учеников. Они обобщили не только богатый опыт использования почв в земледелии Греции, но и сведения, почерпнутые у народов других стран, особенно Египта и Двуречья, а также собранные во время военных походов и путешествий. Зная о разнообразных качествах почвы, они рассматривали процессы, происходящие в ней. Аристотель и Теофраст полагали, что «почву и ее природу следует рассматривать как женщину и мать». Профиль почвы у греков трактуется преимущественно в агрономическом аспекте. Главное качество почвы — плодородие. Греки видели в почве тело, меняющееся во времени. Кроме этих поэтических представлений о почве начали формироваться и взгляды на нее, близкие к научным.

Древнегреческая наука была единой, в ней лишь намечалась дифференциация. Тесно сливались друг с другом история и география. Огромный вклад в первоначальное становление географии, во всяком случае страноведческой ее ветви, внес Геродот из Галикарнаса. В главном его сочинении «История в девяти книгах», полностью дошедшем до нас, содержится много сведений страноведческого характера. Плавание по Нилу и осмотр его берегов натолкнули Геродота на мысль что, большая часть этой области является наносной землей. Почву Ливии Геродот называет «красной», о ряде мест говорит, что почва там светлая. По-видимому, именно он первым применил цветовой принцип к наименованию почв; это у него заимствовал Теофраст, часто ссылавшийся на Геродота. В IV в. до н. э. Эвдокс Книдский предположил, что у Земли есть пояса. Эратосфен (ок. 276—194 гг. до н. э.) — автор сочинения «Географические записки» — впервые определил длину земного меридиана. Он выделял пять поясов, различающихся по климату. Ему же принадлежит другая попытка географического районирования — разделения суши на крупные регионы. Теофраст предположил, что почва — нечто особое и важное, ей присуще профильное строение; плодородие — ее основное качество, она изменчива в пространстве и имеет свои особенности; растения—дикие и культурные.

Марк Порций Катон Старший (234—149 гг. до н.э.) — автор многих произведений, не дошедших до нас, но его трактат «О земледелии», появившийся впервые около 160 г. до н.э., полностью сохранился. Он дает ряд советов о глубине вспашки, применении тех или иных плугов. Катон подробно разбирает вопрос о навозе, доходя до тонкостей. Даются очень детальные советы по выбору почв для разных сортов оливы и винограда. В течение примерно ста лет труд Катона был на вооружении земледельцев.

Гай Плиний Старший (23 или 24—79 в. н.э.) — автор «Естественной истории» в 37 книгах, явившейся своеобразной энциклопедией естественнонаучных знаний античности, полагал, что плодородие почвы падает, и это нельзя компенсировать никакими самыми дорогими способами ее обработки.

Луций Юний Модерат Колумелла (I в. н.э.) написал трактат «О сельском хозяйстве», который сначала состоял из 4 книг, но к концу жизни автора был расширен до 12 книг. Труд Колумеллы представляет собой подлинную сельскохозяйственную энциклопедию, в которой обобщен весь опыт античной агрономии Средиземноморья, в том числе и знаний о почве. Комбинируя в меняющихся сочетаниях ряд категорий влажности (мокрая, влажная, сухая), тучности (тощая, средняя, жирная), плотности, каменистости и др., Колумелла создал логическую классификацию почв. Наравне с классификацией почв Колумелла предложил и классификацию удобрений. Он различал пять их основных категорий: навоз, минеральное удобрение, зеленое удобрение, компост, удобрение «земли землей».

Китайцы в феодальную эпоху достигли большого искусства в изготовлении почвообрабатывающих орудий. В горных районах Южного Китая уже издавна все пространство «от подошвы до отвесных каменных вершин обработано в виде площадок, лежащих одна над другою». Террасирование горных склонов, как способ их освоения и борьбы с эрозией, возникло в ряде стран Юго-Восточной Азии.

Земледелие зародилось в Японии сравнительно поздно, что объясняют особенностями горнолесного ландшафта и задержкой в появлении сельскохозяйственных орудий. Позднее, в железном веке, японцы усовершенствовали ручные орудия обработки почвы. В IV—VII вв. шло строительство «великих каналов», водохранилищ, и в результате около 600 тыс. акров земли стало использоваться для посевов. У японцев было слишком мало хорошей земли, поэтому забота о почве перерастала в преклонение перед ней. Почвы полей и садов обрабатывались непрерывно в течение сотен лет, не знали отдыха, но плодородие их не падало. Тщательно применялись все виды местных удобрений, «издавна укоренилась весьма рациональная система использования стручковых растений, дающих зеленое удобрение». Высокого искусства достигли японцы в сооружении террас. Для защиты почвы от эрозии уступы террас засаживались лесными полосами. Искусственные почвы создавали и при изобретенном в Японии «кучевом земледелии». В XVI в. Японцы стали отвоевывать земли у океана путем обвалования, осушения приморских низменностей и создания искусственных почв. К концу XVIII в. было осушено под рис более 200 тыс. га земель. Переход Японии в начале XVII в. к строгой самоизоляции задержал развитие страны, в том числе развитие агрономических и естественнонаучных знаний, но содействовал укреплению национальных традиций.

В Индии интерес к почве проявлялся еще в глубокой древности. Не все почвы орошались. Неполивное земледелие было распространено на почвах предгорий, где выпадало достаточно дождей, и вблизи русел рек, на почвах с высоким уровнем грунтовых вод. Поля тщательно удобрялись.

В представлениях о почве в Китае, Японии и Индии было много общего: почве уделялось большое внимание, разрабатывались сходные способы поддержания почвенного плодородия.

Отчетливое представление о знаниях византийцев о почве дает объемистая сельскохозяйственная энциклопедия, созданная в X в. Полное ее название «Геопоники, выборки о сельском хозяйстве». В книге дается описание почв, климата, всех разделов земледелия, животноводства, пчеловодства и даже рыболовства.

Почва считается хорошей, если «в засуху она не очень сильно трескается, если от проливных дождей она не превращается в болото, а впитывает всю дождевую влагу в свои недра». Затрагиваются и более точные методы определения качества почвы, по Вергилию, путем получения водной вытяжки из «комка почвы».

Арабы издавна разделяли пустынные почвы на три вида: равнинные красные песчаные почвы, всхолмленные песчаные почвы — более бесплодные и каменистые или «железные» почвы. Кроме того, были известны долины временных потоков, обильно увлажняемые во время редких ливней. На территории Йемена в V—VI в. сочетались богарное земледелие и искусственное орошение. В горах было построено гигантское водохранилище, огражденное плотиной, которая в VI в. была прорвана, что причинило огромный ущерб населению и почве. Существовало здесь и террасное земледелие китайского типа. В XIV в. на террасах появились насаждения кофейного дерева, завезенного из Эфиопии. У арабов замечается некоторое пренебрежение к почве, они чаще говорят о плодородных и неплодородных местностях, без дальнейшей детализации. Самый выдающийся мыслитель мусульманского мира Абу Ибн Сина, или Авиценна, говорит о строении земной коры и почвы: «В середине земного шара должна быть чистая земля, вполне соответствующая простой природе земли. Над этой землей должна быть земля в смеси с водой, то есть глина. Над этим либо вода, либо преобладает земля. Арабский ученый XIV в. Ибн Халдун, живший в Испании, а затем в Тунисе, в своем сочинении «Рихла» говорит о природе стран Магриба, об их климате и почве, которые оказывают большое влияние на человека.

В XI—XIII вв. происходит массовый подъем сельского хозяйства: расширяются посевные площади, усиливается так называемая внутренняя колонизация, т. е. освоение новых почв — иногда плодородных, иногда требовавших солидных мелиораций (осушение болот). В отдельных местах начинают применять в качестве удобрения мергель, вырабатываются приемы дренажа избыточно увлажненных почв.

В Англии в XII—XIII вв. было освоено около миллиона с четвертью акров новых земель за счет пустошей и болот. Кроме мелиоративных приемов осушения, был разработан оригинальный способ борьбы с избыточным увлажнением почв путем создания на полях с помощью плуга выпуклых гряд, разделенных канавами для отвода воды. Альберт Великий рассматривал взаимосвязь воды и почвы. В связи с этим совет, как распределять навоз на склоновой пашне — в верхней части надо класть больше навоза, в нижней — меньше, так как сверху он все равно частично

будет смыт. Об орошении говорится, что надо учитывать при этом качество воды: больше всего надо бояться соленой воды — она «иссушает, опалает почву и совершенно противна зарождению растений».

У древних славян начиная с VII—VIII вв. было развито пашенное земледелие и культура разнообразных сельскохозяйственных растений. Земледелие в Киевской Руси стояло на достаточно высоком для своего времени уровне. Существовали уже разные системы земледелия — «наезжая пашня», перелог, подсек леса; зарождались паровая обработка почвы и трехполье. Это требовало некоторых знаний о почве — ее мощности, времени, нужного для ее восстановления. Существовали количественные соотношения между различными типами земель по их плодородию: худые, средние и добрые почвы. На Севере России — в Двинской и Архангельской земле — уровень сельского хозяйства и агрономических знаний был выше, чем в других частях государства. Пахотные земли здесь высоко ценились. Паровое поле давало отдых почве, в него же вносился навоз, хотя и нерегулярно. При внесении навоза учитывалось природное плодородие почв; там, где они были особенно бедными, его всегда не хватало.

Семен Ульянович Ремезов (1642—1720 гг.) составил «Чертежную книгу Сибири», законченную в 1699—1701 гг. Это был первый русский географический атлас из 23 карт большого формата. На них показаны леса, степи, пески, соленые озера, т. е. косвенные элементы почвенной характеристики территории. Но еще раньше в процессе составления карт и сбора для них материала велся «Список с чертежа Сибирской земли».

К XVI—XVII вв. восторжествовали народные представления о необходимости отдыха (паровое поле) и удобрения (унавоживания) почвы для поддержания ее плодородия.

В 1504—1506 гг. Леонардо да Винчи (1452—1519 гг.) — гениальный художник, мыслитель, инженер, перечисляя «примеры и доказательства роста земли», делает такую запись: «Возьми сосуд и наполни его чистой землей и поставь на крышу: увидишь, что немедленно же начнут прорастать в нем густо зеленеющие травы и, возросши, производить различные семена; и когда дети опять упадут к ногам своих старых матерей, ты увидишь, что травы, произведя свои семена, засохли и, упав на землю, в короткий срок обратились в нее и дали ей приращение; затем увидишь ты, что рожденные семена совершат тот же круг, и всегда будешь видеть, как народившиеся, совершив естественный свой круг, дадут земле приращение, умирая и разлагаясь».

В XVI—XVIII вв. почвоведение еще не оформилось в самостоятельную науку, но знания в этой области существенно расширились, возникло большое число гипотез о роли почвы в жизни растений.

Бернар Палисси (1510—1589 гг.) — французский художник-керамист и ученый, поборник экспериментального метода в естествознании. В его опубликованных сочинениях масса самых разнообразных наблюдений «относительно строения гор и состава различных почв, происхождения

минеральных веществ». В сочинении, посвященном питанию растений солями, он высказал мнение, что растения питаются «солями почвы» и она важна для них именно потому, что содержит соли. По этой же причине навоз эффективен как удобрение; когда его вносят в почву, то возвращают ей «нечто взятое из нее раньше».

Ван-Гельмонт (1579—1644 гг.) поставил знаменитый эксперимент. Он взял 200 фунтов высушенной в печи почвы, поместил ее в глиняный сосуд и посадил в него ветвь ивы, весившую 5 фунтов. Почву в сосуде поливали дождевой или дистиллированной водой; через пять лет дерево ивы было выкопано, оно весило более 169 фунтов (листья не убирались осенью, они оставались в сосуде). По окончании опыта Ван-Гельмонт снова высушил почву, и «получил те же самые 200 фунтов, как и в начале опыта, за исключением примерно 2 унций. Следовательно, 169 фунтов древесины, коры и корней выросли из одной только воды».

В середине XVII в. И.Р. Глаубер (1604—1670 гг.), впервые получивший азотную кислоту, предположил, что «основу» растительности составляет селитра. Он установил также, что внесение селитры в почву вызывает увеличение урожаев. Отсюда Глаубер сделал категорический вывод, что плодородие почвы и эффективность таких удобрений, как навоз и кости, полностью зависят от селитры.

Внимание агрономов, химиков и других натуралистов фиксировалось на двух компонентах почвы «землистое начало» и гумус почвы.

Середина XVIII в. И.Г. Валлериус, автор капитального сочинения «О химических основах земледелия», пришел к выводу, что пищей растений служит перегной, или гумус, или «тучность» почвы. Остальные ее составные части играют роль фиксаторов или растворителей «тучности». Валлериусу принадлежит первое определение понятия «гумус». О его происхождении Валлериус говорит коротко: «гумус происходит путем разрушения растительности».

Крупную роль в становлении гумусовой теории питания растений, равно как и вообще в истории почвоведения и агрономии, сыграл немецкий ученый Альбрехт Даниель Тэер (1752 — 1828 гг.), профессор Берлинского университета. Основываясь на достижениях английского плодосеменного земледелия, Тэер придал гумусовой теории широкий характер и настойчиво ее пропагандировал в своих трудах, особенно в книге «Основы рационального земледелия», впервые изданной в 1809—1810 гг. А. Тэер четко расчленяет понятия «перегной», или гумус, и «чернозем»: «перегной не является землей и назван землей только потому, что находится в порошистом состоянии». Он «есть произведение силы органической» и состоит из углерода, водорода, азота и кислорода с примесью фосфора, серы и некоторых других элементов. Важно открытие Соссюра, что перегной содержит меньше кислорода и больше углерода и азота, чем растения.

Мартин Листер предложил подробную классификацию песчаных и глинистых поверхностных пород почв Англии. Принцип этой классификации

по отношению к пескам был такой: сначала они разделялись гранулометрически на тонкие, грубые и скелетные; далее шло разделение по окраске, с применением широкой цветовой гаммы: белые, серые, бурые, красновато-бурые и даже серебристые и золотистые. А. Тэер предложил классификацию почв самыми крупными таксонами в которой являлись шесть классов: песчаная почва, суглинок, глинистая, мергель, известковая, перегнойная (болотная). В первых четырех классах выделено 13 родов, например рыхлый песок, глинистый песок, средний суглинок, тяжелый суглинок и т.д. В XVIII в. Тюрго первым сформулировал закон убывающего плодородия почвы, согласно которому каждое последующее вложение в нее труда и капитала оплачивается все уменьшающейся прибавкой урожая.

Знания о почвах в XVI, XVII и особенно XVIII вв. продвинулись в Европе очень далеко. Почвоведение еще не стало наукой, но взгляд на почву стал более научным

Почвы В.Н. Татищев разделяет по плодородию на худые, средние и хорошие, следуя тому порядку, который существовал еще в «Писцовых книгах».

Первое упоминание о темных почвах юга страны мы находим в «Слове о плодородии земли», произнесенном 6 сентября 1756 г. в Санкт-Петербургской Академии наук «профессором ботаники и натуральной истории» И.Х. Гебенштрейтом.

Крупный и оригинальный вклад в развитие знаний о почве внес М. В. Ломоносов (1711—1765 гг.). Долгое время он находился за границей изучая труды соратников. После возвращения из-за границы Ломоносов по просьбе князя Волынского перевел с немецкого языка на русский «Лифляндскую экономию» С. Губера — агрономическую энциклопедию, основанную на обобщении сельскохозяйственного опыта Прибалтики. Проблемы почвоведения и сопряженных с ним наук затрагиваются в ряде сочинений Ломоносова и в наиболее обобщенном виде в трактате «О слоях земных», написанном в 1757—1759 гг. и опубликованном в 1763 г. Ломоносов — убежденный актуалист в объяснении перемен, происходящих на «лике земном». Почва, по Ломоносову, «не первообразная и не перевозданная материя», а особое геобиологическое тело. Она образовалась «долготою времени» в результате воздействия выветривания и живых организмов на горные породы, даже в том случае, если они представляли собой первоначально «каменные голые горы». Именно М.В. Ломоносов ввел в научный оборот термин «чернозем». Он характеризует природные области Европейской России. Он отмечал различие этих «полос» не только по климату, растительности и почвам, но и по условиям сельского хозяйства в них. Ломоносов долгое время руководил в Академии наук Географическим департаментом и Классом земледельчества. Приступив к «поправлению российского атласа» и составлению «верной и обстоятельной российской географии», Ломоносов в 1759 г. разослал по губерниям специальный вопросник.

А.Т. Болотов (1738—1833 гг.) — выдающийся русский агроном, оставивший литературное наследство в 350 томов «обыкновенного формата». Он дает сравнительную характеристику трех почв песчаных, глинистых и чернозема.

Радищев на пути в сибирскую ссылку «на десятилетнее безысходное пребывание» взялся за изучение природы края. В его «Записках путешествия в Сибирь» содержится множество ценных замечаний об устройстве поверхности, растительности, почвах и земледелии различных местностей. Он кратко описывает почвы районов Предуралья, Урала, Западной и Восточной Сибири. При возвращении из ссылки Радищев ведет «Дневник путешествия из Сибири». Пользуясь методикой отмучивания почвы, заимствованной у Комова, Радищев установил большое содержание песчаных частиц («половину почти») в тютнарских черноземах, обнаружил он в них также «несколько селитры и железной соли». Было замечено, что черноземы обладают хорошей водопроницаемостью, являются «рыхлыми». Пахотные подзолистые («серые») почвы Радищев противопоставляет черноземам. Радищеву были известны разработанные русскими агрономами, его современниками — Болотовым, Комовым, Друковцовым, способы борьбы с эрозией почвы на пашнях.

Русское почвоведение сравнивалось с зарубежным уже в XVIII в. Русские ученые выработали свое понимание почвы как геобиологического тела природы, ввели в научный оборот понятие «чернозем» и начали дискуссию по поводу его образования, нащупали идею зональности почв, подошли во многих аспектах к их оценке, обработке, удобрению, роли в экономической жизни государства.

В XIX в. почвоведение становится подлинной наукой, появляется уже ее название, сначала у немцев, а затем и в России, в современном его звучании.

Почвоведение начинает дифференцироваться в большей мере, чем раньше. Резче проявляется его зависимость от успехов химии, геологии, биологии, но и его достижения осваиваются этими науками. Примерно в середине века Маркс и Энгельс используют ряд понятий о почве в своих экономических и философских работах. Как и в конце XVIII в., русская научная мысль в области почвоведения не уступает западной, продолжают и нарастают дискуссии о черноземе. Изучение почвы сосредоточивается вокруг ряда узловых проблем.

1.3. Питание растений и химия почв

Теория гумусового питания растений победоносно перешла из восемнадцатого века в девятнадцатый. Ее каноны разделяли многие, в том числе такие выдающиеся ученые, как Г. Дэви и Я. Берцслиус. Английский химик и физик Г. Дэви (1778—1829 гг.), известный также как автор книги

«Элементы агрокультурной химии». Дэви считал, что растения питаются гумусом почвы, поэтому и масла являются хорошим удобрением, ибо содержат углерод и водород. Польза навоза определялась тем же; известь производит благоприятный эффект, так как «растворяет твердый растительный материал». Однако внимание Дэви к питанию растений веществами почвы породило у него интерес к почве вообще. Он исследует гранулометрию и химический состав почв Англии и Ирландии; может быть, первый составляет перечень приборов и реактивов, необходимых для анализа почв. Дэви изучал физические свойства почв, показав, что отношение их к нагреванию и охлаждению зависит от химического и гранулометрического состава. Дэви считал, что почва «образовалась в начале путем разложения скал и каменных напластований» под действием кислорода воздуха, воды и углекислоты.

Ярым сторонником гумусовой теории питания растений был шведский химик и минералог Й.Я. Берцелиус (1779—1848 гг.). Занимаясь наряду с другими проблемами химии составом и строением органических веществ, в частности кислот, уделил много внимания перегнойным веществам почвы. Экспериментальными исследованиями Берцелиуса, его современника К. Шпренгеля, голландского химика Г. Мульдера и других ученых в 20—30-е годы были выделены такие гумусовые вещества почвы: гуминовая кислота, растворимая в щелочах; ее индифферентная форма — гумин, или гумусовый уголь; креновая и апокреновая кислоты, многие соли которые легко растворимы в воде.

Шпренгель (1787—1859 гг.), издал в 1837 г. в Лейпциге первую специальную книгу по почвоведению.

Профессор Московского университета М.Г. Павлов (1793—1840 гг.). Его книги «Земледельческая химия» (1825) и «Курс сельского хозяйства» (1837) сыграли значительную роль в развитии агрономии в России. Р. Герман обнаружил в черноземах не только гуминовую кислоту, но и фульвокислоты. Еще более важным было открытие им того факта, что азот входит в состав перегнойных веществ почвы как постоянная составная часть. Он показал, что при «выпахивании» черноземов в них уменьшается содержание гумуса, которое «состоит преимущественно в потере перегнойной (гуминовой) кислоты и перегнойной вытяжки.

Юстус Либих (1803—1873 гг.) в 1840 г. выпустил работу «Химия в приложении к земледелию и физиологии растений». Он утверждал, что растения имеют неисчерпаемый запас углекислоты в воздухе. Преимущество гумуса состоит в том, что он постоянно выделяет углекислоту. Минеральные элементы растения берут из почвы, чему способствуют непрерывно идущий процесс выветривания и кислые выделения корней. Азот растения поглощают в форме аммиака, который ими берется из почвы, удобрений или из воздуха.

После ряда дискуссий Жан Батист Буссенго (1802—1887 гг.), не вскрыв механизма явления, доказал, что все растения берут азот из почвы, кроме

бобовых, которые сами обогащают ее этим элементом. Этот выдающийся французский химик явился основателем вегетационного метода.

1.4. Агрогеология и начало биологии почв

В.М. Севергин (1765—1826 гг.), известный как химик, географ и создатель русской научной терминологии. В минералогии он явился продолжателем идей Ломоносова и выполнил его завет о создании труда по минералогии нашей страны. В 1809 г. Севергин выпустил «Опыт минералогического землеописания Российского государства».

В 1771 г. М.И. Афонин высказал мысль о создании коллекции почв. Первым это выполнил Севергин. В разных губерниях он собирал 54 образца пахотных почв и, сопроводив их поименным описанием, передал Вольному экономическому обществу. Это была первая или, во всяком случае, одна из первых почвенных коллекций в мировой практике.

В России одним из центров агрогеологии был университет в Дерпте (Тарту, Эстония). Там работал А. Петцгольд, изучавший черноземы и другие почвы с геологической точки зрения. Его сменил И. Лемберг, видный кристаллохимик и минералог, который исследовал поглотительную способность почв ряда прибалтийских районов Европы и пришел к заключению, что «почвоведение есть часть химической геологии».

Агрогеологи создали классификации почв. Фаллу и его последователь А. Майер делили их на два основных класса: 1) первичные, или коренные, 2) наносные. Первые подразделяются на образовавшиеся из кристаллических пород (гранита, порфира, базальта и др.) и из осадочных (песчаников, глин, известняков. В. Кноп (1817—1891 гг.) предложил классификацию почв по химическому составу с разделением на три класса: силикатные (глиноземные, железистые, кремнеземные или песчаные), карбонатные (известковые, доломитные), сульфатные (гипсовые, ангидритовые). Более мелкие подразделения почв он устанавливал по процентному содержанию в них песка, различных силикатов, карбонатов и т. д.

Представители агрогеологического направления определяли некоторые физические свойства почвы — их плотность, отношение к воде и теплу. Наибольшего успеха в этом достиг немец Шумахер. Румынский ученый Ионеску де ла Брад, в 1860—1868 гг. изучивший почвы в трех уездах Румынии, отметил влияние на них климата, разделил их на 11 групп с учетом песчаности, глинистости и гумусности. Ф. Зенфт разделил почвы на «сырые», или «грубые», не содержащие перегноя, и «перегнойные», которые он называл «культурными». П.Л. Костычев в своей классификации почв 1886—1887 гг. наряду с кварцевыми, силикатными, доломитовыми и другими выделял черноземные и болотные почвы. Более категорично и совсем с других позиций роль организмов в образовании почвы постулировал Ч. Дарвин. В 1837 г. после посещения тропических стран он прочитал в Лондонском геологическом обществе доклад «Об образовании

растительного слоя (почвы) деятельностью дождевых червей». Великий натуралист полагал, что черви, заглатывая почву, перерабатывая ее и выбрасывая вновь, создают верхний темноокрашенный слой почвы. В дальнейшем он расширил эту работу до объема монографии.

1.5. Возникновение почвенной картографии

Первые попытки картографирования почв предпринимались еще в начале XVIII в. Многолистная карта части Восточной Европы («от Балтийского моря до Дуная и Днестра») была составлена в 1806 г. известным польским просветителем и геологом, главой Департамента промышленности и ремесел Станиславом Сташицем (1755—1826 гг.).

Почвенную карту территории «от Прута до Ингула» (Бессарабия и Херсонская губ.) составил в 1856 г. А.И. Гроссул-Толстой. Она была разделена на четыре более или менее широтных полосы, сменявшие одна другую с севера на юг: 1) «настоящая черноземная полоса»; 2) «супесчано-черноземная полоса»; 3) «суглинистая полоса с более значительной примесью чернозема»; 4) «глинисто-известковая полоса с незначительной примесью чернозема».

В Японию, где были сильны самобытные традиции понимания почвы, в 1881 г. пригласили руководить почвенными исследованиями немца М. Феска, который до этого зарекомендовал себя знатоком картографии почв. В 1885—1887 гг. он опубликовал агрогеологическую классификацию и схематическую карту почв страны.

Велико было влияние взглядов Рихтгофена, который на примере стран Дальнего Востока доказывал, что в результате усиленного выветривания, свойственного этому климату, почвы неизбежно теряют питательные вещества. В связи с этим в Японии приобрели популярность идеи, с одной стороны Либиха (полный возврат), а с другой - Мальтуса (убывающее плодородие).

В 1797 г. в России учреждается «Депо карт», в 1812 г. оно переводится в состав Военного ведомства, которое силами офицеров Генерального штаба приступает к составлению военно-топографических карт губерний и описаний к ним.

Первая почвенная карта Европейской России была составлена экономистом и климатологом К.С. Веселовским (1819—1901 гг.) и издана в 1851 г., без изменений перепечатана в 1853 г. В 1873—1879 гг. было предпринято издание новой почвенной карты Европейской России (без Финляндии и Кавказа) более детально. Эту работу провел известный экономист и статистик В.И. Чаславский (1834—1878 гг.), которому помогал В. В. Докучаев.

1.6. В.В. Докучаев – основатель генетического почвоведения

Василий Васильевич Докучаев родился 1 марта 1846 г. Первые научные работы Докучаева были посвящены изучению генезиса поверхностных отложений, форм рельефа, речной сети и болот Северо-Западной России и завершились изданием в 1878 г. книги «Способы образования речных долин европейской России».

В 1875 г. Чаславский приглашает Докучаева принять участие в составлении почвенной карты Европейской России. Объяснительный текст к ней «Картография русских почв» Докучаев публикует в 1879 г.

Быстрый успех, сопутствовавший Докучаеву в разработке черноземного вопроса и выдвигании его на современный теоретический уровень, определялся во многом гениальностью ученого. Докучаев энергично берется за разрешение черноземного вопроса. В докладе «Итоги о русском черноземе» (1877 г.) он перечислил взгляды на происхождение чернозема, отдавая предпочтение трактовке Ф.И. Рупрехта.

В 1877 г. Докучаев обследовал центр и юго-запад черноземной полосы, в 1878 г. — юго-восток, Крым, Северный Кавказ, побережье Черного и Азовского морей. В 1881 г. он повторно посещает Украину и Бессарабию, а в 1882 г. началась его экспедиция в Нижегородскую губернию, в южных уездах которой были распространены черноземы. В общей сложности он проехал и главным образом прошел пешком по черноземной полосе более 10 тыс. км, описал большое число геологических обнажений и почвенных разрезов, собрал образцы почв и подстилающих пород.

Одновременно Докучаев формулирует положение о пяти факторах-почвообразователях — климате, материнской породе, растительности, рельефе и возрасте страны, зная характер которых для той или иной местности, «легко предсказать, каковы будут там и почвы».

Докучаев написал на основе своих путешествий знаменитый «Русский чернозем». Эта книга объемом более 40 печатных листов состоит из 10 глав. Выводы докучаевского учения о происхождении черноземных почв сводятся к следующему: 1) главным исходным материалом для образования массы черноземных и других растительно-наземных почв служат органы наземной растительности и элементы материнской породы; 2) в образовании массы именно черноземных почв принимает участие растительность травяных степей, особенно ее корневая система; 3) в процессах образования всех растительно-наземных почв, в том числе и черноземных, существенную роль играет возникновение из растительных и других органических остатков перегноя, или гумуса, т. е. продуктов неполного разложения органических остатков, окрашивающих почву в темный цвет; 4) специфическими процессами при образовании черноземов являются: накопление большого количества перегноя, обладающего нейтральной реакцией («сладкого гумуса»), его распределение среди минеральной массы, с которой он тесно перемешан, его глубокое распространение по профилю почв; 5) в связи с

этим чернозем при «нормальном его залегании имеет профиль, четко расчленяющийся на генетические горизонты» А, В и С.

В 1892 г. Докучаев издает «в пользу пострадавших от неурожая» книгу «Наши степи прежде и теперь», в которой он предложил план охраны черноземных почв, борьбы с засухой. Экспедиции по Буковине, Бессарабии, Средней Азии и особенно трехлетние исследования почв Кавказа (1898—1900 гг.) позволили ученому сформулировать законы зональности почв.

Жизнь Докучаева оборвалась в 1903 г. Идеи ученого слишком опережали его время, лишь в слабой мере осуществились его предложения.

Докучаев явился создателем генетического почвоведения как науки, главой славной плеяды единомышленников-натуралистов, их вдохновителем на новые свершения. К сожалению, далеко не все его мысли и идеи нашли быстрое воплощение в теории и на практике.

Костычев уделил внимание засоленным почвам, первый исследовал почвы виноградников Крыма и Кавказа, а также Алешковский песчаный массив в низовьях Днепра. Он автор агрономических научно-популярных книг «Учение об удобрении почв» (1884 г.), «Учение о механической обработке почв» (1885 г.) и других.

Евгений Вольдемар Гильгард (1833—1916 гг.). В 1893 г. он обнаружил классификацию почв, в которой разделил их на: 1) остаточные, или обладающие постоянством залегания, представляющие собой продукт выветривания горных пород на месте; 2) перемещенные водой, силой гравитации (сюда входили коллювиальные и аллювиальные почвы); 3) «эоловые почвы» — каменистые почвы пустынь, песчаные и пылеватые почвы. Гильгард разбил все почвы умеренного пояса на три группы — гумидные, аридные и переходные.

Николай Михайлович Сибирцев (1860—1900) значительно усовершенствовал методы почвенной съемки, исследовал черноземы и подзолистые почвы, много занимался практической бонитировкой почв, сблизив ее в наибольшей степени с землеоценочными работами статистиков, создал местный музей с весьма полной почвенной и геологической экспозицией. Сибирцев, узнав о своем назначении на первую в мире кафедру генетического почвоведения, написал Докучаеву. Он наметил следующие разделы курса: 1) генезис почв (почвообразователи и их соотношение); 2) морфология почв (разнообразие почвенных типов); 3) почва как предмет химических, физических и биологических исследований; 4) методы почвоведения; 5) статистика и география почв; 6) отношение почвоведения к сельскому хозяйству и лесоводству. В 1898 г. вышла в свет «Схематическая почвенная карта Европейской России», приложенная к ряду его трудов. Почвоведение становится одной из основ гигиены и эпидемиологии.

В 1899 г. под редакцией ученика Докучаева П.В. Отоцкого начал выходить журнал «Почвоведение»; он быстро приобрел международный характер, чем содействовал сплочению почвоведов. В первых номерах журнала были опубликованы статьи Г.Н. Высоцкого, К.Д. Глинки, Г.Ф.

Морозова. В последнюю четверть 19 века почвоведение оформилось как теоретическая наука, самостоятельная отрасль естествознания, были созданы научные классификации почв, учение об их зональности, изданы в полном смысле слова почвенные карты, создан классический учебник почвоведения, появились специалисты-профессионалы в этой области науки, не только в Европе, но и в Америке были достигнуты существенные успехи в изучении почв. Четко оформился как ведущий русский научный центр почвоведения.

1.7. Исследования Гедройца

Константин Каэтанович Гедройц (1872—1932 гг.) — выдающийся почвовед, физик, химик и агроном — изучал поглотительную способность почв, их химический анализ и разработку на этой основе совершенно новых принципов мелиорации почв с отрицательными агрономическими свойствами. В 1923 г. вышло в свет первое издание его капитального сочинения «Химический анализ почвы».

Несравненно более важны исследования Гедройца, посвященные явлениям поглощения в почве. Он дает ему новое определение, считая, что к этой области относится поглощение почвой веществ из раствора; твердых взвесей и газов, и разделяет поглотительную способность почв на пять видов: механическую, физическую (адсорбцию), физико-химическую, химическую и биологическую; наиболее важной из них Гедройц считал физико-химическую, или обменную, которая управляет обменом катионов между почвенным раствором и почвенным поглощающим комплексом.

Важнейшее значение имела работа Гедройца— «Почвенный поглощающий комплекс и почвенные поглощенные катионы как основа генетической классификации почв». Он разделил все почвы на насыщенные и ненасыщенные основаниями. Гедройц выделил четыре главных почвенных типа: латеритный, подзолистый, черноземный и солонцовый.

Венгр А. Зигмонд и особенно швейцарец Георг Вигнер углубленно изучали природу и строение почвенных коллоидов, их заряды, амфотерность, сам механизм явлений поглощения и обмена не только катионов, но и анионов.

Швед А. Аттерберг установил для почв ряд «констант» («границы» текучести, липкости и др.) их увлажнения, при которых выявляются механические характеристики почв. А.Ф. Лебедев (1882 — 1936 гг.) теоретически и экспериментально обосновал классификацию форм почвенной воды, выделив следующие ее формы: гигроскопическая, максимальная гигроскопическая, пленочная, гравитационная; они различались по степени подвижности и тесноте связи с почвой. Крупные исследования по физике почв в связи с их обработкой провел известный агроном А.Г. Дояренко. Он и его сотрудники в динамическом разрезе комплексно изучили физические свойства и режимы почв — водный,

воздушный, тепловой, структурное состояние. При этом для полевых и лабораторных наблюдений был сконструирован ряд оригинальных приборов.

1.8. География почв мира

В 1924 г. Б. Фростерус издает работу о почвах Финляндии, отмечает преобладание на ее территории подзолистого и болотного процессов почвообразования. Для горизонтов А и В разных подзолистых почв он устанавливает некоторые характерные параметры по содержанию гумуса, коллоидов, обменных оснований и предлагает в зависимости от этого обозначать горизонты как А1, А2, А3 и т. д. Это одна из ранних попыток с помощью количественных критериев рассматривать почвенные горизонты как диагностические. В Швеции изучением почв занимаются А. Аттерберг, О. Тамм, а также Свен Оден — видный исследователь гумусовых веществ, он предложил для подвижных органических кислот почвы (креновой и апокреновой) общее название «фульвокислоты».

Обобщение всех перечисленных исследований сделал немецкий ученый Г. Штремме, составивший в 1927 г. почвенную карту Европы. Для понимания его теоретических воззрений важно, что он еще в 1914 г. предпринял первую попытку исследования почв Германии на типологической основе.

В 1935 г. Марбут издал Атлас американских почв, в котором приводилась их классификация, ряд картографических материалов, фотографии характерных почвенных разрезов и отвечающих им ландшафтов, подборки анализов: гранулометрических, валовых химических, карбонатов, реакции, общего азота.

Итоги развития почвоведения и аспектов использования почв были подведены в особом сборнике «Почвы и человек» изданном в 1938 г.

В конце 20-х годов исследованием почв разных стран Южной Америки по поручению сельскохозяйственных учреждений занимается чилиец Адольфо Маттеи. В его работах даются описания ряда почв, сопровождаемые немногими еще анализами гранулометрического состава, содержания гумуса, питательных веществ. Начиная с 1930 г. он публикует схематические почвенные карты Чили, Бразилии, Аргентины, а в 1935 г. выпускает первую карту «почвенных типов» всей Южной Америки.

Дж.А. Прескотт — почвовед из Австралии. Он опубликовал схематичную карту Австралии. Через два года он ее уточняет и публикует, назвав осторожно картой «почвенных зон».

В 1936 г. видный американский почвовед, ученик Марбута Дж. Торп публикует работу о географии почв Китая, сопровождаемую картой. Он применил в данном случае классификационные идеи своего учителя и разделил почвы страны на педокалы и педальферы. Среди первых он, используя русскую терминологию, называет черноземы, каштановые почвы, а также «пустынные», «щелочные» (засоленные), аллювиальные. В группу

педальферов вошли подзолистые почвы и красноземы — всего пять подразделений. В эти же годы публикуют работы, сопровождаемые картами, о почвах Явы и Суматры — Э. Моор, Кубы — Беннет и Аллисон, Восточной Африки — Г. Мильн, В. Бекли, В. Мартин и др.

Г. Каппен издал книгу «Почвенная кислотность» в ней давалось современное понятие и сущности почвенной кислотности, ее значении для химических и физических свойств почв и физиологии растений и микроорганизмов.

Эйльхард Альфред Митчерлих (1874—1956 гг.) – почва интересовала его исключительно с агрономической и лесохозяйственной точек зрения. Митчерлих провел ряд новых исследований физических свойств почвы — ее сложения и структуры, скважности, влагоемкости, водопроницаемости — и влияния на них удобрений и возделываемых растений.

Появились новые сводные труды по почвам Финляндии, принадлежавшие почвоведом старому поколению — Б. Аарнио и Фростеруса.

С. Миклашевский (1874—1949 гг.), составивший почвенные карты Польши и Литвы, автор книги «Почвы Польши».

К изучению почв Хорватии приступил М. Грачанин, он первый описал своеобразные почвы островов Адриатического моря, засоленность которых является следствием воздушной импальверизации солей. Обобщением исследований румынских почвоведов послужили работы Д. Ионеску—Шишешть и Г. Кокулеску о «почвенных типах» и Н. Чернеску о «факторах климата» и почвенных зонах Румынии.

А.А. Зигмонд начал с традиционного для Венгрии вопроса о засоленных почвах, их свойствах, генезисе и мелиорации. Он составил, кроме того, наиболее полный для своего времени библиографический обзор по засоленным почвам.

Василий Робертович Вильямс (1863—1939 гг.), на протяжении 47 лет преподававший почвоведение и общее земледелие в Московской сельскохозяйственной академии им. Тимирязева. Вильямс известен как исследователь по многим более или менее частным разделам и вопросам почвоведения: физики и гранулометрии почв, строения и генезиса почв речных пойм, засоленных почв Муганской степи и «чайных почв» в Западной Грузии и др.

Михаил Михайлович Филатов (1877—1942 гг.), ученик А.Н. Сабанина, известный исследователь почв Восточной Сибири, Московской, Пензенской, Уфимской губерний, автор учебника по географии почв. В 1938 г. он организовал в университете кафедру грунтоведения, а до этого выпустил две книги по этой дисциплине — «Почвы и грунты в дорожном деле» и «Основы дорожного грунтоведения». Крупными специалистами — сооснователями грунтоведения являлись Н.В. Ориатский и В.В. Охотин — автор «трехчленной» классификации почв и грунтов по гранулометрическому составу.

А.А. Роде (1896—1979 гг.) рассматривал подзолистые почвы, исходя из представлений К.К. Гедройца и С. Маттсона, как результат сильного разрушения всех минеральных компонентов почвы под воздействием постоянно возобновляющейся кислотности почвы.

Крупной сводкой и обобщением явился изданный в 1939 г. под редакцией Л.И. Прасолова трехтомник «Почвы СССР. Европейская часть СССР». В его создании приняли участие многие ведущие почвоведы страны.

Владимир Николаевич Сукачев (1880—1967 гг.) закладывает в эти годы основы новой науки о биогеоценозе, в структуре которого почве принадлежит значительное место. Слить воедино почвоведение и геоботанику в особое учение о типах земель стремился Л.Г. Раменский (1884—1953 гг.); этому посвящена его книга «Введение в комплексное почвенно-геоботаническое исследование земель».

1.9. Почвоведение как научная дисциплина

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

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

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

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

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

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

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

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

В определении выдающегося почвоведом В. Р. Вильямса указывается, что почва — это поверхностный горизонт суши земного шара, способный производить урожай растений. Порода бесплодна, а почва обладает качественным признаком — плодородием, в связи с этим обеспечивается получение урожая. Что же такое плодородие почвы? Это комплекс свойств почв, протекающих в почвах процессов, обеспечивающих снабжение растений земными факторами жизни — питательными веществами, водой и частично воздухом и теплом в определенных экологических условиях. Плодородие определяется урожайностью конкретных растений и зависит от их способности усваивать из почвы элементы питания, воду и т. д.

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

Курс «Почвоведение и инженерная геология» начинают с изучения строения Земли, далее рассматривают процессы происхождения минералов и горных пород и их превращения в рыхлые массы обломочных осадочных пород, которые послужат основой для образования почв. Первые почвы появились тогда, когда возникла жизнь на Земле. Почвообразование неоднократно прерывалось геологическими процессами, совершавшимися в

земной коре, а также под влиянием геологической деятельности ветра, моря, рек, ледников и ледниковых вод.

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

Почва – это особое природное образование, сформировавшееся в результате преобразований горных пород под воздействием живых и отмерших организмов (растительных, животных и микроорганизмов), солнечного тепла и атмосферных осадков, т. е. в результате почвообразовательного процесса. В результате непрерывного взаимодействия этих факторов образуется плодородный слой почвы. Почва занимает уникальное положение в природном мире, так как имеет общие свойства и с живой и с неживой природой.

Почва является результатом преобразования поверхностных слоев литосферы совместным воздействием воды, воздуха и организмов.

Плодородие почвы – способность почвы обеспечивать потребности растений в элементах питания, воде, обеспечивать их корневые системы достаточным количеством воздуха, тепла и благоприятной физико-химической средой для нормальной деятельности.

Различают потенциальное (естественное) и эффективное (приобретенное под влиянием обработки, удобрений, мелиорации и т.п.) плодородие почвы.

Земля – это поверхность суши, природный ресурс, характеризующийся пространством, рельефом, почвенным покровом, растительностью, недрами, водами, а также объект социально-экономических отношений, являющийся главным средством производства в сельском хозяйстве и пространственным базисом размещения и развития всех отраслей народного хозяйства.

1.10. Почвообразовательные процессы

ПЕРВИЧНЫЙ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОЦЕСС

Это совокупность явлений, происходящих в верхней корочке плотной массивной горной породы, изменившейся под влиянием физического и химического выветривания, или в поверхностном слое рыхлой осадочной обломочной горной породы под влиянием простейших организмов. Первыми поселенцами на горных породах были бактерии и сине-зеленые водоросли. Потом появились диатомовые водоросли и грибная микрофлора. Поверхность горной породы приобрела буроватый оттенок под влиянием органических соединений, выделяемых простейшими организмами при

жизни, а также остающихся после их отмирания и перегнивания. Часть органических соединений вступала в реакцию с минеральными веществами с образованием органо-минеральных комплексов.

Постепенно улучшались условия минерального питания живых организмов за счет повышения доступности минеральных элементов благодаря продолжающимся процессам выветривания и развивающейся поглотительной способности почв. В связи с изменением физического состояния горной породы стало улучшаться обеспечение живых организмов водой. Создались условия для поселения более требовательных к условиям жизни организмов — лишайников и мхов, а далее и высших растений.

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

ВТОРОЙ ЭТАП ИЗМЕНЕНИЙ ГОРНЫХ ПОРОД

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

ТРЕТИЙ, ЗАВЕРШАЮЩИЙ ЭТАП

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

Рассмотрим общую схему почвообразования на современных осадочных обломочных смешанных горных породах. Прежде всего, уточним, что такое почвообразовательный процесс. Почвообразовательным процессом, по определению А. А. Роде, называется совокупность явлений образования, изменения и передвижения веществ и энергии, протекающих в верхнем слое материнской породы, превращающейся в почву. Агентами почвообразовательного процесса являются растения, организмы и продукты

их жизнедеятельности, вода, кислород и диоксид углерода, которые действуют неодинаково в различных природных зонах, что приводит к образованию в каждой природной зоне типичных только для нее почв с характерными свойствами и режимами.

Главные изменения, произошедшие в материнских породах на завершающем этапе их превращения в почву под влиянием агентов почвообразования:

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

2. Возросли содержание биофильных минеральных элементов и их доступность растениям в верхних частях породы благодаря продолжающимся процессам выветривания минералов и «перекачке» элементов из нижних слоев породы корневыми системами растений. Элементы включались в состав растений, наибольшая органическая масса которых всегда образовывалась в верхней части почвы (рис. 1). При ежегодном перегнивании органической массы минеральные элементы высвобождались, и в течение тысячелетий их распределение по профилю почвы изменилось. Произошло накопление соединений азота как источника питания растений в результате жизнедеятельности азотфиксирующих, нитрифицирующих и аммонифицирующих микроорганизмов. В почвах установился определенный пищевой режим благодаря биологическому (малому) круговороту веществ в системе почва — растения — животные организмы — почва. Однако из этого круговорота часть элементов ежегодно вовлекается в геологический (большой) круговорот веществ в природе.

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

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

Надземная масса растений

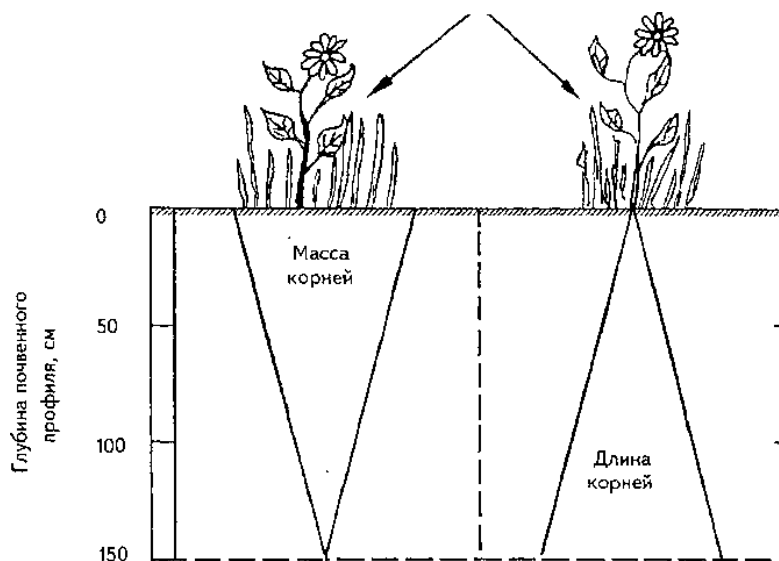


Рис. 1. Схема распределения корневой системы травянистых растений в 1,5-метровом слое почвы

4. Установились реакция почв (кислая или щелочная), соотношение протекающих в почве окислительных и восстановительных процессов (Red-Ox-потенциал), концентрация и ионный состав почвенных растворов.

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

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

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

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

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

Рассмотренный комплекс свойств и режимов является особенностью почв, отличает их от материнских пород, обеспечивает получение урожая сельскохозяйственных растений и носит название «плодородие». Почвы, их свойства и режимы не остаются неизменными. Такими они являются только на современном этапе их развития, но продолжают эволюционировать под воздействием природных факторов (климата, растительности, животных организмов и др.).

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

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

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПЛОДОРОДИЕ

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

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

Микропроцессы специфических почвенных признаков не формируют.

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

В качестве примера рассмотрим, из каких основных микропроцессов складывается подзолистый процесс, в основе которого лежат химическое разрушение минеральной части почвы и вынос некоторых продуктов разрушения в нижнюю часть профиля почвы и за ее пределы. В результате подзолистого процесса под лесной подстилкой или под гумусовым горизонтом обособляется подзолистый горизонт белесого цвета, обычно пластинчатой структуры, более легкого гранулометрического состава, обогащенный диоксидом кремния, обедненный железом, марганцем и элементами питания растений, с повышенной кислотностью, низкой катионной емкостью поглощения. Под подзолистым горизонтом образуется иллювиальный горизонт, или горизонт вымывания, буровато-коричневого цвета с белесоватой кремнеземистой присыпкой (SiO_2), тяжелого гранулометрического состава, обогащенный железом и алюминием, кислоторастворимыми фосфором и калием, с высокой катионной емкостью поглощения, с наиболее высокой обменной кислотностью в профиле почв.

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

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

2.1. ФАКТОРЫ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

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

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

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

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

От состава и деятельности организмов, входящих в растительные формации, зависит общая масса создаваемого ими органического вещества. От характера поступления растительных остатков в почву (в лесных ценозах в основном на почву сверху, а в травянистых — в верхние слои почвы), зольного состава растительных остатков, степени биогенности почв, качественного состава микрофлоры (с учетом влияния других факторов

почвообразования) зависят направление процессов гумусообразования, содержание гумуса в почвах, его качественный состав, формирование разной мощности гумусовых горизонтов и в конечном счете образование разных типов почв, отличающихся агрономическими свойствами. В связи с этим в почвообразовании синтез и разрушение органического вещества в почве называют сущностью почвообразовательного процесса.

В состав биоценозов входят почвенные водоросли. Они, так же как и высшие растения, являются продуцентами органического вещества, но их продуктивность гораздо ниже. Водоросли встречаются в почвах всех природных зон. Их численность и биомасса варьируют в зависимости от влажности, условий освещения и солевого режима даже в одной и той же почве. Количество клеток водорослей в 1 г почвы составляет от 5 тыс. до 1,5 млн., биомасса в слое 0—10 см иногда может достигать сотен килограммов на гектар, а годовая продукция органической массы от 50 до 1500 кг/га. Масса водорослей, преобразованная живым населением почв, входит в состав органического вещества почв. Водоросли оказывают влияние на накопление азота, режим кислорода и CO_2 в почвенном воздухе, структуру почв.

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

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

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

В почвообразовании активное участие принимают животные организмы (почвенная фауна), которые преобразуют органические остатки в результате питания, способствуя гумусообразованию и образованию

агрономически ценной структуры, перемешивают минеральную массу почвы с органической, активизируя химические реакции между ними, изменяют пористость почв, а следовательно, их воздухоемкость и водопроницаемость, влияют на биологическую активность почв и т. д. Учитывая особенности образа жизни и влияние на почву животных разных размеров, их делят на три группы: микро-, мезо- и макрофауну.

Микрофауна. Включает многоклеточных микроскопических животных: коловраток, нематод, ногохвосток. Их распределение в почве зависит от мертвых растительных остатков и гумуса. Микрофауна не влияет на порозность и другие физические свойства почв из-за малых размеров животных.

Мезофауна. К ней относятся видимые глазом животные, в основном членистоногие, которые живут в полостях и могут мигрировать по профилю почв по трещинам и крупным порам.

Макрофауна. Представлена в почве дождевыми червями, многоножками, личинками насекомых. Для передвижения в почве они прокладывают себе ходы. В этой группе особо выделяются крупные животные - землерои.

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

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

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

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

2.2. МАТЕРИНСКАЯ, ИЛИ ПОЧВООБРАЗУЮЩАЯ, ПОРОДА

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

Минералогический состав материнской породы оказывает большое влияние на направление почвообразовательных процессов. Например, карбонатность породы препятствует течению подзолистого процесса, так как CaCO_3 нейтрализует фульвокислоты и таким образом устраняется их разрушающее действие на минералы. Карбонатность породы способствует течению гумусово-аккумулятивного процесса, образованию водопрочной структуры.

Гранулометрический состав материнской породы влияет на формирование профиля почвы. Так, песчаные и супесчаные дерново-подзолистые почвы имеют более растянутые генетические горизонты, так как в результате повышенной их водопроницаемости нисходящие токи почвенных растворов изменяют породу на большую глубину. Глинистый гранулометрический состав породы может способствовать заболачиванию из-за плохой водопроницаемости. Заболачиванию также может способствовать бедный минералогический состав породы. В этом случае развивающиеся почвы не могут нормально удовлетворять травянистые растения в элементах питания, создаются условия для господства моховой растительности, менее требовательной к минеральному питанию. Со временем происходит накопление моховой органической массы, обладающей повышенной влагоемкостью, что приводит к накоплению воды и заболачиванию. Так образуются болота, называемые верховыми, в отличие от низинных болот, образующихся на переувлажненных территориях.

В результате почвообразования и продолжающихся процессов выветривания материнская порода частично теряет свойства, которыми она ранее обладала. Изменяется ее минералогический состав, так как образуются вторичные минералы, происходит вынос карбоната кальция за пределы

почвенного слоя, почвы могут засоляться в результате выпотного типа водного режима и т. д. Изменяется гранулометрический состав породы в результате оглинивания и гумусообразования. Например, подзолистый процесс почвообразования приводит к возникновению генетических горизонтов, резко отличающихся по минералогическому и гранулометрическому составу. Более легкий подзолистый и тяжелый иллювиальный горизонт, залегающий подподзолистым, создает условия для формирования в весеннее время в подзолистом горизонте верховых вод.

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

2.3. ВОЗРАСТ ПОЧВ

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

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

2.4. СОСТАВ ПОЧВ

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

2.5. СТРОЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ. МОЩНОСТЬ ПОЧВЫ И ОТДЕЛЬНЫХ ГОРИЗОНТОВ

Мощность почвы складывается из мощности отдельных горизонтов. Под почвенным слоем выделяется слабо затронутая почвообразовательным процессом материнская порода. Мощность отдельных горизонтов обозначают в сантиметрах (верхняя и нижняя границы от поверхности). Эти границы горизонтов определяются при просмотре профиля почвы сверху вниз по изменению одного или нескольких морфологических признаков.

2.6. ОКРАСКА ПОЧВ

Окраска является наиболее заметным морфологическим признаком. Народные названия почв связаны именно с этим признаком: подзол (напоминает цвет золы), чернозем, серая лесная почва, каштановая, серозем. Эти народные названия были использованы в почвоведении при разработке классификации почв, так как они характеризуют особенности гумусово-аккумулятивных процессов в разных почвенных зонах, состав и свойства почв.

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

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

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

2.7. ВЛАЖНОСТЬ ПОЧВ КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК

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

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

1. Почвенный горизонт **сухой** — образец почвы из горизонта, помещенный на ладонь, не холодит руку, после его сжатия в руке он рассыпается.

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

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

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

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

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

2.8. ПОЧВЕННАЯ СТРУКТУРА

Это агрегаты, на которые распадается твердая фаза почвы. Они морфологически различаются по форме, размеру и свойствам, состоят из склеенных природными «цементами» частиц песка, пыли и ила. Основными природными клеящими веществами являются гумус, наиболее дисперсная часть ила, гидроксиды железа и алюминия, бикарбонат кальция. Для каждого генетического горизонта суглинистых и глинистых почв, а следовательно, и для почвенного профиля характерна определенная структура. В супесчаных почвах структура выражена плохо, а песчаные почвы бесструктурные. Глыбистая структура характерна для пахотных, глеевых и переходных к материнской породе горизонтов, комковатая и зернистая структура — для гумусовых горизонтов, ореховатая — для иллювиальных и солонцеватых горизонтов, пылеватая — для гумусовых горизонтов старопахотных или интенсивно обрабатываемых почв, призматическая — для иллювиальных и солонцеватых горизонтов, столбчатая — для солонцевых горизонтов, плитовидная — для элювиальных горизонтов.

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

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

2.9. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ КАК МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ ПРИЗНАК

Определение гранулометрического состава в поле дает возможность понять, почему почвы содержат неодинаковое количество гумуса и элементов питания, почему одни почвы созревают для обработки раньше, а другие позже, почему генетические горизонты имеют разный гранулометрический состав и т. д. По изменению гранулометрического состава определяют мощность почвы и отдельных горизонтов, устанавливают границы между почвами. Для определения гранулометрического состава почв разработаны лабораторные и полевые методы. Среди лабораторных методов наиболее признан метод Н. А. Качинского, имеющий достаточно высокую точность. При изучении почв в природных условиях используют полевой метод. Он менее точен, но позволяет быстро дать главное название гранулометрического состава.

Полевой метод определения гранулометрического состава почв и пород основан на увлажнении их образцов до оптимальной влажности (до сырого состояния), скатывании из него шарика между ладонями, раскатывании в шнур и изгибании шнура. Названия по гранулометрическому составу дают в зависимости от того, как ведет себя при этом образец. От этого «мокрого» метода необходимо перейти к «сухому» методу, для чего следует запомнить ощущение влажных и сухих образцов разных по гранулометрическому составу почв при растирании их между пальцами.

2.10. СЛОЖЕНИЕ

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

Кроме морфологических показателей сложения почв различают физические показатели их плотности и порозности — плотность, плотность твердой фазы и порозность (скважность). Сложение почвы является важным признаком при определении условий произрастания плодовых, ягодных и сельскохозяйственных культур; оно оказывает большое влияние на сопротивление почвообрабатывающим орудиям, глубину проникновения корней растений, водопроницаемость и водоподъемную способность почв; трещиноватость часто связана с солонцеватостью.

2.11. НОВООБРАЗОВАНИЯ И ВКЛЮЧЕНИЯ

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

зации растительных остатков при их разложении микроорганизмами, так и в результате химического осаждения из засоленных почвенно-грунтовых вод при выпотном типе водного режима.

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

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

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

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

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

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

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

2.12. ХАРАКТЕР ПЕРЕХОДА ОТ ОДНОГО ГОРИЗОНТА К ДРУГОМУ

Он является важным морфологическим признаком, характеризующим условия увлажнения почв, интенсивность нисходящих токов почвенных растворов, а также последствия обработки почв сельскохозяйственными орудиями. Различают три вида переходов от одного горизонта к другому по изменению одного или нескольких морфологических признаков: постепенный, отчетливый (заметный) и резкий. **Постепенный переход** характерен для гумусовых горизонтов профиля черноземов, от одного иллювиального горизонта к другому в профиле подзолистых и серых лесных почв. **Отчетливый переход** характерен для границы перехода от элювиального горизонта подзолистых почв к иллювиальному, от солонцового горизонта к нижележащему и т. д. **Резкий переход** от одного горизонта к другому наблюдается при переходе пахотного слоя к нижележащему, торфяного слоя к глеевому, гумусового слоя к столбчатой структуре солонца и т. д.

3. СВОЙСТВА ПОЧВ, ПОЧВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ И РЕЖИМЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ ПЛОДОРОДИЕ

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

Все свойства почв, процессы и режимы прямо или косвенно зависят друг от друга; их выраженность и сочетания никогда не бывают оптимальными. Для того чтобы установить необходимое сочетание свойств, процессов и режимов в почвах разного уровня окультуренности, для определенных групп сельскохозяйственных культур разрабатывают модели плодородия, с учетом которых осуществляется комплекс агромероприятий для каждого поля севооборота.

Почвы включают пять компонентов:

1. минеральный скелет, представленный породообразующими минералами (кварц, полевые шпаты, слюды и пр.);
2. органическая неживая составляющая;
3. живые организмы - эдафон;
4. почвенные растворы;
5. почвенный воздух.

В минеральном скелете почв выделяется три группы минералов: реликтовые коренных пород, глинистые, которые развились по породообразующим минералам, и новообразования. Первая представляет собой остатки неизмененных пород - субстрата почв. Вторая группа представлена глинистыми минералами, которые формируются в результате выветривания горных пород. Глинистые минералы являются слоистыми гидроалюмосиликатами и имеют размеры менее 0,001 мм. Глинистые частицы почв обуславливают их пластичность и большую сорбционную ёмкость. По соотношению песчаных и глинистых частиц почвы подразделяются на песчаные, супесчаные, суглинистые и глинистые. Глинистые и суглинистые почвы в силу их хемосорбционных свойств гораздо лучше для сельского хозяйства. Они способны долговременно удерживать влагу и биологически активные растворенные соединения.

Третий минеральный компонент почв представлен вторичными карбонатами (CaCO_3 , MgCO_3 и др.), сульфатами (гипс, ангидрит), оксидами и гидроксидами кремния, алюминия, железа и титана. Эти соединения во многом определяют кислотно-щелочную реакцию почв. Среди относительно растворимых минеральных новообразований (солей) по степени токсичности почв выделяют: нетоксичные CaSO_4 и CaCO_3 ; слабо токсичные MgSO_4 и Na_2SO_4 ; средне токсичные $\text{Mg}(\text{HCO}_3)$ и $\text{Na}(\text{HCO}_3)$; сильно токсичные NaCl , CaCl_2 и MgCl_2 ; очень сильно токсичные Na_2CO_3 и MgCO_3 .

Сумма минеральных, «неживых» веществ в почве составляет их зольность, что аналогично зольности углей и горючих сланцев.

Мёртвое органическое вещество (перегной) в почвах включает разнообразные органические кислоты, воск, смолы, углеводороды, белки, лигнин и другие соединения (рис.2).

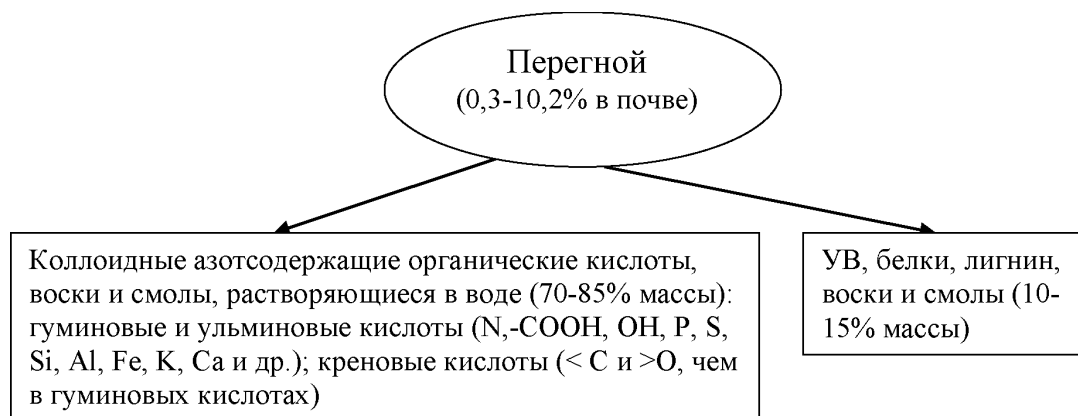


Рис. 2. Компоненты мертвого органического вещества почв.

В целом органическое вещество представлено гумусовым и сапротелевым типами. Гумусовое вещество преобладает в торфяных почвах. Сапротелевое - в почвах, которые развиваются по осадочным породам, а также накапливается в иловых впадинах озер и морей. Ил рассматривается в качестве аналога почв.

Живое вещество в почвах (эдафон) представлено микро- и макроорганизмами. Среди микроорганизмов в почвах преобладают грибы. В 1 см³ почв может быть до 2 км нитей грибов. Бактерий, водорослей и актиномицетов ненамного меньше. Подсчитано, что в 33 см³ почв обитает до триллиона микроорганизмов. Бактерии бывают аэробные, которые живут в воздушной среде и продуцируют CO₂, анаэробные, живущие в среде, где кислород находится в растворённой либо связанной формах. Эти бактерии продуцируют метан, водород или сероводород. Деятельность хемотрофных бактерий происходит за счёт энергии химических окислительно-восстановительных реакций. Автотрофные, гетеротрофные и другие бактерии производят биомассу, гуминовые и фульвовые кислоты и другие органические соединения, используя органическое вещество.

К макроорганизмам почв (макроэдифону) относятся черви, личинки, жуки, землеройки, мыши, суслики и сурки. Они перемешивают почву, перерабатывают органическое вещество, оставляя продукты своей жизнедеятельности.

Имеют место ещё два важных компонента почв - воздух и вода. Воздушные компоненты почв (O₂, CO₂, N₂ и др.) такие же, как в приземном слое атмосферы, но находятся в разных соотношениях (табл.1).

Таблица 1. Соотношение газового состава почв и атмосферы (объемные %)

Газы	Азот	Кислород	Углекислый	Радон
Атмосфера	78,1	20,9	0,03	0,07
Почвы	78,1	19-21	0,1-1,0	<0,01

Содержание почвенного кислорода и азота сопоставимы с атмосферным, а углекислого газа больше на порядок. Очевидно, это обусловлено активностью грибов и микроорганизмов.

Вода в почвах является чрезвычайно важным компонентом, поскольку она растворитель многих компонентов и среда обитания микроорганизмов. Почвы обладают влагоёмкостью - возможностью удерживать влагу. Этот показатель зависит от количества глинистых частиц и гумусового органического вещества, грибов и бактерий. Они могут удерживать воду в сухие периоды и обеспечивать бесперебойное снабжение растений почвенными растворами.

Ещё один компонент почв - содержание радиоактивных изотопов, которое в основном определяется калием сороковым. На Земле более 60%

общей радиоактивности обусловлено этим изотопом. Остальная часть определяется главным образом концентрациями урана, тория и продуктами их распада (радием, радоном и др.) и в минимальной степени радиоизотопами, получаемыми за счет космической активации. Начиная со второй половины XX века, особенно после ядерных испытаний в атмосфере и в районах ядерных катастроф (Чернобыль, Кыштым и др.) в почвах накапливались искусственные радионуклиды цезия, стронция, трансурановых элементов.

Во всех компонентах почв присутствуют различные химические соединения. Геохимические характеристики почв включают макро- и микроэлементы, которые могут иметь биофильные и токсичные свойства (табл. 2).

Таблица 2. Геохимические составляющие почв

Группа	Типы элементов	Элементы (в скобках - ПДК, мг/кг)
1	Биофильные макрокомпоненты	K, P, N
2	Биофильные микрокомпоненты	B, Mn, Mo, Co, Cu, Zn
3	Токсичные I класса опасности	Hg (2), As (2-20), Pb (20), Zn (300), Cd (5), Se (70), F (200)
4	Токсичные II класса опасности	Cr (6), Ni (4), B (100-1000), Cu (3), Co (5), Mo (<1,5 и >4), Sb (4,5)

Состав почв определяет их свойства. С практической стороны важнейшим из них является плодородие. Оно определяет возможность выращивания различных сельскохозяйственных культур в тех или иных объемах. Плодородие природных почв усиливается за счет внесения удобрений и мелиорантов, улучшения структуры почв и грамотного севооборота. При оценке биологической продуктивности почв производят их бонитировку (*bonitas* - доброкачественность, лат.). Это означает количественную многокомпонентную статистическую факторную оценку качества почв. Сюда входят такие показатели как: мощность почвенного разреза, количество (запасы) гумусового вещества, содержания азота, калия, рН почв; ее структура и механический состав, урожайность зерновых культур.

Гомеостазисом почв считается их свойство поддерживать относительно постоянный состав температуру и влажность. Почвы, как и другие организмы, способны не изменять свои свойства при значительных внешних воздействиях. Важное следствие гомеостазиса поддержание температурного режима в почвах. Конечно, в зависимости от сезонов года он изменяется. Однако, остается более или менее одинаковым в вегетативный весенне-летний период. Для каждой сельскохозяйственной культуры благоприятными оказываются свои температуры почв. Плотность и структура почв включают такие показатели, как количество пор - порозность. При этом почвоведы

различают порозность общую, капиллярную и некапиллярную. В верхних горизонтах почв общая порозность колеблется от 55 до 70%, в нижележащем горизонте - 35-60%. Капиллярная порозность определяет изменения суточные и сезонные изменения влажности почв. За счет сил поверхностного притяжения в капиллярах влага может поднимать до первых метров. Некапиллярная порозность почв обуславливает водопроницаемость почв. Благодаря этому сильные дожди не переувлажняют почвы.

Влагоемкость почв определяется наличием в них сорбентов. Сорбционные свойства имеют коллоидные частицы почв (глинистые, гидроксиды железа и алюминия, фосфаты, цеолиты, кремнегели, гумус). Их концентрация отражается в поглотительной способности почв. Влагоемкость, плотность и структура почв определяют их пластичность, что аналогично текучести грунтов.

3.1. СТРОЕНИЕ ПОЧВ

В почвенном разрезе сверху вниз выделяются горизонты А, В и С. Горизонт А включает корневую систему почвенно-растительного слоя. Он насыщен грибами, водорослями и аэробной микрофлорой. В нем находится наибольшее количество живого и окисленного отмершего органического вещества. Преобладают корни многолетних трав, в меньшей мере распространены корни кустарников и деревьев. Это зона вымывания. Здесь формируются органические кислоты, которые растворяют и перерабатывают минеральные компоненты почв.

В горизонте В преобладает анаэробная микрофлора. Его пересекают глубокие корни растений и норы крупных роющих животных. Мертвое органическое вещество очень мало окислено. Он является зоной вымывания. Здесь развивается глеевая восстановительная обстановка. Глей - это сизый с голубоватым оттенком горизонт почв. Горизонт С представляет собой неизменённые горные породы. Здесь мало органических веществ. По существу, это физически дезинтегрированная коренная горная порода. Этот горизонт является зоной осаждения компонентов, вымываемых из верхних уровней почв.

3.2. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ФАКТОРОВ ПОЧВООБРАЗОВАНИЯ

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

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

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

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

Почвообразовательный процесс - это переход бесплодной горной породы в новое качественное состояние - плодородную почву под влиянием факторов внешней среды.

Этот переход происходит под влиянием внешней среды в 3 этапа:

1. Вначале скальные горные породы в результате физического и химического выветривания переходят из массивного состояния в раздробленное. При этом породы приобретают рыхлость, пористость, водо- и воздухопроницаемость, влагоемкость. Из-за образования большого количества мелких частиц увеличивается их общая поверхность, усиливается химическое выветривание, в результате образуются новые, в том числе и растворимые в воде, соединения. Так возникает рыхлая порода, но одни процессы физического и химического выветривания не создают почву из горной породы, они подготавливают ее к началу почвообразования.

2. На породах поселяются высшие зеленые растения, бактерии и микроорганизмы. Корни растений пронизывают большие объемы пород и извлекают из них элементы зольного питания: фосфор, калий, кальций, магний, серу, железо и др. Причем корни извлекают химические элементы не в тех соотношениях, в которых они содержатся в породе и почве, а в тех, в которых они требуются растениям. Листья растений поглощают из воздуха диоксид углерода, который в процессе фотосинтеза соединяется с водой, образуя углеводы. Таким образом, растения синтезируют органическое вещество из диоксида углерода, воды, зольных элементов и азота. Азот появляется в породе в результате биохимической деятельности микроорганизмов, фиксирующих этот элемент из атмосферного воздуха.

3. Растения отмирают, но их органические остатки, – опад и корешки накапливаются в верхних слоях земной поверхности и служат источником питания и энергии для микроорганизмов. Часть растительных остатков превращается в новые органические вещества и накапливается в виде гумуса в верхнем слое, другая часть минерализуется и становится доступной для новых поколений растений.

Великий русский ученый, основоположник почвоведения В.В. Докучаев доказал, что почва формируется под влиянием следующих факторов: климата, почвообразующих пород, типов растительности и возраста местности.

Климат. В различных природных условиях климат (многолетний режим погоды) подчиняется закону зональности. Он зависит от географической широты, высоты над уровнем моря, форм рельефа и удаленности от морей и океанов. Сильнее всего на почвообразование влияют: температура, атмосферные осадки и ветер.

Климат оказывает прямое и косвенное влияние на почву. Прямое: осадки размывают почву, солнце нагревает или охлаждает почву. Косвенное: через растительный и животный мир. Ведущая роль в почвообразовании и формировании плодородия почв принадлежит трем группам организмов – зеленым растениям, микроорганизмам и животным. Каждая из этих групп организмов выполняет свою роль, но только при их совместной деятельности материнская горная порода превращается в почву.

Зеленые растения синтезируют органическое вещество. После завершения жизненного цикла растений часть биомассы в виде корневых остатков и наземного опада ежегодно возвращается в почву. В верхних горизонтах накапливаются элементы питания, образуются и разрушаются органические вещества. Таким образом, вместе с биомассой в почвах аккумулируется и солнечная энергия.

Распределение растительности подчиняется закону широтной зональности. В каждой природной зоне продуктивность растительных сообществ зависит от климатических и почвенных условий. В лесах общая биомасса наибольшая, однако, ежегодный прирост в них значительно меньше, чем в луговых степях. Ежегодный опад в лесах, особенно хвойных,

составляет незначительную часть, что является причиной низкого плодородия лесных почв. В травянистых сообществах луговых степей ежегодный прирост больше, чем в лесах, и почти вся биомасса ежегодно возвращается в почву, формируя мощный гумусовый горизонт и создавая высокое плодородие. Таким образом, от типа растительности и интенсивности биологического круговорота зависят почвообразовательный процесс и свойства почв.

В почве и на ее поверхности находится огромное количество микроорганизмов: бактерий, грибов, а также водорослей и лишайников. В верхних слоях их количество колеблется от миллионов до миллиардов в 1 г почвы, а общая масса составляет 3...8 т/га. Наименьшее содержание микроорганизмов характерно для почв тундры и северной тайги, а наибольшее – для черноземных и сероземных почв.

Бактерии – наиболее распространенные в почве микроорганизмы. Больше всего их в верхних горизонтах, особенно в пахотном слое, где создаются лучшие условия аэрации. По потребности в свободном кислороде воздуха бактерии делятся на аэробные, анаэробные и факультативные. Аэробные бактерии живут при наличии кислорода воздуха, анаэробные – без доступа воздуха, а факультативные – как в присутствии воздуха, так и без него. Кроме того, бактерии по способу добывания энергии делятся на фотосинтезирующие и хемосинтезирующие. К фотосинтезирующим относятся цветные, зеленые и пурпурные бактерии. Для превращения углерода CO_2 в органические соединения своего тела они используют солнечную энергию (фотосинтез). К хемосинтезирующим относятся нитрифицирующие бактерии, серобактерии и железобактерии.

Грибы – это гетеротрофные, не содержащие хлорофилла растения, питающиеся остатками растений и животных. Их можно считать «всеядными», азот они усваивают из минеральных и органических соединений. Углерод грибы потребляют из крахмала, пектина, клетчатки, лигнина и даже амидов. Им необходимы также минеральные вещества (фосфор, калий, магний, сера, железо, марганец и др.).

Многие виды грибов выполняют важную функцию по снабжению растений питательными веществами. У некоторых древесных пород (дуб, береза, осина, сосна и др.) окончания корней окутаны грибной микоризой, которая выполняет функцию всасывающего аппарата. Грибы принимают активное участие в почвообразовательном процессе, в разложении грубых остатков, поступающих в почву, и в образовании гумуса.

Актиномицеты широко распространены в почве, воде, навозе и других средах. В 1 г почвы их число может достигать 15..36 млн., а масса в пересчете на 1 га – 500..700 кг. Они разлагают клетчатку, лигнин и активно участвуют в образовании гумуса.

Водоросли – автотрофные фотосинтезирующие микроорганизмы, распространенные преимущественно на поверхности почвы. В их клетках

содержится хлорофилл, с помощью которого происходит фотосинтез - образование CO_2 и воды органического вещества.

Лишайники состоят из гриба и водорослей, находящихся в симбиотическом сожительстве. Гриб обеспечивает водоросли водой и минеральными элементами питания, а водоросли синтезируют углеводы, которые потребляет гриб.

Почва – среда обитания многих представителей простейших, беспозвоночных и позвоночных животных.

Простейшие – это микроскопические одноклеточные организмы, к которым относятся жгутиковые, амёбы, корненожки и инфузории. Они питаются бактериями, водорослями и более мелкими видами простейших. Большинство простейших живут в поверхностном 15-сантиметровом слое в аэробных условиях и участвуют в разложении органических веществ.

Беспозвоночные животные (дождевые черви, членистоногие – клещи, ногохвостки и т.д.) принимают активное участие в почвообразовании.

Дождевые черви улучшают физические свойства почвы: проделывают многочисленные ходы, повышают пористость, аэрацию и водопроницаемость почвы. Они также улучшают химические свойства почвы, снижают ее кислотность. Насекомые (жуки, муравьи и др.) разрыхляют почву, улучшают ее физические свойства, участвуют в переработке растительных остатков и обогащают почву гумусом.

Позвоночные животные (кроты, суслики, мыши и др.) проделывают в земле различные ходы, смешивают растительные остатки с породой и почвой. Растительность, переработанная в пищеварительных органах животных, попадая в почву, превращается в гумус.

3.3. ТИПЫ ПОЧВ

Основные характеристики почв, прежде всего, определяются климатом. При положительной среднегодовой температуре и превышении количества выпадающих осадков (дождь, снег) над испаряемыми, климат считается гумидным. Это климат тайги, тропических лесов и влажных саванн. При высокой температуре и превышении испаряемой влаги над осаждаемой, климат считается аридным. В ледовом климате осадки при отрицательных температурах преимущественно находятся в твердой фазе. Согласно климатическим зонам и типизируются почвы. Особые почвы развиваются в прибрежных полосах и областях активного вулканизма.

Важный фактор - состав коренных пород, на которых развивается почва. Если они карбонатные, то почвы будут щелочные. Если они силикатные и алюмосиликатные, то почвы будут кислые. Весьма важна структура почв, которая во многом определяется их субстратом и степенью выветрелости коренных пород. По этому показателю выделяются различные песчаные и глинистые почвы. По механическому составу выделяются следующие типы почв: песчаные и супесчаные, глинистые и суглинистые.

Много глинистого вещества в почвах - это хорошо, т.к. в них удерживается влага и сорбируются биогенные компоненты. Песчаные и супесчаные почвы бедны органическими веществами, поскольку хорошо дренируются и из них легко выщелачиваются биологически активные азотные, фосфорные и калийные соединения. Песчаные и супесчаные типы почв встречаются в двух типах обстановках. Либо это речные долины и дельты, либо флювиогляциальные отложения (осадки водных потоков от тающих ледников). Суглинистые и глинистые почвы развиты на морских и озёрных глинистых отложениях, на карбонатных породах.

Фактор растительности также важен. Например, степные растения имеют наиболее развитую коренную систему, и она, отмирая, образует большое количество органических веществ, как, например, на лугах. Поэтому именно в степях распространены наиболее богатые гумусом черноземы.

Исторический фактор выражается временем, которое живёт почва. Наземная растительность существует последние 350 - 380 млн лет. Интенсивный и повсеместный почвенный процесс начался с карбона, т.е. примерно 320 - 330 млн лет назад. Конкретные почвы живут от десятков и сотен лет до сотен тысяч лет. Гуминовая кислота в почвах может функционировать первые сотни тысяч лет. Существуют захоронённые почвы, которые залегают под покровными рыхлыми отложениями четвертичного возраста. Известны палеопочвы кайнозойского, мезозойского и позднепалеозойского возрастов.

Гидрогеологический фактор заключается во влиянии грунтовых вод. При этом важно положение уровня грунтовых вод. Например, в горизонтах торфяников сосредоточено отмершее гумифицированное органическое вещество. Торф получается, если уровень грунтовых вод практически совпадает с уровнем поверхностных вод, Тогда в почве создаются анаэробные условия, при которых происходит замедленное окисление и неполное разложение органического вещества. Если имеется такой режим подземных вод, то получают сильноокислые торфяные почвы, они также называются глеевыми.

Почвы, как и другие природные образования, когда-то зарождались, развивались и исчезали. Однако, на современном этапе развития Земли в условиях активного техногенеза, включая интенсификацию сельского хозяйства, почвы деградируют особенно быстро. Можно выделить три группы природных факторов деградации почв. Во-первых, это аридизация климата, которая определяет осушение и засоление почв. В этой связи следует отметить и наступление песчаных пустынь, при котором происходит замещение почвенно-растительного слоя песчаным материалом. Также важна ветровая эрозия почв. Во-вторых, надо отметить водно-эрозионную деятельность, в результате которой происходит размыв почв. Особенно масштабно это происходит во время весенних половодий и осенних паводков. В третьих, это активный вулканизм, при котором пеплопады

уничтожают почвы, загрязняя их тяжёлыми металлами. Вместе с тем, на туфогенных богатых минеральными компонентами почвах в условиях гумидного климата почвы развиваются интенсивно.

Существует три группы техногенных факторов, способствующих деградации почв. Первая включает неграмотную сельскохозяйственную эксплуатацию почв. Например, когда не вносится достаточное количество удобрений, используется неверный севооборот или допускается интенсивный выпас скота. Во-вторых, это карьерная добыча полезных ископаемых, при которой за счет осушения открытых горных выработок происходит в одних местах резкое снижение уровня грунтовых вод, а в других - искусственное заболачивание прилегающих территорий. Третья группа факторов связана с развитием промышленных и селитебных комплексов. При этом почвы либо полностью уничтожаются, либо формируются урбанозёмы - городские почвы и почвы садово огородных хозяйств.

3.4. СТРОЕНИЕ ПОЧВЕННОГО ПРОФИЛЯ

В результате почвообразовательного процесса почва приобретает ряд морфологических (внешних) признаков, которыми она отличается от материнской породы:

- строение почвенного профиля;
- мощность почвы и отдельных ее горизонтов;
- гранулометрический состав;
- окраска и т.д.

Почвенный профиль – это сочетание почвенных горизонтов, связанных общностью своего происхождения. Горизонты каждого типа почвы обозначены буквами латинского алфавита.

Выделяют следующие почвенные горизонты:

А – гумусовый – поверхностный горизонт аккумуляции гумуса и элементов питания, в котором не выражены процессы разрушения и выщелачивания минеральных веществ;

А₁ – гумусово-элювиальный – верхний горизонт, в котором есть признаки разрушения и выщелачивания минеральных веществ (горизонты А и А₁ имеют наиболее темную окраску и наибольшее содержание гумуса);

А_{пах} – пахотный – верхний горизонт пахотных почв, преобразованный в результате обработки гумусового и части нижележащего горизонта;

А₂– элювиальный – горизонт интенсивного разрушения минеральной части почвы и вымывания продуктов разрушения. Он располагается под гумусовым горизонтом, имеет светлую окраску (белесую, палевою); по происхождению может быть подзолистым в подзолистых и дерново-подзолистых почвах, осолоделым – в солодах;

В – иллювиальный – горизонт, который формируется под элювиальным или гумусовым горизонтом. В этот горизонт вмываются из вышележащего

горизонта A_2 продукты разрушения. В зависимости от вымытых веществ различают следующие виды иллювиального горизонта:

B_h – иллювиально – гумусовый – горизонт буровато – темного или кофейного цвета, что обусловлено содержанием железисто – гумусовых веществ;

B_f – иллювиально – железистый – горизонт вымывания железистых веществ, придающих ему охристую или коричневую окраску;

B_k – иллювиально – карбонатный – горизонт, часто содержащий рыхлые скопления карбонатов кальция белой окраски. В черноземных и каштановых почвах не проявляется вертикальное перемещение веществ, поэтому горизонт B называется переходным; по интенсивности темной окраски и сложению он подразделяется на горизонты B_1 и B_2 ;

G – глеевый – горизонт, образующийся в условиях постоянного избыточного увлажнения в болотных почвах. Он имеет сизоватую или голубоватую окраску, обусловленную присутствием закисных соединений железа. В заболоченных почвах с временным переувлажнением признаки глееватости могут появляться в других горизонтах; в этом случае к их буквенному обозначению добавляют букву «g», например A_{2g} , B_g ;

C – материнская порода, представляет собой породу, не измененную почвообразовательным процессом;

D – подстилаящая порода, выделяется в случаях, когда почвенные горизонты сформировались на одной породе, а ее подстилает порода с другими свойствами.

Мощность почвы – это толщина всех ее горизонтов от поверхности до почвообразующей породы. Различные почвы имеют различную мощность – от 40..50 до 100..150 см. по мощности отдельных горизонтов можно судить о генезисе и плодородии почв. Чем мощнее гумусовый горизонт, тем плодороднее почва.

3.5. ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ПОЧВЫ

Почва состоит из минеральных и органических веществ. Основная масса почвы представлена минеральными веществами почвообразующих пород, преобразованных в результате процессов выветривания и почвообразования. Органическая часть составляет лишь несколько процентов всей массы почвы, но она играет исключительно важную роль в формировании стабильного плодородия, в питании растений, в создании благоприятных водно-физических свойств почвы.

Первичным и основным источником органических веществ, из которых образуется гумус, являются отмершие части растений в виде корней и наземного опада. Меньшее значение имеют остатки червей, насекомых и позвоночных животных. В пахотных почвах существенное значение для увеличения запасов гумуса приобретают органические удобрения – навоз, торф, компосты и др.

Органическое вещество почвы представлено живой биомассой

(почвенная биота и живые корни растений), органическими остатками растений, животных, микроорганизмов, продуктами разной степени их разложения и специфически новообразованными гумусовыми веществами (гумусом).

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

Основными источниками органического вещества почвы являются отмершие остатки растений в виде надземной и корневой масс. Органические остатки почвенной фауны поступают в меньших количествах. Масштабы поступающих в почву органических остатков растений, их состав, соотношение надземной и корневой масс зависят от состава зональной растительности и местных условий, определяющих ее продуктивность. Небольшое количество органических остатков поступает в почвы тундры (примерно 1 т/га); затем оно нарастает от северной тайги к южной и далее к лесам лесостепи и травянистой растительности луговых степей. При переходе к степным зонам величина опада снижается из-за сухости климата; в нем возрастает доля корнеопада. В пустынной зоне опад минимальный (1—2 т/га); он вновь резко возрастает, достигая больших количеств, в лесах влажных субтропиков и тропиков (20 т/га и более).

В агроценозах количество поступающих в почву органических остатков сельскохозяйственных растений уступает естественным ценозам. Это связано, с одной стороны, с меньшей их продуктивностью в большинстве случаев, с другой—с ежегодным отчуждением с урожаем значительной части синтезированного растениями органического вещества. При возделывании зерновых культур с урожаем зерна и соломы отчуждение составляет около 50 % всей органической массы растений. Поэтому поступление растительных остатков в почву после распашки целинных степей в агроценозах уменьшается в 3—4 раза.

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

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

органических остатков представлен углеводами, белками, лигнином, восками, смолами и другими веществами.

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

От состава органических остатков зависят направление и темп их последующего превращения. Наиболее быстро трансформации (минерализации и гумификации) подвергается опад, богатый легкодоступными для микроорганизмов веществами (белками, аминокислотами, растворимыми углеводами) и основаниями (Ca, Mg). Растительные остатки, богатые лигнином, дубильными веществами, смолами (хвоя, древесина), разлагаются медленно. Из опада культурных растений быстрее разлагаются остатки бобовых трав и медленнее — солома злаковых. Количество и химический состав органических веществ, поступающих в почву, зависят от типа растительности. Под травянистой растительностью гумус образуется в основном из мелких корней, масса которых составляет в степной зоне 8..28 т/га, а в полупустынной и пустынной зонах 3..12 т/га.

Скорость и характер разложения растительных остатков зависят как от состава, так и от гидротермических условий среды. В остатках растений содержится в среднем 45% углерода, 6.5% водорода, 1.5% азота и 5% золы. Химический состав поступающих в почву органических веществ зависит от типа отмерших организмов.

Углеводы – составляют основную часть органических веществ. Они служат энергетическим веществом в питании микроорганизмов и относятся к наиболее быстро разлагаемым органическим соединениям. Несколько медленнее разлагаются белки, аминокислоты и, наконец, клетчатка и лигнин.

Белки по составу делятся на простые, состоящие только из аминокислот, и сложные, состоящие из протеинов и других соединений. Растительные белки подвергаются разложению и новому микробному синтезу вторичных белков, образующих плазму бактерий.

Лигнин относится к классу ароматических соединений, наиболее устойчивых против разложения растительных тканей, но он хорошо гумифицируется и служит важным гумусообразователем.

Липиды составляют большую группу жиров и жироподобных веществ, нерастворимых в воде. Они служат дополнительным источником энергии для микроорганизмов.

Дубильные вещества, воски, смолы относятся к весьма устойчивым соединениям. Дубильные вещества подавляют жизнедеятельность бактерий и разлагаются только под воздействием грибной микрофлоры.

Вместе с органическими остатками в почву поступают зольные элементы: K, Ca, Mg, P, Fe, Al, Mn, Cu, Si, и др. Их название связано с тем, что при сжигании растений они остаются в золе, а не улетучиваются, как это происходит с углеродом, водородом, кислородом и азотом.

3.6. ПРОЦЕСС ОБРАЗОВАНИЯ ГУМУСА

Поступающие в почву органические остатки под воздействием почвенной микрофлоры подвергаются процессам минерализации и гумификации.

Минерализация – окисление органического вещества до конечных продуктов разложения – CO_2 , H_2O и простых минеральных солей.

Гумификация – совокупность биохимических и физико-химических процессов превращения органических остатков в специфические гумусовые вещества – гумус.

Гумус – специфическое темноокрашенное высокомолекулярное органическое вещество почвы кислотной природы.

Процесс гумусообразования зависит от условий увлажнения, воздушного и теплового режимов, состава растительных остатков и жизнедеятельности микроорганизмов.

В состав гумуса входят две группы соединений: органические вещества индивидуальной природы и специфические органические вещества – гумусовые.

Органические вещества индивидуальной природы представлены соединениями, входящими в состав растительных остатков. К ним относятся белки, аминокислоты, углеводы, жиры, воски, дубильные вещества, лигнин и другие соединения. На долю этих веществ в почвенном гумусе приходится не более 10..15%. Специфические органические вещества – гумусовые – составляют 80..90% всей массы почвенного гумуса. В состав гумусовых веществ входят гуминовые кислоты (ГК), фульвокислоты (ФК) и гумин.

Гуминовые кислоты – это темноокрашенные высокомолекулярные азотосодержащие органические кислоты.

Фульвокислоты – это желтоокрашенные высокомолекулярные азотосодержащие органические кислоты.

Гумин – инертная часть почвенного гумуса, находящаяся в прочных связях с минеральной частью почвы, особенно с глинистыми минералами. В состав гуминов входят углистые частицы в виде инертных включений, не участвующие в почвенных процессах.

Таблица 3. Запасы гумуса в верхнем горизонте почвы.

Тип почвы	Запасы гумуса (т/га)	Содержание гумуса, %
Подзолистые	50	2-4
Серые лесные	109	4-6
Черноземы (типичные)	224	8-10
Черноземы (южные)	120	6-8
Темно-каштановые черноземы	99	3-4
Сероземы	37	1,5-2

Гуминовые и фульвокислоты могут подразделяться на фракции по молекулярным массам воздействием различными растворителями (фракционный состав) и другими приемами. Изучение роли разнообразных форм органического вещества в генезисе и плодородии почв дало основание помимо вышеизложенных характеристик его состава разделять органическое вещество почвы на **лабильную** (мобильную) и **стабильную** части.

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

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

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

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

Недостаток лабильных форм способствует более быстрому разложению устойчивого гумуса, т. е. **дегумификации**. Поэтому систематическое восполнение в почве содержания свежего органического вещества, повышение объема и скорости его круговорота способствуют сохранению основной массы гумуса. В то же время избыточное поступление органических остатков, бедных азотом, может вызвать его микробиологическую мобилизацию за счет повышенной минерализации гумуса почвы. Основная часть гумуса в большинстве почв находится в виде органо-минеральных продуктов взаимодействия гумусовых кислот с минеральными соединениями почвы.

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

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

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

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

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

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

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

Применение удобрений оказывает сильное влияние на режим

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

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

4.1. ФЕРМЕНТАТИВНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЧВ

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

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

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

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

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

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

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

5. **Изомеразы**, катализирующие реакции изомеризации.

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

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

Ферментативные комплексы являются уравновешенными саморегулирующимися системами. В этом основную роль играют микроорганизмы и растения, постоянно пополняющие почвенные ферменты, так как многие из них являются короткоживущими. О количестве ферментов косвенно судят по их активности во времени, которая зависит от химической природы реагирующих веществ (субстрата, фермента) и от условий взаимодействия (концентрации компонентов, рН, температуры, состава среды, действия активаторов, ингибиторов и т.д.).

4.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВЕННЫХ ФЕРМЕНТОВ

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

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

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

ризосфере растений.

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

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

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

Полифенолоксидаза и пероксидаза — им в почвах принадлежит важная роль в процессах гумусообразования. Полифенолоксидаза катализирует окисление полифенолов в хиноны в присутствии свободного кислорода воздуха. Пероксидаза же катализирует окисление полифенолов в присутствии перекиси водорода или органических перекисей. При этом ее роль состоит в активировании перекисей, поскольку они обладают слабым окисляющим действием на фенолы.

4.3. АЛЛЕЛОПАТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

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

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

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

К основным мероприятиям, способствующим накоплению гумуса в почве относится внесение органических удобрений (навоз, компост, торф, а так же зеленых удобрений измельченной травы; вносят примерно от 30 до 40 т /га). Частое рыхление почвы уменьшает количество гумуса.

Почвообразующие породы и образовавшиеся на них почвы состоят из частиц (гранул) различного размера. Отдельные частицы называются механическими элементами. Свойства механических элементов зависят от их размеров. Близкие по размерам элементарные частицы объединяются во фракции. Группировка частиц по размерам во фракции называется классификацией механических элементов. В основе классификации почв и пород по гранулометрическому составу лежит соотношение частиц физической глины и физического песка. Эта классификация была предложена профессором В.Г. Качинским.

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

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

5. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ИХ СВОЙСТВА

Свойства механических элементов твердой фазы почв и почвообразующих пород, химический и минералогический составы меняются от их размера довольно отчетливо, а иногда и резко, что послужило основанием для деления их на группы, или фракции. Такая группировка называется классификацией механических элементов. Главнейшие особенности

фракций механических элементов.

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

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

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

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

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

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

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

Учитывая, что каждая фракция (группа) механических элементов обладает определенными свойствами, от которых зависят показатели плодородия, принято определять их процентное содержание и процентное соотношение. Процентное содержание каменистой и гравелистой фракций определяют на основе просеивания образца почвы через почвенные сита, а в

основу метода разделения по размеру фракций мелкозема положены скорости их падения в воде, рассчитанные по формуле Дж. Т. Стокса.

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ И ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

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

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

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

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

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

Кроме кратких названий почв и почвообразующих пород по гранулометрическому составу в почвоведении используют также полные названия, в которых к краткому названию добавляют названия двух преобладающих по содержанию групп фракций мелкозема: песчаной (1—0,05 мм), крупнопылевой (0,05—0,01 мм), пылевой (0,01—0,001) или иловой (<0,001 мм).

На втором месте после основного названия гранулометрического состава принято давать название группы, имеющей самое большое процентное содержание. Например, дерново-подзолистая почва содержит: песка — 20%, крупной пыли — 42, пыли средней и мелкой — 15 и ила — 23 %.

5.2.ЗНАЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Гранулометрический состав определяет практически все свойства почв, поэтому его необходимо учитывать в работе агронома. Чем тяжелее гранулометрический состав, тем богаче минералогический состав почв, больше валовых и подвижных элементов питания растений, активнее совершаются гумусово-аккумулятивные процессы и процессы структурообразования, выше поглотительная способность, теплоемкость, влагоемкость, биогенность почв, ниже водо- и воздухопроницаемость и т.д. Таким образом, гранулометрический состав влияет на основные показатели плодородия.

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

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

В агрономической практике используют приемы, позволяющие при необходимости регулировать гранулометрический состав. На песчаных почвах проводят глинование, на глинистых — пескование.

В состав почв и пород входят различные фракции механических элементов в разных количественных соотношениях. Содержание в почве механических элементов, объединенных во фракции, называется гранулометрическим (механическим) составом.

Таблица 4. Классификация почв по гранулометрическому составу:

Краткое название почвы	Содержание глины, в %		
	Подзолистый тип	Степной тип	Солонцы
Песок: рыхлый связный	0 - 5	0 - 5	0 - 5
	5 - 10	5 - 10	5 - 10
Супесь	10 - 20	10 - 20	10-15
Суглинок: легкий средний тяжелый	20 – 30	20 – 30	15 – 20
	30 – 40	30 – 45	20 – 30
	40 – 50	45 - 60	30 – 40
Глина: легкая средняя тяжелая	50 – 65	60 – 75	40 – 50
	65 – 80	75 – 85	50 – 65
	>80	>85	>65

Физические и физико – механические свойства почв

Почва является полидисперсным и пористым телом. Ее твердая часть состоит из частиц различного размера — механических элементов. Они могут находиться в раздельно-частичном (бесструктурном) состоянии или в виде структурных отдельностей (агрегатов). При любом уплотнении механических элементов и агрегатов между ними всегда имеются поры. С наличием пор и их размером тесно связаны проникновение корней, воды и воздуха, воздухообмен, запас, расход и передвижение влаги, нагревание и охлаждение почвы, интенсивность и направленность микробиологических процессов, т. е. важнейшие показатели плодородия почвы — ее способности обеспечивать растения водой, воздухом, элементами питания и в определенной степени теплом.

Особенности почвы определяют ее специфические физические свойства. К ним относят структуру, общие физические, физико-механические, водные, воздушные, тепловые свойства почвы.

Физические свойства почвы и их влияние на плодородие в большой степени зависят от ее агрегатного состояния. При изучении физических свойств необходимо знать характеристику структуры с точки зрения агрономии. Агрономически ценной структурой является **комковатая** и **зернистая** структура верхних горизонтов почвы размером от 0,25 до 10 мм, обладающая водопрочностью и связностью.

Водопрочность — способность агрегатов противостоять разрушающему действию воды. **Связность** — устойчивость агрегатов к механическому воздействию. Структурной считается почва, содержащая более 55 % водопрочных агрегатов. Важно, чтобы структурные отдельности пахотных горизонтов не разрушались при увлажнении почвы и при механическом воздействии сельскохозяйственных машин и орудий.

Образование агрономически ценной структуры протекает под

воздействием физико-механических, физико-химических, химических и биологических факторов.

Физико-механические (и физические) факторы обуславливают крошение почвенной массы главным образом под влиянием изменяющегося давления или механического воздействия. К ним относятся уплотняющее и рыхлящее действие корней, роющих и копающих животных, попеременное высушивание и увлажнение, замерзание и оттаивание почвы, воздействие почвообрабатывающих орудий.

К **физико-химическим и химическим** факторам относятся коагуляция почвенных коллоидов и цементирующее воздействие ряда почвенных соединений. Клеящими и цементирующими веществами могут служить гумус, глинистое вещество, гидроксиды железа и алюминия, карбонат кальция. Одни минеральные соединения без гумусовых веществ не образуют водопрочных агрегатов.

Основная роль в образовании агрономически ценной структуры принадлежит **биологическим** факторам — растительности и почвенным организмам. Помимо механического уплотняюще-рыхлящего воздействия корней растительность является главным источником образования гумуса, а гуматы кальция выступают как важнейшие клецементирующие вещества при возникновении высокопрочных агрегатов. При высоком содержании гуматов натрия образуются неводопрочные очень плотные агрегаты.

Наиболее сильное оструктурирующее воздействие на почву оказывает многолетняя травянистая растительность. Важную положительную роль играют почвенные насекомые и животные, особенно черви.

5.3. УТРАТА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ СТРУКТУРЫ

Структура почвы динамична. Она разрушается под воздействием механической обработки, передвижения машин и орудий, людей, животных, под ударами дождевых капель. Важнейшие пути уменьшения механического разрушения структуры — обработка почвы в состоянии ее физической спелости, а также минимализация обработок. Приемы химической мелиорации (известкование, гипсование и др.), обогащая почву обменным кальцием, способствуют улучшению структуры.

Биологические причины разрушения структуры связаны с процессами минерализации гумуса.

Восстановление и сохранение структуры почв — важное условие их рационального земледельческого использования, поддержания и повышения плодородия. Его осуществляют агротехническими приемами: посев многолетних трав, обработка почвы в спелом состоянии, минимализация обработок, известкование кислых почв, гипсование солонцов и солонцеватых почв, внесение органических и минеральных удобрений.

Водопрочная структура восстанавливается под воздействием как многолетних трав, так и однолетних сельскохозяйственных растений.

Многолетние травы развивают более мощную корневую систему, более длительное время воздействуют на почву, оставляют в почве больше органического вещества (корней и послеукошной надземной массы), благоприятного по составу для деятельности микроорганизмов, образования гумуса.

Из однолетних культур пшеница, подсолнечник, кукуруза образуют мощные корневые системы и оказывают наибольшее положительное воздействие на структурообразование. Лен, картофель, капуста, имеющие слаборазвитые корневые системы, обычно оказывают незначительное оструктурирующее действие на почву.

Большое значение в оструктурировании почв имеет систематическое применение органических удобрений — навоза, торфокомпостов. Они являются источником образования гумуса, значительно стимулируют деятельность червей и других представителей почвенной биоты, положительно влияющей на структурообразование.

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

Плотностью почвы, d_v называют массу m единицы объема v абсолютно сухой почвы, взятой в естественном сложении, и выраженную в граммах на кубический сантиметр: $d_v=m/v$.

Плотность почвы зависит от гранулометрического и минералогического состава, структуры, содержания гумуса и обработки. После обработки почва вначале бывает рыхлой, а затем она постепенно уплотняется, и через некоторое время ее плотность мало изменяется до следующей обработки. Самую низкую плотность имеют верхние гумусированные и оструктуренные горизонты. Для большинства сельскохозяйственных культур оптимальная плотность составляет 1,0 ... 1,1 г/см³.

От плотности почвы зависят поглощение влаги, воздухообмен в почве, жизнедеятельность микроорганизмов и развитие корневых систем растений.

Таблица 5. Плотности пахотного слоя почвы дают следующую оценку (по Н.А. Качинскому):

Плотность (г/см ³)	оценка
<1,0	Почва вспушена или богата органическим веществом
1,0 – 1,1	Свежевспаханная почва
1,2 – 1,3	Пашня уплотнена
1,3 – 1,4	Пашня сильно уплотнена
1,4 – 1,8	При вспашке подняты сильно уплотненные нижние горизонты

Плотность твердой фазы почвы – это масса сухой почвы m в единице объема твердой фазы почвы без пор v_s : $d=m/v_s$.

Пористость (или скважность) почвы – это суммарный объем всех пор между частицами твердой фазы почвы. Пористость вычисляют по показателям плотности почвы d_v и плотности твердой фазы d и выражают в процентах к общему объему почвы:

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

Пористость зависит от гранулометрического состава, структурности, содержания органического вещества. При любом рыхлении почвы пористость увеличивается, а уплотнении уменьшается. Чем структурнее почва, тем больше общая пористость.

Таблица 6. Оценка пористости почв:

Пористость %	Оценка почвы
>70	Сильно вспущена и имеет избыточную пористость
65 – 55	Оптимальная почва
55 – 50	Удовлетворительная для пахотного слоя
<50	Неудовлетворительная почва, необходимо перепахать
40 – 25	Были подняты нижние горизонты

Пористость почвы обеспечивает передвижение воды в почве, водопроницаемость и водоподъемную способность, влагоемкость и воздухоемкость. По общей пористости можно судить о степени уплотнения пахотного слоя почвы. От пористости в значительной степени зависит плодородие почв.

К наиболее важным физико-механическим свойствам почвы относятся пластичность, липкость, набухание, усадка, связность, твердость и сопротивление при обработке. От этих свойств зависят условия обработки почвы, работа посевных и уборочных агрегатов.

Пластичность и липкость почвы обусловлены наличием в ней глинистых частиц и воды.

Пластичность – это способность почвы изменять свою форму под влиянием внешней силы и сохранять ее после устранения этой силы. Чем больше в почве илистых частиц, тем яснее выражена ее пластичность. Наибольшая пластичность характерна для глинистых почв. У песчаных почв пластичность отсутствует. Пластичность зависит также от состава поглощенных катионов и содержания гумуса. Так, при значительном содержании в почве поглощенных катионов натрия ее пластичность увеличивается, а при насыщении кальцием – уменьшается. С увеличением содержания гумуса пластичность почвы уменьшается.

Липкость находится в непосредственной связи с пластичностью и также обусловлена наличием в почве глинистых частиц и воды. Сухие почвы не обладают липкостью. По мере увлажнения примерно до 80% липкость повышается, а затем начинает уменьшаться.

Набухание - это увеличения объема почвы при увлажнении. Наибольшую набухаемость имеют глинистые почвы с высоким содержанием коллоидов, на поверхности которых происходит сорбция влаги. Песчаные почвы с очень низким содержанием коллоидов совсем не набухают. Обменные катионы натрия сильно повышают набухаемость почв, поэтому солонцы отличаются высокой набухаемостью. При значительной набухаемости разрушается почвенная структура.

Усадка – процесс, обратный набуханию. При высыхании почвы образуются трещины, разрываются корни растений, повышаются потери влаги за счет испарения. Чем больше набухаемость почвы, тем сильнее ее усадка.

Связность почвы – это способность оказывать сопротивление внешнему усилию, стремящемуся разъединить частицы почвы. Связность выражают в граммах на квадратный сантиметр. Наибольшую связность в сухом состоянии имеют глинистые бесструктурные почвы, наименьшую – песчаные. При оструктуривании глинистых и суглинистых почв резко снижается их связность.

Твердость – способность почвы сопротивляться сжатию и расклиниванию. Твердость и связность зависят от гранулометрического состава, содержания гумуса, состава обменных катионов, структурности и степени увлажнения. Почвы с высоким содержанием гумуса, насыщенные кальцием и имеющие хорошую комковато-зернистую структуру, не обладают высокой твердостью и связностью. На их обработку требуется меньше энергозатрат.

Удельное сопротивление – это усилие, которое затрачивается на подрезание пласта, его оборот и трение о рабочую поверхность плуга. Оно характеризуется сопротивлением почвы в килограммах, приходящимся на 1 см^2 поперечного сечения пласта почвы, поднимаемого плугом. Удельное сопротивление зависит от физико-механических свойств почвы и колеблется в пределах $0,2 \dots 1,2 \text{ кг/см}^2$.

Для улучшения физических и физико-механических свойств почвы применяют комплекс мероприятий: внесение органических удобрений, возделывание многолетних трав, посев сидеритов, выбор сроков и приемов обработки почвы в зависимости от состояния ее влажности. Известкование кислых почв и гипсование щелочных изменяют состав поглощенных катионов и улучшают физико-механические свойства. Этому способствует также мероприятия, снижающие уплотнение почва машинами (минимизация обработок, глубокое рыхление и др.).

5.4. ВОДНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВ

Вода в почве — один из важнейших факторов плодородия и урожайности растений. В почвенных процессах, в создании агрономически важных свойств почвы она играет значительную и разностороннюю роль.

Эта роль определяется особым положением воды в природе. Вода - это особая физико-химическая весьма активная система, обеспечивающая перемещение веществ в пространстве. С содержанием воды в почве связаны скорость выветривания и почвообразования, гумусообразование, биологические, химические и физико-химические процессы. В воде растворяются питательные вещества, которые из почвенного раствора поступают в растения. Поскольку при испарении воды затрачивается огромное количество тепла, вода является и терморегулятором почвы и растений, предохраняя их от перегрева солнечной радиацией.

Вода поступает в почву в виде атмосферных осадков, грунтовых вод, при конденсации водяных паров из атмосферы, при орошении. Главным источником воды в почве в условиях неорошаемого земледелия являются атмосферные осадки.

Содержание влаги в процентах к массе абсолютно сухой почвы (высушенной при 105 °С) характеризует влажность почвы. Ее можно также выразить в процентах объема почвы (в м³/га, мм или т/га).

В составе растений содержится 80—90 % воды. В процессе своей жизнедеятельности они тратят огромное ее количество. Для создания 1 г сухого вещества требуется от 200 до 1000 г воды. При недостатке воды в почве формируются неустойчивые и низкие урожаи сельскохозяйственных культур.

Водообеспеченность растений зависит не только от количества поступающей воды в почву, но и от ее водных свойств. При равной абсолютной влажности почвы могут содержать разное количество доступной воды, что обусловлено гранулометрическим составом почв, структурным состоянием, содержанием гумуса и другими показателями, определяющими их водные свойства.

Вода – обязательное условие жизни растений и всего живого на Земле. Она входит в состав живых клеток, является переносчиком питательных веществ в системе почва – растения и средством защиты растений от перегрева в процессе транспирации.

Вода в почве может находиться в парообразном, твердом и жидком состояниях. Парообразная вода содержится в почвенном воздухе. Пары воды поступают в почву из атмосферы, а также образуются в почве при испарении жидкой воды и льда. Почвенный воздух обычно насыщен парами воды, относительная влажность его близка к 100%. С повышением температуры увеличивается давление водяного пара и он передвигается от теплых слоев почвы к более холодным. При конденсации пар превращается в жидкую воду. Так, в зимнее время в метровом слое почвы засушливых районов накапливается до 10..14 мм конденсированной влаги.

Твердая вода (лед) растениям недоступна, но она служит источником жидкой и газообразной воды.

Оптимальное развитие растений и жизнь почвенных микроорганизмов возможны только при достаточной влагообеспеченности почв. Растения

расходуется вода в больших количествах. Так, на образование 1 т органического вещества сельскохозяйственной культуры расходуется 200...1000 тонн воды. Количество воды, необходимое растениям для создания единицы сухого вещества за вегетационный период, называется транспирационным коэффициентом. Этот показатель зависит от метеорологических и почвенных условий.

На воду в почве воздействуют силы тяжести, силы молекулярного притяжения твердой фазы почвы и силы притяжения между молекулами воды. Различают следующие формы воды в почве: химически связанная, сорбированная (гигроскопическая, пленочная), свободная (капиллярная, гравитационная) и грунтовая.

Химически связанная вода входит в структуру минералов, не участвует в физических процессах и совершенно недоступна растениям.

Сорбированная вода удерживается на поверхности почвенных частиц силами сорбции и подразделяется на гигроскопическую и пленочную.

Гигроскопическая вода образует на поверхности почвенных частиц слой толщиной в 2..3 молекулы. Чем выше относительная влажность воздуха и ниже температура, тем больше воды адсорбируется почвой.

Пленочная вода покрывает частицы почвы пленкой толщиной в несколько десятков молекул воды и удерживается дополнительными сорбционными силами.

Свободная вода передвигается в почве под воздействием капиллярных и гравитационных сил, поэтому ее разделяют на капиллярную и гравитационную воду.

Капиллярная вода заполняет тонкие поры почвы и передвигается под влиянием капиллярных (менисковых) сил по различным направлениям.

Гравитационная вода свободно передвигается сверху вниз по крупным некапиллярным промежуткам под влиянием силы тяжести (гравитации). В период нахождения в корнеобитаемом слое гравитационная вода потребляется растениями. Просачиваясь в нижние горизонты, она пополняет грунтовые воды.

Грунтовые воды залегают над водоупорным горизонтом и могут быть источником водного питания растений. Однако при близком залегании они вызывают в северных районах заболачивание, а в южных – засоление почвы.

К водным свойствам относятся водопроницаемость, влагоемкость, водоподъемная способность и испаряющая способность.

Водопроницаемость – способность почвы пропускать через себя определенное количество воды.

С водопроницаемостью связано использование водных ресурсов. При низкой водопроницаемости часть атмосферных осадков или поливной воды может непроизводительно стекать по поверхности, вызывая при этом эрозию почвы. Чрезмерно высокая водопроницаемость песчаных почв также приводит к потере продуктивной влаги, которая быстро уходит из корнеобитаемого слоя в более глубокие горизонты. Почвы считаются хорошо

проницаемыми, когда вода в течение первого часа проникает в почву на глубину до 15 см. Водопроницаемость зависит от гранулометрического состава, структурности, сложения почв, а также от состава поглощенных катионов. Наибольшей водопроницаемостью отличаются песчаные и оструктуренные рыхлые почвы. Водопроницаемость глинистых и тяжелосуглинистых почв низкая. Средне-водопроницаемые почвы за первый час пропускают воду на глубину 5..15 см, а слабоводопроницаемые – до 5 см.

Водопроницаемость изменяется под воздействием агротехники. После оструктуривания тяжелых бесструктурных почв значительно улучшается их фильтрационная способность.

Влагоемкость – способность почвы удерживать определенное количество воды. Количество воды, удерживаемое почвой, неодинаково и зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса, состава солей и поглощения катионов.

Высокая влагоемкость характерна для глинистых почв, богатых коллоидами, и для почв с высоким содержанием гумуса. Почвы, содержащие известь, хлориды и нитраты, также имеют высокую влагоемкость. Самая низкая влагоемкость характерна для песчаных малогумусных почв.

Водоподъемная способность – свойство почвы поднимать воду по капиллярам. Капиллярные силы начинают вызывать восходящее передвижение воды в порах размером 1-3 мм, но особенно ярко это выражено в порах размером 0,1...0,003 мм. Чем тоньше капилляр, тем выше поднимается вода. Самой высокой способностью поднимать воду по капиллярам обладают суглинистые почвы (3...6 м). В песчаных почвах поры крупные, поэтому подъем воды по капиллярам в них не превышает 0,5...0,7 м. В глинистых почвах тонкие капилляры заполнены связанной водой, вода поднимается по капиллярам на высоту 0,7...1,0 м. Скорость капиллярного подъема зависит от размера пор. По крупным порам вода поднимается быстрее, но на небольшую высоту. В почвах с тонкими капиллярами скорость подъема воды уменьшается, а высота подъема возрастает.

Водоподъемная способность зависит от гранулометрического состава, структурности и сложения почв и пород. Благодаря водоподъемной способности почв грунтовые воды являются дополнительным источником снабжения водой. Однако если грунтовые воды засолены, то при подъеме их к поверхности происходит засоление почв.

Испаряющая способность – еще одно важное свойство почвы. Восходящий подъем характерен не только для капиллярно-подпертой влаги, связанной с грунтовой водой, но и для капиллярно-подвешенной. Глинистые и суглинистые бесструктурные почвы, в которых преобладают капиллярные поры, теряют много воды на испарение. Структурные почвы теряют значительно меньше влаги, что связано с разобщенностью капилляров крупными межагрегатными порами, ослабляющими водоподъемную способность. Испарение влаги возрастает с увеличением скорости ветра,

сухости воздуха и температуры. Южные склоны теряют больше воды, чем северные.

Основными водными свойствами почв являются водоудерживающая способность, водопроницаемость и водоподъемная способность.

Водоудерживающая способность — свойство почвы удерживать воду, обусловленное действием сорбционных и капиллярных сил. Наибольшее количество воды, которое способна удерживать почва теми или иными силами, называется **влагоемкостью**.

В зависимости от того, в какой форме находится удерживаемая почвой влага, различают полную, наименьшую, капиллярную и максимально-молекулярную влагоемкость.

Полная (максимальная) влагоемкость (ПВ), или водовместимость, — это количество влаги, удерживаемое почвой в состоянии полного насыщения, когда все поры (капиллярные и некапиллярные) заполнены водой.

Для почв нормального увлажнения состояние влажности, соответствующее полной влагоемкости, может быть после снеготаяния, обильных дождей или при поливе большими нормами воды. Для избыточно влажных (гидроморфных) почв состояние полной влагоемкости может быть длительным или постоянным.

При длительном состоянии насыщения почв водой до полной влагоемкости в них развиваются анаэробные процессы, снижающие ее плодородие и продуктивность растений. Оптимальной для растений считается относительная влажность почв в пределах 50—60 % ПВ.

Наименьшая влагоемкость (НВ) — это максимальное количество капиллярно-подвешенной влаги, которое способна длительное время удерживать почва после обильного ее увлажнения и свободного стекания воды при условии исключения испарения и капиллярного увлажнения за счет грунтовой воды.

При НВ в почве 55—75 % пор заполнено водой, создаются оптимальные условия влаго- и воздухообеспеченности растений. Величина НВ зависит от гранулометрического состава, содержания гумуса и сложения почвы. Чем тяжелее почва по гранулометрическому составу, чем больше в ней гумуса, тем выше ее наименьшая влагоемкость. Очень рыхлая и сильно плотная почвы имеют меньшую влагоемкость (НВ), чем почвы средней плотности. Для суглинистых и глинистых почв величина НВ колеблется от 20 до 45 % абсолютной влажности почв. По мере испарения и потребления воды растения теряют сплошное заполнение водой капилляров, уменьшаются подвижность воды и доступность ее растениям. Влажность, соответствующая разрыву капилляров, называется **влажностью разрыва капилляров (ВРК)**. Это гидрологическая константа почвы, характеризующая нижний предел оптимальной влажности. Для суглинистых и глинистых почв ВРК составляет 65—70 % НВ.

Максимальное количество капиллярно-подпертой влаги, которое

может содержаться в почве над уровнем грунтовых вод, называется **капиллярной влагоемкостью** (КВ).

Максимальная молекулярная влагоемкость (ММВ) соответствует наибольшему содержанию рыхлосвязанной воды, удерживаемой сорбционными силами или силами молекулярного притяжения.

При влажности, близкой к ММВ, растения обычно начинают устойчиво завядать, поэтому такую влажность называют **влажностью завядания** (ВЗ) или «мертвым», недоступным для растений запасом влаги в почве. Для разных растений, а также разных периодов их роста (проростки или зрелые растения) влажность завядания будет неодинакова. Особенно чувствительны к критическому состоянию влажности почвы проростки.

Водопроницаемость почв — способность почв впитывать и пропускать через себя воду. Различают две стадии водопроницаемости: впитывание и фильтрацию. **Впитывание** — это поглощение воды почвой и ее прохождение в не насыщенную водой почве. **Фильтрация** (просачивание) — передвижение воды в почве под влиянием силы тяжести и градиента напора при полном насыщении почвы водой. Эти стадии водопроницаемости характеризуются соответственно **коэффициентами впитывания и фильтрации**.

Водопроницаемость измеряется объемом воды (мм), протекающей через единицу площади почвы (см²) в единицу времени (ч) при напоре воды 5 см.

Величина эта очень динамична, зависит от гранулометрического состава и химических свойств почв, их структурного состояния, плотности, порозности, влажности.

На скорость подъема воды влияет воды характеризуются меньшими высотой и скоростью подъема. Однако близкое к поверхности залегание минерализованных грунтовых вод (1 — 1,5 м) создает опасность быстрого засоления почв.

Под **водным режимом** понимают совокупность явлений поступления влаги в почву, ее удержание, расход и передвижение в почве. Количественно его выражают через водный баланс, характеризующий приход влаги в почву и расход из нее.

Общее уравнение водного баланса выражают следующим образом:

$$V_0 + V_{oc} + V_r + V_k + V_{пр} + V_{б} = E_{исп} + E_t + V_{и} + V_{п} + V_c + V_b$$

где V_0 — начальный запас влаги; V_{oc} — сумма осадков за период наблюдения; V_r — количество влаги, поступающей из грунтовых вод; V_k — количество влаги, конденсирующейся из паров воды; $V_{пр}$ — количество влаги, поступающей в результате поверхностного притока; V_0 — количество влаги, поступающей от бокового притока почвенных и грунтовых вод; $E_{исп}$ — количество влаги, испарившейся с поверхности почвы (физическое испарение); E_t — количество влаги, расходуемое на транспирацию

(десукция); $V_{и}$ — влага, инфильтрующаяся в почвенно-грунтовую толщу; $V_{п}$ — количество воды, теряющейся за счет поверхностного стока; $V_{с}$ — влага, теряющаяся при боковом внутриводном стоке; V_1 — запас влаги в почве в конце периода наблюдения.

Если за длительный период времени прогрессирующего увлажнения или иссушения территории не происходит, приход и расход воды в почве равны, уравнение водного баланса равно нулю.

В зависимости от характера годового водного баланса по соотношению его составляющих — годовым осадкам и годовому испарению — формируются основные типы водного режима.

Отношение годовой суммы осадков к годовой испаряемости называют **коэффициентом увлажнения** (КУ). В разных природных зонах КУ колеблется от 3 до 0,1.

Для различных природных условий Г. Н. Высоцкий установил 4 типа водного режима: **промывной, периодически промывной, непромывной и выпотной**. Развивая учение Г. Н. Высоцкого, профессор А. А. Роде выделил 6 типов водного режима, разделив их на несколько подтипов.

1. Мерзлотный тип. Распространен в условиях многолетней мерзлоты. Мерзлый слой грунта водонепроницаем, является водоупором, над которым проходит надмерзлотная верховодка, которая обуславливает насыщенность водой верхней части оттаявшей почвы в течение вегетационного периода.

2. Промывной тип (КУ >1). Характерен для местностей, где сумма годовых осадков больше испаряемости. Весь профиль почвы ежегодно подвергается сквозному промачиванию до грунтовых вод и интенсивному выщелачиванию продуктов почвообразования. Под влиянием промывного типа водного режима формируются почвы подзолистого типа, красноземы и желтоземы. При близком к поверхности залегании грунтовых вод, слабой водопроницаемости почв и почвообразующих пород формируется **болотный подтип** водного режима. Под его влиянием формируются болотные и подзолисто-болотные почвы.

3. Периодически промывной тип (КУ = 1, при колебаниях от 1,2 до 0,8). Этот тип водного режима отличается средней многолетней сбалансированностью осадков и испаряемости. Для него характерны чередование ограниченного промачивания почв и пород в сухие годы (непромывные условия) и сквозное промачивание (промывной режим) во влажные. Промывание почв избытком осадков происходит 1—2 раза в несколько лет. Такой тип водного режима присущ серым лесным почвам, черноземам оподзоленным и выщелоченным. Водообеспеченность почв неустойчивая.

4. Непромывной тип (КУ <1). Характеризуется распределением влаги осадков преимущественно в верхних горизонтах и не достигает грунтовых вод. Связь между атмосферной и грунтовой водой осуществляется

через слой с очень низкой влажностью, близкой к ВЗ. Обмен влагой происходит путем передвижения воды в форме пара. Такой тип водного режима характерен для степных почв — черноземов, каштановых, бурых полупустынных и серо-бурых пустынных почв. В указанном ряду почв уменьшается количество осадков, увеличивается испаряемость. Коэффициент увлажнения снижается с 0,6 до 0,1.

Влагооборот захватывает толщу почв и грунта от 4 м (степные черноземы) до 1 м (пустынно-степные, пустынные почвы).

Запасы влаги, накопленные в почвах степей весной, интенсивно расходуются на транспирацию и физическое испарение и к осени становятся ничтожно малыми. В полупустынной и пустынной зонах без орошения земледелие невозможно.

5. Выпотной тип ($KУ < 1$). Проявляется в степной, полупустынной и пустынной зонах при близком залегании грунтовых вод. Преобладают восходящие потоки влаги по капиллярам от грунтовых вод. При высокой минерализации грунтовых вод в почву поступают легкорастворимые соли, происходит ее засоление.

6. Ирригационный тип. Он создается при дополнительном увлажнении почвы оросительными водами. При правильном нормировании поливной воды и соблюдении оросительного режима водный режим почвы должен формироваться по непромывному типу с $KУ$, близким к единице.

5.5. ПОЧВЕННЫЕ РАСТВОРЫ

Почвенные растворы — это жидкая фаза почв, которую упрощенно называют почвенной водой. Процессы почвообразования, выветривания минералов и горных пород, жизнедеятельность растений и почвенных микроорганизмов неразрывно связаны с почвенными растворами. Почвенные растворы — один из основных источников питания растений. Поэтому важно знать их концентрацию, состав и изменения в динамике.

Источниками почвенных растворов являются атмосферные осадки, вода водоносных горизонтов и конденсационная влага. В конденсационной воде содержится некоторое количество растворенных газов, в воде, поднимающейся по капиллярам от водоносных горизонтов, также катионы и анионы растворенных солей, а в атмосферной воде, кроме того, частицы пыли и ила. Дополнительным источником почвенной воды являются поливные воды с растворенными в них минеральными компонентами и взвесями механических элементов. Попадая в почву, вода изменяет свой состав, взаимодействуя с твердой, газовой и жидкой фазами почв. Устанавливается равновесное состояние состава растворов, характерное для каждого типа почв.

Концентрация, состав и свойства почвенных растворов характеризуются динамичностью, так как изменяется их сезонное взаимодействие

с твердой, газовой и жидкой фазами почв, а также в связи с колебаниями влажности почв.

6. КОНЦЕНТРАЦИЯ, СОСТАВ И СВОЙСТВА ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

Концентрация почвенных растворов (по сухому остатку) в незасоленных почвах разных типов колеблется от десятых долей грамма до нескольких граммов на литр, а в засоленных почвах — от десятков до сотен граммов на литр. Концентрация почвенных растворов неодинакова в разных генетических горизонтах, а также в зависимости от сезона года, при неполивном и поливном земледелии.

В почвенных растворах содержатся минеральные, органические и органо-минеральные вещества в ионной, молекулярной и коллоидной формах, а также растворенные газы — кислород, диоксид углерода и др. Для большинства почв характерен гидрокарбонатно-кальциевый состав почвенных растворов. Железо, алюминий и многие микроэлементы находятся в почвенных растворах в основном в виде устойчивых комплексов с органическими веществами.

В почвенных растворах всегда содержатся водорастворимые органические вещества различной природы (продукты разложения отмерших растительных и животных организмов, продукты их жизнедеятельности, гумусовые вещества и др.); в гидроморфных, полугидроморфных и солонцовых почвах их количество больше. Коллоидно-растворимые формы веществ представлены в почвенных растворах органическими, органо-минеральными и минеральными соединениями. Для минеральных коллоидных форм характерны золи кремниевых кислот, а также гидроксидов железа и алюминия.

6.1. РЕГУЛИРОВАНИЕ СОСТАВА ПОЧВЕННЫХ РАСТВОРОВ

В земледельческой практике нет специальных агроприемов по регулированию состава и свойств почвенных растворов, но по существу их постоянно проводят. К таким мероприятиям относятся:

внесение минеральных удобрений; оно направлено на создание в почвенных растворах оптимальных количеств элементов-биофилов;

внесение в почву адсорбентов (бентонитовых глин, цеолитов и др.), регулирующих катионную и анионную емкости поглощения, а следовательно, ионное равновесие между почвенным раствором и твердой фазой почв;

регулирование концентрации диоксида углерода в почвенном воздухе применением органических удобрений или непосредственным его внесением до концентрации в почвенном воздухе не выше двух объемных процентов; это улучшает ионный состав почвенных растворов как среды для питания

растений;

регулирование влажности почв, ее водного режима обработками, орошением, осушением, мульчированием и т.д.; известкование кислых почв и гипсование щелочных; внесение бактериальных препаратов; промывка засоленных почв и другие мероприятия.

6.2. ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВ. МИКРОЭЛЕМЕНТЫ

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

В почвах содержатся практически все элементы периодической системы Д. И. Менделеева, но для питания растениям наиболее необходимы 19 элементов: С, Н, О, N, P, S, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Си, Zn, Мо, В, Cl, Na, Si, Со. Из них 16 элементов, кроме С, Н, О, относятся к **минеральным**. Углерод, водород и кислород поступают в растения преимущественно в виде CO_2 , O_2 и H_2O . Необходимость натрия, кремния и кобальта не для всех растений установлена.

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

Кроме азота и зольных элементов, называемых в агрономической практике **макроэлементами**, в составе растений присутствуют **микроэлементы**, содержание которых составляет $<0,001$ % сухой массы тканей (В, Си, Со, Zn, Мо и др.). Они играют очень важную роль в обмене веществ растительного организма.

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

- I. Культуры невысокого выноса питательных элементов (зерновые).
- II. Культуры повышенного выноса (кормовые культуры, картофель).
- III. Культуры большого выноса (овощные, некоторые технические)

культуры, чайный куст, цитрусовые, виноград).

Питательные вещества растения извлекают избирательно из почвенного раствора физико-химической адсорбцией их на внешней поверхности корней или в результате контактного ионного обмена с твердой фазой почв.

Содержание доступных элементов питания растений в почвах варьирует в течение вегетационного периода в связи с изменением температуры, влажности, концентрации CO_2 в почвенном воздухе, биологической активности почв. Оно достигает максимума в европейской части России обычно в июле—августе; динамичность доступных элементов определяется также неравномерным их поглощением растениями. Динамика почвенных и физиологических циклов доступных элементов питания не всегда совпадает, поэтому в критические периоды питания растений рекомендуют проводить подкормки удобрениями. Например, весенняя подкормка озимых зерновых культур азотными удобрениями.

6.3. РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ

Самыми мощными приемами регулирования питания растений макро- и микроэлементами является внесение органических и минеральных удобрений, а также приемы обработки почв, так как они активно воздействуют на режим влажности и содержание почвенного воздуха. Большое значение имеет регулирование реакции почв с помощью известкования кислых и гипсования щелочных почв. При этом изменяются величины катионной и анионной обменной поглотительной способности почв, подвижность макро- и микроэлементов, направленность биологических и биохимических процессов и т. д. Эффективны агроприемы по увеличению емкости поглощения почв в результате внесения природных адсорбентов, таких, как цеолиты, бентониты, вермикулит, а также глинование песчаных почв, регулирование их температурного режима, проведение мероприятий по борьбе с плоскостной водной эрозией.

Разработанный на основе научных данных обязательный комплекс свойств и режимов почв, обеспечивающий получение определенного урожая, называется **моделью плодородия**.

6.4. ПОГЛОТИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ

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

Дисперсные системы коллоидного раздробления, обладающие

большой свободной поверхностной энергией, электрокинетическими свойствами, обуславливают ряд важнейших процессов, связанных с поглотительной способностью почв.

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

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

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

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

6.5. ПОЧВЕННЫЕ КОЛЛОИДЫ

Количество коллоидов в почвах различно и составляет от 1—2 до 30—40 % массы почвы. Образуются почвенные коллоиды при раздроблении более крупных частиц в процессе выветривания, путем поликонденсации в процессах почвообразования и образования гумуса, а также при химических реакциях между продуктами выветривания и почвообразования.

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

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

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

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

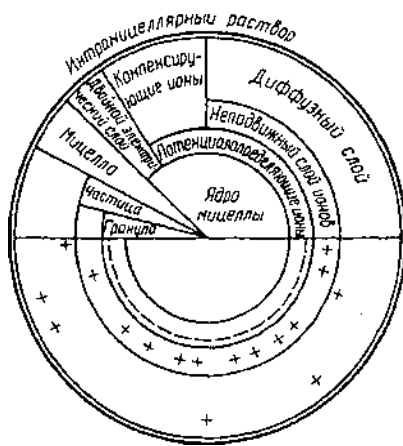


Рис. 3. Схема строения коллоидной мицеллы (по Н. И. Горбунову)

веществ с глинными минералами и осажденными формами оксидов железа и алюминия.

Поглотительная способность этих трех групп соединений проявляется в разной степени и обусловлена не только удельной поверхностью, но и строением коллоидов, наличием двойного электрического слоя ионов на границе раздела между дисперсной фазой и дисперсионной средой. Коллоидную частицу, по предложению Г. Вигнера, называют **мицеллой**. Ядро мицеллы представляет собой агрегат недиссоциированных молекул какого-либо вещества. Например, глинные минералы (каолинит, монтмориллонит и др.), гуминовые кислоты, коллоидные формы кремнезема и др. На границе с дисперсионной средой в результате диссоциации внешних молекул ядра или поглощения ионов из дисперсионной среды, на поверхности ядра формируется **двойной электрический слой ионов** (ионогенный слой). Он состоит из внутреннего потенциалоопределяющего слоя прочно связанных с ядром неподвижных ионов и внешнего слоя компенсирующих противоположно заряженных ионов. Ядро с потенциалоопределяющим слоем ионов называется **гранулой**, гранула и слой компенсирующих ионов — **частицей**. Часть ионов компенсирующего слоя прочно связана с потенциалоопределяющим слоем, часть его диффундирует в почвенный раствор, образуя внешний, или диффузный, слой.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Коагуляция — переход коллоида из состояния золя в состояние геля. Коагуляция может происходить под действием электролитов, при взаимодействии двух противоположно заряженных коллоидных систем, при высушивании или замораживании почв, сопровождающихся дегидратацией. Коагуляция — положительный процесс. В скоагулированном (осажденном) состоянии могут находиться, например, органические коллоиды в результате их взаимодействия с поливалентными катионами. Коагуляция способствует образованию почвенной структуры, уменьшению связности тяжелых по гранулометрическому составу почв, сохранению от вымывания коллоидов, обуславливающих важнейшие агрономические свойства почвы.

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

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

6.6. ВИДЫ ПОГЛОТИТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОЧВ

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

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

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

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

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

Это свойство зависит от размера и формы почвенных пор, которые обусловлены гранулометрическим, агрегатным составом, плотностью почвы. Песчаные, крупноагрегатные, рыхлые почвы обладают слабой механической поглощительной способностью. Наоборот, глинистые почвы способны полностью поглощать из почвенных суспензий частицы размером более 0,001 мм.

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

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

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

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

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

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

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

К физическому поглощению относится также поглощение почвой паров, газов из газообразной фазы почвы.

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

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

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

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

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

На поверхности твердых частиц удерживаются также разнообразные микроорганизмы, но термин «адсорбция» по отношению к ним может быть применен лишь условно. Различные почвы обладают неодинаковой способностью поглощать микроорганизмы. Чем тяжелее гранулометрический состав, чем больше в почве содержится гумуса, тем выше поглотительная способность почв по отношению к микроорганизмам. Бактерии при поглощении их почвой снижают свою биохимическую активность, благодаря чему улучшаются санитарные условия местности, очищаются воды колодцев, грунтовых вод.

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

Химическая поглотительная способность (хемосорбция) — это

способность почвы закреплять в форме труднорастворимых соединений ионы, поступающие в раствор.

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

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

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

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

Биологическая поглотительная способность проявляется в возможности живых почвенных организмов (корни растений, микроорганизмы) поглощать из почвы различные вещества, катионы и анионы.

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

Благодаря биологическому поглощению в почве удерживаются от вымывания весьма важные элементы питания растений.

В результате жизнедеятельности растений, животных, микроорганизмов в почве образуются высокодисперсные органические (гумусовые), органо-минеральные вещества, составляющие сорбционные барьеры в почве, способные удерживать за счет обменного и необменного поглощений различные вещества.

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

поглощающего комплекса.

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

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

Основные закономерности обменного поглощения катионов заключаются в следующем.

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

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

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

4. Обменное поглощение носит обратимый характер.

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

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

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

6.7. БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ

В широком смысле она характеризует способность почвы противостоять изменению концентрации почвенного раствора, его щелочно-кислотного, окислительно-восстановительного состояний и др. Чаще под буферностью понимают способность почвы лишь противостоять изменению ее актуальной реакции под воздействием различных факторов.

На величину буферности оказывают влияние минералогический и гранулометрический составы почвы, содержание гумуса, емкость поглощения, состав обменных катионов.

Чем больше в почве вторичных минералов (особенно монтмо-

риллонита), чем тяжелее гранулометрический состав и чем больше в почве коллоидов, гумуса и выше емкость поглощения, тем выше буферность почвы.

Буферность почв - один из важнейших элементов почвенного плодородия. Она позволяет сохранять благоприятные для растений свойства почв (у черноземов) или оказывать сопротивление приемам по регулированию реакции почвенного раствора и твердой фазы почвы (у подзолов, красноземов, солонцов).

Для преодоления буферности почв требуется внесение повышенных доз химических мелиорантов.

Почвы с низкой буферностью, способные резко изменять реакцию почвенного раствора при внесении, например, физиологически кислых и физиологически щелочных удобрений, нуждаются в систематическом внесении высоких доз органических удобрений для увеличения их емкости поглощения и буферной способности.

6.8. ВОДНЫЙ БАЛАНС ПОЧВ

Совокупность всех явлений, касающихся поступления влаги в почву, ее передвижения, удерживания и расхода, называют водным режимом почв. Количественно его выражают через водный баланс, который характеризует приход влаги в почву и расход из нее. Основная приходная статья водного баланса – осадки, дополнительные – грунтовые воды и поверхностный приток. Расходные статьи водного баланса: физическое испарение воды почвой, транспирация (испарение влаги листьями растений), поверхностный сток и инфильтрация в почвенно-грунтовую толщу.

Типы водного режима почв выделяют по величине приходно-расходных статей водного баланса. Применительно к различным условиям установлены различные типы водного режима.

Мерзлотный (застойный) тип распространен в тундре, где многолетняя мерзлота является водупором. В этих условиях верхний горизонт почвы в летний период насыщен водой.

Промывной тип характерен для таежно-лесной зоны, где количество осадков превышает испаряемость. Почвы и породы ежегодно весной и осенью промываются водой до грунтовых вод.

Периодически промывной тип распространен в лесостепной зоне, где в сухие годы осадки увлажняют почвенно-грунтовую толщу, не достигая грунтовых вод (непромывной режим), а во влажные годы происходит сквозное промачивание (промывной режим).

Непромывной тип характерен для степной, сухостепной и пустынной зон, где испаряемость превышает сумму атмосферных осадков. Осадки распространяются только в верхних горизонтах и не достигают грунтовых вод. Запасы воды, накопленные к весне за счет осенних осадков и талой

воды, интенсивно испаряются и потребляются растениями. В полупустынной и пустынной зонах без орошения земледелие невозможно.

Выпотной тип водного режима наблюдается на участках с близким залеганием грунтовых вод в зоне сухих степей, полупустынь и пустынь, где испаряемость сильно превышает сумму осадков. При высоком содержании солей в грунтовых водах с восходящим током воды в почву поступают легкорастворимые соли и почва засоляется.

Кроме того, выделяют ирригационный тип водного режима в условиях орошения. Ирригационный тип характеризуется чередованием промывного и непромывного режимов. При поливе создается промывной тип, который затем сменяется непромывным. В почве периодически наблюдаются то нисходящие, то восходящие токи воды.

Регулирование водного режима почв достигается различными мелиоративными и агротехническими приемами с учетом конкретных почвенно-климатических условий. Для устранения избыточного увлажнения болотных почв устраивают открытый или закрытый дренаж. Водный режим почв с временным избыточным увлажнением можно улучшить с помощью таких агротехнических приемов, как гребневание, бороздование, а также путем создания глубокого пахотного слоя. Гребни увеличивают испарение, а по бороздам происходит сток воды.

В засушливых районах необходимы мероприятия по накоплению влаги и рациональному ее использованию. Для этого применяют снегозадержание с помощью стерни, кулисных растений, валов из снега. Для уменьшения поверхностного стока проводят вспашку поперек склонов, прерывистое бороздование, щелевание, полосное размещение культур и применяют другие приемы. В полупустыне и пустыне основной способ улучшения водного режима – орошение.

6.9. ВОЗДУШНЫЙ РЕЖИМ ПОЧВЫ

Для роста и развития культурных растений требуется нормальный газообмен между почвой и атмосферой. Приток в почву кислорода нужен для прорастания семян, дыхания корней и микроорганизмов. При недостатке кислорода, в почве развиваются анаэробные процессы, образуются токсичные для растений соединения, ухудшаются физические свойства почвы, снижается доступность питательных веществ для растений.

В почвенном воздухе, по сравнению с атмосферным, меньше кислорода и больше диоксида углерода. В атмосферном воздухе содержание азота составляет 78% (по объему), кислорода – 21%, диоксида углерода - 0,03%, а в почвенном воздухе азота 78..80%, кислорода 5..20%, диоксида углерода 0,1..15%. состав атмосферного воздуха довольно постоянный, а в почвенном воздухе содержание O_2 и CO_2 может сильно колебаться. Благоприятные условия для произрастания растений создаются при содержании кислорода в почвенном воздухе около 20%.

Высокое содержание CO_2 в почве отрицательно действует на прорастание семян и дыхание корней. Однако диоксид углерода необходим для фотосинтеза растений.

Почвенный воздух находится в трех состояниях: свободном адсорбированном и растворенном.

Свободный воздух находится в крупных порах почвы. Эти поры обеспечивают постоянную аэрацию почвы, наибольшую подвижность и доступность воздуха. В тонких капиллярах подвижность воздуха падает по мере уменьшения их диаметра.

Адсорбированный почвенный воздух удерживается поверхностью твердых частиц почвы. Газы адсорбируются в зависимости от свойств молекул в такой последовательности: азот < кислород < диоксид углерода < аммиак. Сухие почвы содержат наибольшее количество адсорбированного воздуха. При влажности почв выше максимальной гигроскопичности вода вытесняет поглощенные газы.

Почвы глинистые и суглинистые, богатые органическим веществом, содержат больше адсорбированного воздуха, чем легкие с низким содержанием гумуса.

Растворенный почвенный воздух состоит из газов, имеющих различную растворимость в воде. Хорошо растворяются аммиак, сероводород, диоксид углерода. Растворимость кислорода небольшая, но он поддерживает окислительные свойства почвенного раствора.

С увеличением содержания CO_2 в почвенном растворе увеличивается растворимость карбонатов, гипса, фосфатов и других солей.

Содержание и состав почвенного воздуха зависят от воздухоемкости, воздухопроницаемости и газообмена.

Воздухоемкость – способность почвы содержать определенное количество воздуха. Содержание воздуха выражают в процентах к объему почвы. Воздухоемкость зависит от пористости и влажности почвы. Чем больше пористость, тем выше воздухоемкость. С увеличением влажности почвы уменьшается воздухоемкость, а при полном насыщении всех пор водой присутствует только растворенный воздух.

Воздухопроницаемость – способность почвы пропускать через себя воздух. Она зависит от гранулометрического состава, структуры почвы и объема пор между агрегатами. Чем больше воздухопроницаемость, тем лучше газообмен и выше содержание кислорода в почвенном воздухе.

Газообмен почвенного воздуха с атмосферным происходит под действием ветра, диффузии, изменения температуры и давления, а также в результате изменения количества влаги в почве при выпадении осадков, орошении и испарении.

Воздушный режим почв включает все процессы поступления воздуха в почву, передвижения, изменения состава и газообмена почвенного воздуха с атмосферным. Улучшают воздушный режим с помощью агротехнических и мелиоративных мероприятий.

6.10. ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ

Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называется тепловым режимом почвы.

Количество лучистой энергии, поступающей в почву, зависит от географического положения территории, а также от свойств верхних слоев почвы – окраски, гранулометрического состава, содержания влаги, структуры и других физических свойств.

К тепловым свойствам почвы относятся: теплопоглощительная способность, теплоемкость и теплопроводность.

Тепло — необходимый фактор жизни и роста растения. С ним связаны важнейшие биологические и абиотические процессы, протекающие в почве и определяющие развитие почвообразования и плодородия: интенсивность химических реакций, процессы физического выветривания, деятельность микроорганизмов и почвенной фауны, прорастание семян и рост растений, процессы обмена веществом и энергией.

Главным источником тепла, поступающего в почву, является лучистая энергия Солнца (солнечная радиация). Небольшое количество тепла почва получает из глубинных слоев Земли и за счет химических, биологических и радиоактивных процессов, протекающих в верхних слоях литосферы. Тепло, образующееся при разложении органических веществ (навоза, растительных остатков и др.), широко используют в овощеводстве закрытого грунта. Часть поступающей к поверхности почвы лучистой солнечной энергии поглощается почвой и, преобразуясь в тепло, нагревает почву; часть отражается поверхностью почвы и напочвенным покровом. Почва отдает тепло в атмосферу, если температура ее поверхности выше, чем температура приземного слоя воздуха.

В зависимости от соотношения количества поглощенной поверхностью почвы лучистой энергии и излучения почвой тепла в атмосферу почвенная поверхность будет или нагреваться, или охлаждаться. Наряду с поглощением тепла почвенной поверхностью идут процессы перемещения тепла от слоев более нагретых к слоям с более низкой температурой. Это сказывается на тепловом состоянии различных слоев почвы. Чем больше разность температур поверхности почвы и ее глубоких слоев, тем больше тепла уходит из почвы или поступает в нее.

Приток лучистой солнечной энергии к поверхности почвы зависит от широты и рельефа местности, состояния поверхности почвы (покрытие растительностью), а также времени года и суток и состояния атмосферы (ясно, пасмурно и пр.). В Северном полушарии суммарный приток солнечной радиации увеличивается при движении с севера на юг. Наибольший приток солнечной радиации получают южные склоны, наименьший — северные.

Наряду с условиями, определяющими приток солнечной энергии, важное значение в формировании теплового режима почвы (поглощение

тепла, нагревание и охлаждение) имеют тепловые свойства почвы. К тепловым свойствам почвы относятся теплопоглощительная способность, теплоемкость и теплопроводность.

Теплопоглощительная способность — способность почвы поглощать лучистую энергию Солнца. Она характеризуется величиной альбедо (**A**). **Альбедо** — количество коротковолновой солнечной радиации, отраженной поверхностью почвы и выраженное в % общей величины солнечной радиации, достигающей поверхности почвы. Чем меньше альбедо, тем больше поглощает почва солнечной радиации. Оно зависит от цвета, влажности, структурного состояния, выравненное™ поверхности почвы и растительного покрова.

Темно-каштановая почва (черноземы и др.) поглощает больше солнечной радиации, чем светло-каштановые (подзолистые, сероземы и др.); влажная — больше, чем сухая.

Теплоемкость — свойство почвы поглощать тепло. Характеризуется количеством тепла в джоулях (калориях), необходимого для нагревания единицы массы (1 г) на 1 °С — весовая (или удельная) теплоемкость или объемная — в 1 см³ на 1 °С; зависит от минералогического, гранулометрического составов, содержания органического вещества, влажности, пористости почвы и содержания воздуха. Теплоемкость воды равна 1,000 кал, торфа — 0,477, глины — 0,233 и песка — 0,196 кал.

Из этих данных видно, что вода — наиболее теплоемкий компонент почвы по сравнению с минеральными и органическими ее частями. Поэтому для повышения температуры влажной почвы требуется больше тепла, чем для сухой. Влажные почвы медленнее нагреваются и медленнее охлаждаются, чем сухие. Глинистые почвы как более теплоемкие во влажном состоянии нагреваются весной медленнее по сравнению с песчаными. Осенью при большем увлажнении они медленнее охлаждаются и становятся теплее песчаных. В связи с этим, изменяя влажность и пористость почвы поливами и обработкой, можно в определенных пределах регулировать температуру почвы.

Теплопроводность — способность почвы проводить тепло. От нее зависит скорость передачи тепла от одного слоя к другому, а следовательно, и способность почвы быстрее или медленнее нагреваться или охлаждаться в определенной толще ее профиля. Она измеряется количеством тепла в джоулях (калориях), которое проходит за 1 с через 1 см² слоя почвы толщиной в 1 см. Отдельные составные части почвы имеют разную теплопроводность. Минимальной теплопроводностью обладает воздух (0,00006 кал), затем торф (0,00027 кал) и вода (0,00136 кал). Теплопроводность минеральной части почвы в среднем в 100 раз выше, чем воздуха, и в 28 раз, чем воды.

Поскольку в почве наряду с ее твердой (органической и минеральной) фазой в порах присутствуют воздух и вода, то теплопроводность сильно зависит от влажности почвы и содержания в ее порах воздуха. Поэтому чем

влажнее почва, тем выше ее теплопроводность, а чем рыхлее, тем ниже.

Совокупность явлений поступления, переноса, аккумуляции и отдачи тепла называют **тепловым режимом почвы**. Основным показателем теплового режима почвы, который характеризует ее тепловое состояние, является температура генетических горизонтов почвенного профиля.

Поскольку приток лучистой солнечной энергии связан с его суточными и годовыми ритмами, то и для температуры почвы характерны суточные и годовые закономерности ее изменения.

Суточный ход температуры. Днем поверхность почвы нагревается и максимальная ее температура наблюдается около 13 ч. Затем происходит постепенное охлаждение почвенной поверхности, и минимум ее температуры отмечается перед восходом солнца. По мере нагревания поверхности почвы происходит передача тепла и в более глубокие слои.

Годовой ход температуры. Годовой ход температуры имеет два периода: летний — **период нагревания** почвы с потоком тепла от верхних горизонтов к нижним и зимний — **период охлаждения** почвы с потоком тепла от нижних слоев профиля к верхним. Амплитуды колебаний температуры почвы между этими периодами определяются условиями атмосферного климата и свойствами почв. В умеренных широтах максимум среднесуточной температуры почвы наблюдается обычно в июле — августе, а минимум — в январе — феврале. Летом самая высокая температура отмечается в верхних горизонтах, с глубиной она снижается. Зимой нижние слои профиля имеют более высокие температуры.

На годовые изменения температуры почвы большое влияние оказывает растительность, предохраняя поверхность почвы от резких колебаний температуры.

В регионах со снежными и холодными зимами сильное влияние на температурный режим оказывают промерзание, оттаивание почвы, мощность и продолжительность снежного покрова.

Почва начинает промерзать при температуре несколько ниже 0°C, поскольку в почвенном растворе содержатся растворимые вещества, понижающие температуру замерзания. На замерзание почвы влияют снежный и растительный покровы, рельеф местности, свойства почвы, ее влажность, а также хозяйственная деятельность человека.

Снежный покров предохраняет почву от промерзания: чем он меньше, рыхлее и длительнее сохраняется, тем больше утепляет почву и снижает глубину ее промерзания. Сохранение и накопление снега имеет большое значение в предохранении от вымерзания посевов озимых, многолетних трав и посадок плодово-ягодных культур.

Растительный покров, задерживая и накапливая снег, ослабляет промерзание почвы.

Рельеф влияет на накопление снега и увлажнение почвы. Поэтому наибольшую глубину промерзания почвы наблюдают на выпуклых формах рельефа и наветренных склонах, где сдувается снег. Накопление снега в

понижениях (лощинах, западинах) способствует меньшему промерзанию почвы. Глубже промерзают склоны северной экспозиции, а на меньшую глубину — южной. Чем влажнее почва, тем меньше она промерзает. При промерзании почвы идет подток парообразной и жидкой влаги к фронту промерзания. Замерзание почвы начинается до или после установления снежного покрова и продолжается до января — февраля. Затем она начинает постепенно оттаивать снизу за счет передачи тепла от нижних незамерзших слоев.

Влияние деятельности человека на промерзание почвы связано с применением растительного покрова (вырубка или посадка древесно-кустарниковой растительности, сохранение травянистой растительности и т.д.), что сказывается на накоплении снега или существенном изменении увлажнения (орошение, осушение).

Оттаивание почв происходит двумя способами. В первом оттаивание идет снизу и заканчивается до схода снега. При этом мерзлая прослойка исчезнет у поверхности почвы; талая вода в этом случае лучше проникает в почву. Во втором оттаивание начинается снизу, а затем одновременно и сверху, и снизу. В этот период мерзлая прослойка почвы сохраняется на некоторой глубине, что приводит к значительной потере воды и смыву почвы за счет поверхностного стока.

Для оценки теплообеспеченности почв как важной обобщающей характеристики их температурного режима используют сумму активных температур ($>10\text{ }^{\circ}\text{C}$) в почве на глубине 20 см. Здесь расположена главная масса корней многих растений. Рост корневых систем растений активно происходит при температуре почвы выше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Теплообеспеченность почв основных зон страны снижается с запада на восток. В земледельческих районах таежно-лесной зоны она колеблется от ниже средней (Западная и Средняя Сибирь) до вышесредней (Приморье), в лесостепной — от ниже средней до хорошей, в степной — от средней (Восточная Сибирь) до весьма хорошей (Предкавказье), в зоне сухой степи — от хорошей до весьма хорошей. Наилучшая теплообеспеченность у почв сухих и влажных субтропиков. Для оценки температурного состояния почв и возможности выращивания культур, различных по требовательности к теплу, важное значение имеют также показатели суровости зимних почвенных условий. Такими показателями являются сумма отрицательных температур на глубине 20 см и средний из абсолютных минимумов температур на поверхности почвы. По этим показателям выделяют почвы: теплые, умеренно теплые, умеренные, умеренно холодные, холодные, мерзлотные и длительно сезоннопромерзающие. Учет показателей теплообеспеченности и суровости зимних почвенных условий необходим при районировании сортов сельскохозяйственных культур, разработке агротехнических и мелиоративных мероприятий.

В зависимости от среднегодовой температуры и длительности промерзания почвы выделяют 4 типа температурного режима почв (по

В. Н. Димо): мерзлотный, длительно сезоннопромерзающий, сезоннопромерзающий и непромерзающий.

Мерзлотный тип температурного режима характерен для местностей, где среднегодовая температура профиля почвы имеет отрицательный показатель (ряд провинций полярной и Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной областей). В таких почвах преобладает процесс охлаждения, сопровождающийся промерзанием почвенной влаги до верхней границы многолетнемерзлых пород.

Длительно сезоннопромерзающий тип температурного режима проявляется на территориях, где преобладает положительная среднегодовая температура почвенного профиля. Глубина проникновения отрицательных температур не менее 1 м, но смыкание сезоннопромерзающей толщи с многолетнемерзлыми породами не наблюдается. Длительность промерзания не менее 5 мес.

Сезоннопромерзающий тип температурного режима отличается положительной среднегодовой температурой почвенного профиля. Промерзание профиля длится менее 5 мес. Подстилающие породы немерзлые. Длительно сезоннопромерзающий и сезоннопромерзающий типы температурного режима свойственны большей части территории России.

Непромерзающий тип температурного режима имеют территории, где промерзание профиля почв и морозность не проявляются. К ним относятся теплая южноевропейская фация и зоны субтропического пояса.

7. СТРУКТУРА ПОЧВ

В результате почвообразовательного процесса элементарные обособленные частицы почвы склеиваются в структурные отдельности (агрегаты, комки) разных форм и размера.

Способность почвы распадаться на агрегаты (комки) называют структурностью, а совокупность агрегатов различных размера и формы – почвенной структурой.

Хорошо окультуренная структурная почва при вспашке легко распадается на комковатые или зернисто-комковатые отдельности. Бесструктурные почвы представляют собой либо рассыпчатую массу (песчаные), либо, наоборот, однородно-плотную монолитную массу, распадающуюся при обработке на крупные глыбы.

Структурные агрегаты создаются под влиянием природных условий и хозяйственной деятельности человека. Различные типы и разновидности почв характеризуются определенной структурой. Глыбистая структура наблюдается на неокультуренных почвах и всегда играет отрицательную роль. Глыбы мешают прорастанию семян, быстро высыхают, теряя продуктивную влагу. Комковатая структура характерна для пахотных и верхних горизонтов целинных почв. Структурные отдельности неровные, неправильной формы, округлые с шероховатой поверхностью. Ореховатую структуру имеют серые лесные почвы. Агрегаты более-менее правильной

формы, поверхность граней сравнительно ровная, ребра острые. Зернистая структура характерна для черноземов, пойменных и дерново-карбонатных почв. Форма агрегатов почти правильная, иногда округлая, с шероховатой поверхностью.

В процессе обработки разрушаются агрономические ценные агрегаты с образованием порошистой и пылевой структуры. Чем больше пылеватость почв, тем ниже их плодородие. Такие почвы после дождя образуют корку. В южных районах почвы с пылевой структурой подвергаются пылевой эрозии. Призматическая структура встречается в нижних горизонтах почв различных типов. Столбчатые агрегаты характерны для иллювиальных горизонтов солонцов. Во влажном состоянии этот горизонт набухает, а при высыхании происходит усадка почвы, уплотнение и образование столбчатых отдельностей, разделенных трещинами. Корни растений на таких почвах развиты слабо. Пластинчатая и плитчатая структура характерна для подзолистых почв. Она образуется в местах контакта пахотного слоя и плужной подошвы. Все виды структуры, делящиеся на горизонтальные отдельности, имеют отрицательное значение, так как мешают проникновению воды и корней.

В зависимости от формы и размеров выделяют следующие типы и виды структуры.

Таблица 7. Классификация структурных отдельностей почв

Форма структуры (род)	Вид структуры	Размер агрегатов, мм
I тип. Кубовидная структура		
Грани и ребра выражены плохо		
Глыбистая	Крупноглыбистая	>100
	Мелкоглыбистая	100..50
Комковатая	Крупнокомковатая	50..30
	Комковатая	30..10
	Мелкокомковатая	10..0,5
	Пылеватая	<0,5
Грани и ребра выражены хорошо		
Ореховатая	Крупноореховатая	>10
	Ореховатая	10..7
	Мелкоореховатая	7..5
Зернистая	Крупнозернистая	5..3
	Зернистая	3..1
	Мелкозернистая	1..0,5
II тип. Призмовидная структура		
Грани и ребра выражены плохо		
Столбчатовидная	Крупностолбчатовидная	>50
	Столбчатовидная	50..30
	Тонкостолбчатовидная	<30

Грани и ребра выражены хорошо		
Призматическая	Крупнопризматическая	>50
	Призматическая	50..30
	Мелкопризматическая	30..10
	Карандашная	<10
III тип. Плитовидная структура		
Плитчатая	Сланцеватая	>5
	Плитчатая	5..3
	Пластинчатая	3..1
	Листовая	<1
Чешуйчатая	Скорлуповатая	>3
	Грубочешуйчатая	3..1
	мелкочешуйчатая	<1

8. КИСЛОТНОСТЬ И ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ

Вода в почве представляет собой почвенный раствор, содержащий минеральные и органические вещества, а также растворенные газы.

Выпадающие атмосферные осадки уже содержат определенное количество растворенного углекислого газа, N_2 и O_2 . Т.е. в сущности, почвенный раствор может иметь кислотную или щелочную систему. Состав и концентрацию почвенных растворов можно в определенной степени регулировать, используя определенные технические приемы и удобрения.

Всякая почва имеет определенную реакцию, которая может быть нейтральной, кислотной или щелочной. Реакция почвенного раствора зависит от соотношения в нем свободных ионов H^+ и OH^- .

Кислотность. Способность почвы подкислять почвенный раствор обусловлена наличием в почве кислот, гидролитически кислых солей, а также поглощенных ионов водорода и алюминия.

Кислотность почвы вызывается ионами водорода. В зависимости от того, в каком состоянии ионы водорода находятся в почве, кислотность может быть активной (актуальной) и потенциальной.

Активная (актуальная) кислотность зависит от концентрации свободных ионов водорода в почвенном растворе. Их источником являются органические кислоты, образующиеся при разложении растительных остатков, и угольная кислота, появляющаяся в почве при растворении диоксида углерода в воде.

Потенциальная кислотность подразделяется на обменную и гидролитическую. Она обусловлена содержанием ионов водорода и алюминия, находящихся в поглощенном состоянии.

Обменная кислотность обусловлена содержанием поглощенных ионов водорода, которые могут быть вытеснены из ППК раствором нейтральной соли KCl . При обработке почвы 1н. раствором KCl ионы калия замещают ионы водорода и занимают их место в ППК. Перешедшие в раствор ионы

водорода соединяются с оставшимися в нем ионами хлора, образуя соляную кислоту. Появившуюся в почвенном растворе соляную кислоту можно определить с помощью индикатора или рН-метра.

Гидролитическая кислотность зависит от содержания как обменных, так и прочносвязанных ионов водорода. Для определения гидролитической кислотности почву обрабатывают раствором гидролитически щелочной соли – ацетатом натрия (уксуснокислым натрием). Эта соль в водных растворах гидролитически расщепляется на слабую кислоту и сильное основание, которое придает раствору щелочную реакцию, обеспечивая при этом более полное вытеснение поглощенного водорода.

Щелочность. Щелочная реакция обусловлена присутствием в почве карбонатов. Как и кислотность, щелочность ухудшает свойства почв, угнетающе действует на растения и микроорганизмы. Различают актуальную и потенциальную щелочность.

Сода является наиболее токсичным карбонатом в почве, она создает сильную щелочность, которую культурные растения переносят хуже, чем кислотность. Для понижения щелочности проводят гипсование почвы. Дозу гипса рассчитывают по общей щелочности и содержанию обменного натрия. Актуальная и потенциальная щелочность связаны друг с другом через процессы ионного обмена.

9. ПЛОДОРОДИЕ ПОЧВЫ

Плодородие – это способность почвы удовлетворять потребности растений в элементах питания, воде и обеспечивать корневые системы воздухом, теплом и другими факторами жизни.

Плодородной считается такая почва, которая содержит достаточное количество доступных для культурных растений элементов питания, обладает хорошими физическими свойствами, не содержит вредных веществ и имеет благоприятную для корней растений и микроорганизмов реакцию почвенного раствора. Культурные растения, возделываемые на такой почве, в течение всего вегетационного периода не испытывают недостатка ни в питательных веществах, ни в воде, ни в воздухе.

Свойства и режимы почв, определяющие уровень почвенного плодородия, можно объединить в четыре группы.

1. Химический состав определяет питательный режим почв и реакцию среды. От содержания в почве всех необходимых элементов питания и количества их доступных форм зависит обеспеченность сельскохозяйственных растений азотом, фосфором, калием, микроэлементами. Наиболее плодородными являются почвы с высоким содержанием органических веществ. Гумус – это постоянный источник плодородия почв. В процессе непрерывного образования и минерализации гумуса растения получают азот, фосфор, калий, углерод (в виде диоксида углерода) и другие элементы питания, необходимые для формирования урожая.

2. К физическим свойствам, повышающим плодородие почв, относятся агрономически ценная водопрочная зернистая или комковатая структура, достаточная пористость обеспечивающая аэрацию, хорошая впитывающая и водоудерживающая способность и другие свойства. Водно-воздушный режим зависит от качества структуры, пористости и водно-физических свойств. Оптимальный водно-воздушный режим – это благоприятное сочетание содержания влаги и кислорода в составе почвенного воздуха.

3. Тепловые условия характеризуются суммой температур выше 10 °С в почве на глубине 0..20 см, длительность вегетационного периода, а также глубиной промерзания почв. По этим параметрам выделяют почвы теплые, умеренно теплые, умеренные, умеренно холодные, холодные, мерзлотные и длительно сезоннопромерзающие.

4. Биологические свойства почв характеризуются уровнем биологической активности различных микроорганизмов, участвующих в процессах гумификации и мобилизации элементов питания растений в доступной для них форме.

Следует различать факторы и условия плодородия. К факторам относятся элементы зольного питания растений и азот, вода, воздух и частично тепло, необходимые для жизни растений, к условиям — совокупность свойств, сложное взаимодействие которых определяет возможность обеспечения растений земными факторами (физические и физико-химические свойства, наличие токсичных веществ и др.).

Геохимические и геологические процессы могут оказывать влияние на формирование почвенного плодородия (приток жестких и мягких, пресных или минерализованных грунтовых вод, отложение плодородных наилок, эрозионный снос гумусового горизонта и т. д.). Однако влияние этих процессов на плодородие проявляется прежде всего через изменение в том или ином направлении показателей состава, свойств и режимов почвы. Оценка состава, свойств и режимов почвы с точки зрения развития почвенного плодородия, его уровня с учетом требований сельскохозяйственных растений и технологий их возделывания составляет понятие **агрономическая характеристика почв**.

Она строится на оценке следующих показателей:

1) строения почвенного профиля (чередование и мощность генетических горизонтов, в особенности мощность гумусового слоя, структурное состояние, плотность и пористость, мощность мелкоземистой толщи);

2) гранулометрического и минералогического составов;

3) химического состава (содержание валовых запасов и доступных форм элементов питания, наличие токсичных соединений — токсичных водорастворимых солей, подвижных форм Al, Mn, Fe²⁺, сероводорода, компонентов техногенного загрязнения и пестицидов, содержание карбонатов и несиликатных полтораоксидов);

4) физико-химических свойств;

- 5) окультуренности почв;
- 6) степени эродированности;
- 7) заболоченности.

Значение их роли в формировании почвенно-экологических условий для сельскохозяйственных растений и почвенной биоты позволяет агроному дать правильную и разностороннюю агрономическую характеристику (оценку) почв и определить рациональные приемы регулирования почвенного плодородия путем оптимизации конкретных параметров состава, свойств и режимов почв.

Плодородие проявляется как результат сложного взаимодействия и взаимовлияния свойств и режимов почвы; показатели свойств и режимов могут быть оценены количественно; различные растения (группы растений) предъявляют неодинаковые требования к свойствам и режимам почвы; свойства и режимы динамичны, т. е. изменяются во времени на этих положениях более подробно. Формирование режимов и отдельных свойств почвы есть результат их тесного взаимовлияния.

Питательный режим почвы формируется как результат сложного превращения ее минеральных соединений, процессов минерализации и гумификации органического вещества, активности различных групп щелочно-кислотных почвенных условий, динамики окислительно-восстановительных процессов, водно-воздушного и температурного режимов и т. п.

В свою очередь, окислительно-восстановительный режим зависит от содержания и форм органического вещества, физических свойств почв, определяющих условия аэрации, гидротермических условий развития микробиологических процессов и т. д.

Свойства и режимы почвы имеют количественные параметры. Поэтому возможна количественная оценка плодородия почвы. Для этой цели используются два подхода — экономический и биологический.

Экономическая количественная оценка плодородия основывается на относительной его оценке в баллах по количественным показателям свойств почв, коррелирующих с урожайностью сельскохозяйственных культур, или продуктивностью сельскохозяйственных ценозов, а также климатических условий. Такая оценка получила название **бонитировки почв**.

Экономическая оценка земли может быть выражена в ценах на единицу площади (1 га), исходя из данных ее бонитета, учета ее местоположения, конкретных почвенных ресурсов, возможных для возделывания культур, и других условий. Количественная оценка плодородия может быть дана и на основе показателей среднегодовой биологической продуктивности растений на данной почве, характеризующей способность почвы обеспечивать продуктивность фотосинтеза.

9.1. ВИДЫ ПЛОДОРОДИЯ

Различают следующие виды плодородия: естественное, или природное, искусственное, эффективное и экономическое. Выделяют также понятие потенциального плодородия.

Естественное плодородие определяется сложным взаимодействием свойств и режимов почв, обусловленных развитием природного почвообразовательного процесса, не нарушенного воздействием человека. В чистом виде оно присуще целинным почвам и характеризуется продуктивностью произрастающих на почве ценозов.

Качественные и количественные изменения в свойствах и режимах почв, вызванные воздействием человека, характеризуют их **искусственное плодородие**. В чистом виде оно возникает при создании субстратов для выращивания растений в теплицах, парниках и т. д.

При сельскохозяйственном использовании почв искусственное плодородие в совокупности с естественным проявляется как **эффективное плодородие**. Оно реализуется в урожае сельскохозяйственных культур. Эффективное плодородие зависит не только от уровня природного плодородия, но в большой степени от условий использования почв в производстве, развития науки и техники и реализации их достижений. Эффективное плодородие всегда связано с определенными затратами труда и средств для получения продукции возделываемых растений, с хозяйственной деятельностью человека. Оно может быть оценено в экономических показателях. Такому плодородию дали название **экономическое**.

Почва обладает определенными запасами элементов питания (запасной фонд), которые реализуются при создании урожая растений при частичном его расходе (обменный фонд). Из этого представления вытекает понятие о потенциальном плодородии.

Потенциальное плодородие характеризуется общими запасами элементов питания растений, формами их соединений и сложным взаимодействием всех других свойств, определяющих способность почвы в благоприятных условиях обеспечивать растения также другими земными факторами (водой, воздухом, теплом), длительное время мобилизовывать в необходимых для растений количествах элементы питания и поддерживать высокий уровень эффективного плодородия. Высоким потенциальным плодородием обладают, например, черноземные почвы, низким — подзолистые почвы.

Примером почв с высоким уровнем потенциального плодородия могут служить также болотные низинные торфяные почвы, которые характеризуются значительными запасами элементов питания и способны после осушительных мелиораций обеспечивать высокое эффективное плодородие за счет частичного расхода запасного фонда. Поскольку проявление плодородия дифференцируется в зависимости от требований

различных сельскохозяйственных (и естественных) растений, то плодородие почвы по отношению к какой-либо определенной группе или виду растений называют **относительным плодородием**.

Плодородие почвы — следствие почвообразовательного процесса, в то же время оно выступает как необходимое условие его развития, поскольку от него зависит проявление главного фактора почвообразования — развитие почвенной биоты, и прежде всего высшей растительности и микроорганизмов. Так же как и почвообразование, плодородие тесно связано с процессами превращения, аккумуляции и передачи веществ и энергии, что является причиной количественных и качественных изменений факторов и условий плодородия.

Формирование плодородия почвы ниже первоначального уровня означает **неполное воспроизводство** почвенного плодородия, возвращение почвенного плодородия к исходному уровню — **простое воспроизводство** плодородия. Создание почвенного плодородия выше исходного уровня представляет собой **расширенное воспроизводство** плодородия.

Воспроизводство почвенного плодородия есть объективный закон почвообразования, присущий всем формам его проявления. При развитии природного процесса почвообразования воспроизводство плодородия по неполному, простому или расширенному типу определяется развитием конкретных почвообразовательных процессов или их сочетанием.

Под совместным воздействием естественных и антропогенных факторов развивается **культурный** (антропогенный) **почвообразовательный процесс**. Специфичность антропогенного процесса почвообразования заключается в том, что он развивается под воздействием человека. При этом происходит замена естественной растительности культурными агроценозами, на почвообразование воздействуют новые факторы, не свойственные природному процессу, — обработка почвы, применение удобрений и других средств химизации, различные приемы водной мелиорации (осушение, орошение и др.). При развитии антропогенного почвообразовательного процесса изменяются емкость, интенсивность и характер биологического круговорота веществ и в целом обмен веществ и энергии.

Современное интенсивное земледелие основывается на широком применении химизации, мелиорации и механизации, а также на использовании высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений. Наибольшая эффективность этих факторов обеспечивается при высоком уровне почвенного плодородия, что подчеркивает все возрастающее значение плодородия почвы по мере повышения интенсивности земледелия.

Воспроизводство плодородия почвы в интенсивном земледелии осуществляют двумя путями: вещественным и технологическим.

Первый включает применение удобрений, мелиорантов, пестицидов, благоприятное в агрономическом отношении чередование культур

(севооборот); второй связан с улучшением свойств почвы путем механической обработки, приемов осушительной мелиорации и др. Их сочетание характеризует содержание зональных систем земледелия и антропогенные условия развития культурного почвообразовательного процесса.

9.2. МОДЕЛИ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ

Направленное развитие культурного почвообразовательного процесса позволяет обеспечить определенные **уровни (модели) почвенного плодородия**, под которыми следует понимать совокупность агрономически значимых свойств почв и их режимов, отвечающих определенному уровню продуктивности растений.

Для условий интенсивного земледелия необходимо создание моделей почвенного плодородия, характеризующихся оптимальными параметрами свойств почв.

Оптимальные параметры свойств почв — это такое сочетание количественных показателей свойств (и режимов) почв, при котором могут быть максимально использованы все жизненно важные для растений факторы, наиболее полно реализованы потенциальные возможности выращиваемых культур и обеспечен наивысший урожай при его хорошем качестве. Одновременно почва с оптимальными параметрами свойств, режимов и площади производственного участка обеспечивает наибольшую эффективность основных факторов интенсификации — химизации, механизации и мелиорации.

Поскольку различные растения предъявляют неодинаковые требования к почвенным условиям, модель почвенного плодородия должна разрабатываться с учетом требований растений к свойствам почв.

Модели почвенного плодородия разрабатывают совместно почвоведы, мелиораторы, растениеводы и другие специалисты агрономической науки. Их создают на основе изучения основных параметров почв в системе полевых опытов с ведущими культурами, изучения и обобщения данных по характеристике почв и урожайности растений передовых хозяйств и сортоучастков, конструирования моделей почв с заданными параметрами в специальных мелкоделяночных и вегетационных опытах. Модели оптимального почвенного плодородия и установленные наукой и практикой пути их достижения позволяют хозяйствам наиболее успешно решать конкретную задачу повышения плодородия почв.

К числу общих показателей свойств почв (и их режимов), оптимальные параметры которых необходимо установить для модели плодородной почвы, относятся:

показатели гумусного состояния почвы — содержание и состав гумуса, его запасы, мощность гумусового слоя;

параметры, характеризующие питательный режим почв — содержание

доступных форм элементов питания растений;

показатели оптимальных физических свойств — плотность, агрегатированность, наименьшая влагоемкость, водопроницаемость, аэрация;

показатели, характеризующие строение почвенного профиля — мощность пахотного слоя и в целом гумусового профиля;

показатели физико-химических свойств — реакция, емкость поглощения, состав обменных катионов, степень насыщенности основаниями.

Оптимальные показатели многих свойств в значительной степени зависят от того, насколько оптимальны параметры фундаментальных свойств почвы — гранулометрического состава и гумусного состояния, оказывающие практически основное влияние на все агрономически важные свойства почв и их режимы.

Все факторы жизни равнозначны для растений. Ни один из них не может быть заменен другим. В связи с этим чрезвычайно важно в целях повышения плодородия и получения высоких устойчивых урожаев воздействовать одновременно на все факторы жизни растений. При этом необходимо выявить основной фактор (или группу факторов), воздействие на который стимулирует максимальную эффективность остальных. Например, в засушливых районах главный лимитирующий фактор развития растений и их урожайности — вода. Поэтому в этих зонах важнейшее значение приобретают мероприятия по накоплению и продуктивному расходованию влаги.

Важное значение приобретают материалы почвенно-агрономических исследований: почвенные карты, картограммы содержания доступных растениям элементов питания (P, K, N), картограммы кислотности, засоленности, эродированности, заболоченности почв и др.

Одностороннее воздействие на какой-либо фактор жизни растений без изменения других приводит к постепенному снижению эффективности такого воздействия, а при определенных условиях может снизить урожай. Например, избыточное увлажнение приводит к ухудшению воздушного режима, развитию вредных восстановительных процессов и, как следствие, снижению продуктивности растений; одностороннее избыточное азотное питание затягивает развитие растений, способствует полеганию и снижению урожая.

Основные приемы повышения эффективного плодородия почвы и максимального использования ее естественного плодородия связаны с рациональным применением органических и минеральных удобрений, известкованием и гипсованием почв, системой их обработки, орошением и осушением, травосеянием, созданием полевых защитных лесных полос, введением севооборотов, с мероприятиями по борьбе с эрозией и возделыванием наиболее урожайных сортов растений.

10. ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ПОЧВАХ

В почве широко распространены окислительно-восстановительные процессы, имеющие большое значение в почвообразовании и плодородии почв.

Процессами окисления называют:

присоединение кислорода, отдачу водорода, отдачу электронов без участия водорода и кислорода.

Обратные процессы объединены в понятие «восстановление». В общем виде реакции окисления рассматривают как отдачу электронов, а восстановления — как присоединение электронов.

Соотношение в почве в конкретный период наблюдений окислительных и восстановительных процессов, сопровождающихся накоплением окисленных или восстановленных продуктов этих реакций, характеризует **окислительно-восстановительное (ОВ) состояние** почвы.

Проявление ОВ-процессов в почве зависит от ее генетических свойств и состояния водно-воздушного, температурного и биохимического режимов. Главным окислителем в почвах является свободный кислород почвенного воздуха и кислород, растворенный в почвенной влаге. Большая часть окислительно-восстановительных реакций имеет биохимическую природу, т. е. они связаны с проявлением микробиологических процессов.

Эти два обстоятельства определяют особую роль в развитии окислительно-восстановительных процессов следующих факторов: аэрации, влажности почвы, температуры, содержания и состава в почве органического вещества и минеральных соединений элементов переменной валентности.

Аэрация характеризует условия воздухообмена. Она тесно связана с комплексом физических свойств почвы (структурой, плотностью, пористостью) и увлажнением. Так, при пористости аэрации 18—20% создается благоприятный воздухообмен почвы с атмосферой, что обеспечивает нормальное течение в ней окислительных процессов. Пористость аэрации в 10—12% затрудняет поступление кислорода в почву, и при нормальной микробиологической активности его расход не восполняется, что приводит к возникновению анаэробных процессов, при которых в качестве источника кислорода анаэробные микроорганизмы используют связанный кислород минеральных соединений почвы. При этом образуются восстановленные продукты.

При пористости аэрации <6 % восстановительные процессы интенсивно развиваются. Поэтому улучшение структуры, пористости почвы, поддержание ее плотности в пределах оптимальных величин (1,1 — 1,3 г/см³) имеют важное значение в создании нормального ОВ-состояния почвы.

С **влажностью** связана аэрация почвы, и в этом ее главное влияние на развитие ОВ-процессов.

Ухудшение аэрации в результате повышения влажности почвы

приводит к снижению ОВ-потенциала. Наиболее резко он падает при влажности, близкой к полной влагоемкости (>90 % ПВ), когда сильно нарушается нормальный газообмен почвенного воздуха с атмосферным. При повышении влажности с 10 до 90 % ПВ снижение потенциала в большинстве почв происходит медленно.

Влияние влажности на развитие ОВ-процессов проявляется и в том, что с содержанием влаги в почве тесно связана активность микроорганизмов, корней растений, почвенной фауны, а следовательно, и расход кислорода. Кроме того, вода в почве переводит в растворимое состояние элементы переменной валентности (соединения Fe, Mn и др.), активность которых при этом к проявлению окислительно-восстановительных реакций заметно возрастает.

Особая роль **органического вещества** в жизнедеятельности микроорганизмов определяет и его большое значение в проявлении

ОВ-процессов в почве. Наиболее быстро изменение ОВ-состояния почвы при избыточном ее увлажнении происходит в гумусовых горизонтах. Свежее органическое вещество, богатое белками и растворимыми углеводами, являясь благоприятным материалом для жизнедеятельности микроорганизмов, способствует интенсивному развитию восстановительных процессов в избыточно увлажненной почве.

Органическое вещество почвы содержит соединения, обладающие восстановительной способностью. Поэтому возможно и прямое влияние органического вещества на изменение ОВ-состояния почвы.

С **температурой** связаны интенсивность жизнедеятельности почвенных организмов, а следовательно, и расход (поглощение) кислорода почвенного воздуха, его мобилизация анаэробами из окисленных форм минеральных соединений почвы, активность различных химических реакций, влияющих на ОВ-процессы. В этом проявляется роль температуры. Поэтому, если избыточное увлажнение почвы наблюдается при температурах >10 °С, то можно ожидать быстрого возникновения восстановительных процессов и ухудшения условий роста растений. Переувлажнение в течение 5—7 дней при низких температурах почвы (1—5 °С) не вызывает резкого изменения ее ОВ-состояния.

Поскольку развитие ОВ-процессов в почвах тесно связано с особенностями их состава, свойств и динамикой водно-воздушного, температурного и микробиологического режимов, это обуславливает большую неоднородность ОВ-состояния почв. Она проявляется в следующем: разным почвам свойственно различное ОВ-состояние; для большинства типов почв характерна неоднородность ОВ-состояния их профиля.

Под **окислительно-восстановительным режимом** следует понимать соотношение ОВ-процессов в почвенном профиле в годичном цикле почвообразования.

Различают следующие типы ОВ-режима почв.

1. Почвы с абсолютным господством окислительных процессов. Этот тип ОВ-режима характерен для автоморфных почв степей, полупустыни и пустыни (черноземов, каштановых, бурых полупустынных, серо-бурых и песчаных пустынных почв, сероземов и др.).

2. Почвы с господством окислительных процессов при возможном проявлении восстановительных условий в отдельные влажные годы или сезоны (автоморфные почвы таежно-лесной зоны, лесостепи, буроземно-лесной, влажных субтропиков).

3. Почвы с контрастным ОВ-режимом (полугидроморфные почвы различных зон). Наиболее контрастен ОВ-режим с временным избыточным увлажнением верхних или нижних горизонтов профиля. Такие почвы широко распространены среди подзолистых, дерново-подзолистых, бурых лесных, солодей и других типов.

4. Почвы с устойчивым развитием восстановительных процессов (болотные, гидроморфные солончаки).

Наиболее изменчивы показатели ОВ-потенциала в верхних горизонтах, обогащенных органическим веществом, с наибольшими колебаниями влажности и с более интенсивным развитием микробиологических процессов. Нижние горизонты почвенного профиля, бедные органическим веществом, со слабой микробиологической активностью обычно характеризуются и более высокими и устойчивыми потенциалами. Исключение составляют грунтово-оглеенные почвы.

Значение ОВ-процессов в почвообразовании и плодородии исключительно велико и проявляется в их влиянии на процессы превращения органических и минеральных веществ, их миграцию и аккумуляцию.

Конкретное проявление такого влияния выражается в темпах и качественной направленности превращения растительных остатков (соотношении процессов их минерализации, гумификации и консервации). Так, избыточное увлажнение и развитие восстановительных процессов замедляют минерализацию и гумификацию, способствуют образованию наиболее подвижных и активных форм органического вещества (фульвокислот, различных соединений неспецифической природы) и формированию оторфованных горизонтов. Кроме того, влияние ОВ-процессов выражается в превращении минеральных веществ и прежде всего соединений элементов переменной валентности (азота, фосфора, серы, железа, марганца и др.).

Оглеение — яркая форма превращения окисных соединений железа в закисные формы при развитии восстановительных процессов. Влияние ОВ-процессов заключается также в усилении или ослаблении миграции отдельных элементов. Так, восстановительные процессы повышают миграционную способность марганца, железа и многих других элементов, в том числе тяжелых металлов.

Возникновение на пути миграции элементов в восстановленной форме окислительной среды (окислительные барьеры) приводит к их осаждению

(аккумуляции).

Таким образом, с развитием окислительно-восстановительных процессов тесно связаны формирование почвенного профиля (гумусовых, торфяных, оглеенных, ожелезненных и других горизонтов), а также питательного режима, образование токсичных соединений и возникновение других важных для плодородия свойств почвы.

Приведенные примеры свидетельствуют о необходимости регулирования ОВ-состояния почв, поддержания его в режиме оптимального развития окислительных процессов и недопущения возникновения продолжительного и глубокого анаэробно-восстановительного состояния (преобладание восстановительного состояния).

10.1. РЕГУЛИРОВАНИЕ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ

Все сельскохозяйственные растения (за исключением орошаемого риса) отрицательно реагируют на возникновение в почве устойчивых восстановительных процессов. Даже кратковременное их проявление (1—2 нед) отрицательно сказывается на состоянии растений и некоторых свойствах почвы (ухудшение питательного, воздушного и микробиологического режимов, появление токсичных соединений и др.). Чем активнее и продолжительнее развиваются восстановительные процессы, тем медленнее почва возвращается в свое исходное ОВ-состояние до их возникновения, тем сильнее ухудшается последующее состояние растений.

Постоянно избыточно высокие ОВ-потенциалы способствуют повышению минерализации органического вещества, в том числе гумуса, снижают подвижность некоторых элементов. Поэтому необходимо поддерживать оптимальный уровень ОВ-потенциала. Его ориентировочные параметры могут быть определены, исходя из тех значений, которые типичны для конкретных почв в условиях их нормального водно-воздушного режима.

Регулирование ОВ-состояния почвы включает агротехнические и агро-мелиоративные приемы, направленные на создание оптимальных условий аэрации, водного и микробиологического режимов. К ним относятся:

1. Агротехнические приемы по борьбе с поверхностным избыточным увлажнением — создание мощного пахотного слоя, улучшение его структуры, поддержание благоприятной плотности и пористости, планировка поверхности почвы, рыхление подпахотного горизонта, отвод поверхностных вод путем устройства водоотводных борозд, кротование и др.

2. Осушительные мелиорации, направленные на радикальное улучшение водно-воздушного режима. При этом особое значение приобретает установление оптимальной нормы осушения, т. е. понижение уровня грунтовых вод до глубины, обеспечивающей достаточную аэрацию

корнеобитаемого слоя и в то же время сохраняющей возможность поддерживать его влажность на уровне, близком к НВ, не только за счет атмосферного увлажнения, но и за счет капиллярной каймы грунтовых вод. Норма осушения колеблется в зависимости от свойств почв и возделываемых культур.

На переувлажненных тяжелых минеральных почвах эффективное регулирование водно-воздушного и окислительно-восстановительного режимов достигают путем сочетания закрытого дренажа с возделыванием культур на гребнях или в сочетании с узкозагонной вспашкой.

3. Оросительные мелиорации помимо создания оптимального водного режима способствуют ослаблению в почве избыточно интенсивных окислительных процессов, а это сопровождается некоторым (в допустимых пределах) понижением величин Eh.

4. Все приемы регулирования органического вещества касаются и ОВ-состояния почвы, поскольку органическое вещество оказывает значительное влияние на развитие ОВ-процессов. При возделывании культуры затопляемого риса для нормализации восстановительных процессов широко используют мобильные формы органического вещества (навоз, рыбные удобрения, заправка сидератов).

11. ОБЩИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ГЕОГРАФИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЧВ

Происхождение почв связано с завоеванием организмами суши.

I стадия – начинается с поселения на поверхности бесплодных горных пород низших организмов, среди которых наиболее распространены бактерии, водоросли, грибы, лишайники, создающие условия для более сложных группировок организмов. На первой стадии питательные элементы уже концентрируются в поверхностных слоях породы, т.е. возникает плодородие, однако в связи с низкой продуктивностью растительных сообществ биологический круговорот веществ малоинтенсивен.

II стадия – начинается с появлением высших растений, когда интенсифицируется биологический круговорот веществ. В результате высокой продуктивности растений в поверхностном слое накапливается все больше питательных элементов. В зоне распространения корней растений и деятельности микроорганизмов формируются генетические горизонты с различными морфологическими признаками, химическим составом, специфическими веществами. К концу второй стадии, продолжающейся несколько сотен и даже тысяч лет, начинают стабилизироваться некоторые свойства и признаки почв (мощность отдельных горизонтов, запасы питательных веществ, гумуса, и т.д.).

III стадия – при относительно неизменных экологических условиях почвы уже характеризуются устойчивым биологическим круговоротом веществ, стабильными в течении длительного времени составом и свойствами, т.е. они достигают фазы зрелости.

Развитие почв – постепенное образование из почвообразующих пород зрелых (полностью сформированных) почв, достигающих динамического равновесия с комплексом факторов почвообразования. При изменении экологических условий начинается эволюционная фаза.

Эволюция почв – переход сформировавшихся почв в новые типы или подтипы в результате эволюции природной среды. Вследствие развития и эволюции в почвах наблюдаются остаточные (унаследованные от материнских пород), рецентные (приобретенные в процессе развития в неизменной экологической среде) и реликтовые свойства.

Географическое распространение почв на земной поверхности подчиняется определенным закономерностям. Основные законы горизонтальной и вертикальной почвенной зональности были сформулированы В.В. Докучаевым в 1899г.

Закон горизонтальной зональности. Основные типы почв распространены на равнинах по континентам закономерно в виде горизонтальных (широтных) зон (полос), последовательно сменяющих одна другую при изменении широты местности в зависимости от изменения всех важнейших природных факторов почвообразования от экватора к полюсам. В основе зональности лежит неравномерное поступление солнечной энергии на разных широтах. С широтным распределением тепла связаны распределение влаги, циркуляционное выпадение осадков, развитие определенных видов растительности и почв.

Широтная (горизонтальная) зональность проявляется, прежде всего, в наличии на земной поверхности почвенно-биоклиматических поясов, обусловленных преимущественно термическими особенностями климата. В Северном полушарии Земли выделяют следующие пояса: полярный, бореальный, суббореальный, субтропический и тропический. Они представляют собой совокупности почвенных зон и вертикальных почвенных структур по сходству радиационных и термических условий. В их пределах выделяют почвенно-биоклиматические области, т.е. совокупности, объединенные не только по радиационным, термическим условиям, но и по увлажнению, степени континентальности климата.

Закон широтной зональности проявляется и в обособлении внутри поясов на внутриконтинентальных равнинах почвенных зон – территорий с преобладанием одного основного типа почв, сопряженных с определенной растительностью. Зональные почвы формируются под зональными растительными сообществами на равнинных водораздельных возвышенных территориях, где на почвообразование не влияют грунтовые воды, а также исключаются застаивание поверхностных вод и приток их со стороны.

В пределах полярного пояса выделены две зоны – арктическая (арктические пустынные почвы) и субарктическая (тундровые глеевые, тундровые иллювиально-гумусовые). Далее следуют зоны: таежно-лесная (подзолистые и дерново-подзолистые почвы), широколиственных лесов (бурые лесные почвы), лесостепная (серые лесные почвы, черноземы),

степная (черноземы со своеобразными подтипами для степи), сухостепная (каштановые почвы), полупустынная (бурые полупустынные почвы). Проявление закона горизонтальной зональности усложняется из-за местностей рельефа, различий в темпах биологического круговорота элементов в системе почва – растение.

Интразональные почвы – почвы, не типичные для данной зоны, а встречающиеся во многих зонах (болотные, пойменные, солонцовые, на карбоновых породах). К азональным почвам относятся молодые, формирующиеся почвы, не успевшие приобрести зональных особенностей (на свежем аллювии, элювии плотных пород, примитивные щебнистые, молодые рыхлые почвы на песках и т.д.)

Закон фаціальности почв. Провинциальные особенности климата определяют осложнение горизонтальной зональности и способствуют возникновению специфических местных явлений, вплоть до образования своеобразных типов почв с определенными закономерностями их географического распределения. Этот закон проявляется в обособлении внутри почвенных зон почвенных провинций в связи с биоклиматическими различиями по фаціальности.

Закон вертикальной почвенной зональности (поясности). В горных системах основные типы почв распространены в виде высотных поясов, последовательно сменяющих друг друга с нарастанием абсолютной высоты от подножия гор к вершинам в связи с изменением природных условий. Расположение почвенных типов или структур этой зональности определяется положением горной страны в системе горизонтальных почвенных зон, положением ее по отношению к преобладающему движению воздушных масс, наличием температурных инверсий (стекание масс холодного воздуха по склонам в определенные сезоны и застаивание его в депрессиях). Первые два фактора определяют общий порядок смены и число зон в горах данной почвенно-биоклиматической области (аналогично широтной зональности при движении с юга к северу).

12. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ

Классификация (систематика) почв – объединение почв в группы по генезису, строению, важнейшим свойствам и плодородию. Она включает установление принципов классификации, разработку системы таксономических единиц, номенклатуру и диагностику почв.

Таксономическая единица (таксон) – почвенная единица, которая определяет последовательность учета генетических характеристик и точность установления места почвы в системе классификации.

В России действует классификация почв, разработанная учеными Почвенного института им. В.В. Докучаева и обобщенная в руководстве «Классификация и диагностика почв в СССР» (1977), в котором дана диагностика около 180 типов почв. Это генетическая классификация почв,

отражающая морфологические, экологические и эволюционные их особенности. Она построена на логически обоснованной системе таксономических единиц. Все типы почв сгруппированы по зонально-экологическим группам, каждая из которых характеризуется типом растительности, суммой температур почвы на глубине 20 см от поверхности, длительностью замерзания почвы, коэффициентом увлажнения.

Основная таксономическая единица классификации – генетический почвенный тип. В один тип объединяются почвы, развивающиеся в однотипных природных условиях и характеризующиеся ярким проявлением основного почвообразовательного процесса, т.е. однотипностью поступления и трансформации органического вещества, минеральной массы, характером миграции и аккумуляции вещества и почвенных режимов в целом, сходством строения почвенного профиля. Примеры типов почв: подзолистые, бурые лесные, серые лесные, черноземы, каштановые, бурые полупустынные, красноземы, желтоземы, солончаки, солонцы, солоди.

Генетические типы почв подразделяются на подтипы, роды, виды, разновидности и разряды. Подтипы – группы почв, в которых из-за смены провинциальных природных условий общие признаки почвенного типа дополняются особыми чертами в их профиле. Появление подтипов обусловлено наложением дополнительного процесса почвообразования (например, чернозем оподзоленный, глееподзолистая почва), спецификой положения в пределах почвенной зоны (чернозем южный), существенной динамикой основного признака типа (светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы). При выделении подтипов учитывают не только подзональную, но и фациальную смену природных условий.

Роды выделяют в пределах подтипа для выявления наиболее важных местных условий, связанных со свойствами почвообразующих пород, составом и глубиной залегания грунтовых вод, наличием реликтовых признаков, антропогенных характеристик почвообразования.

В пределах рода различают виды почв как определенные группы почв, различающиеся по степени развития основного почвообразовательного процесса, проявляющегося в мощности горизонтов, интенсивности накопления гумуса, карбонатов, легкорастворимых солей, (мало-, средне- и многогумусные черноземы; слабо-, средне- и сильноподзолистые почвы и т.д.). Виды выделяют и по степени эродированности, окультуренности и другим признакам.

В пределах вида выделяют разновидности почв, отражающие различия их по гранулометрическому составу верхних почвенных горизонтов (связнопесчаные, супесчаные, легкосуглинистые, среднесуглинистые, тяжелосуглинистые, глинистые).

Разряды почв – почвы одного вида и одного гранулометрического состава, но различные на почвообразующих породах разного происхождения и петрографического состава (на граните, известняке, аллювии, на моренных отложениях и др.).

12.1. ПОЧВЫ АРКТИЧЕСКОЙ И ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ

Крайний Север Евразии представлен Евроазиатской полярной почвенно-климатической областью, которая делится на две зоны: арктических почв Арктики и тундровых почв Субарктики.

Арктические почвы распространены на островах Северного Ледовитого океана (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля) и на северо-восточной части полуострова Таймыр. Южная граница проходит примерно по 75...77° с.ш.

Тундровые почвы расположены к югу от арктических, простираются от Берингова пролива до северо-западной окраины Кольского полуострова. Они расположены на островах от Чукотского полуострова до Северного моря (острова Врангеля, Новосибирские, Медвежьи, Белый, Новая Земля, Вайгач, Колгуев и т.д.), на побережье материка по южной границе от 72° с.ш. в Восточной Сибири до 66..68° с.ш. (бассейны рек Колымы и Чукотки).

Арктическая зона.

Арктика — от греческого слова *arktikos* — северный, которым древние греки обозначали расположенное в северной стороне неба созвездие Большой Медведицы.

Климат. Среднегодовая температура воздуха составляет -10..-16°C; в январе -25..-36°C, в июле 0,7..1,6°C. Период с температурой выше нуля длится менее двух месяцев (июль, август), но и в это время температура может снижаться до -4°C. Безморозный период длится 12..15 дней. Абсолютный минимум достигает -60°C. Осадки выпадают преимущественно в твердом виде (100..250 мм). Фактически это арктическая пустыня.

Рельеф. Основные типы рельефа – плато с останцовыми возвышенностями, расчлененные троговыми долинами, а также высокие и низменные равнины или низменности. Большую роль в формировании рельефа играли абразия, экзарация, ледниковая и водно-ледниковая эрозия и аккумуляция. На поверхности развиты котловины, цирки, кары, кольца, холмисто-моренные образования, увалы, террасы, береговые валы, каменные россыпи.

Растительность. В арктической зоне растительность крайне разреженная, часто носит очаговый характер. Преобладают поверхности, покрытые корочкой водорослей, и выходы изверженных или осадочно-метаморфических пород. Встречаются накипные и другие лишайники, мхи, арктоальпийские кустарники (дриада, камнеломки, кассиопея), некоторые злаки (щучки, мятлики) в виде куртин или отдельных растений по крупным трещинам, каменным бордюрам вокруг многоугольников.

Почвообразующие породы. Это глубокообломочный элювий и делювий массивных кристаллических и плотных осадочных пород, известняков, доломитов, базальтов, долеритов, а также моренные, морские, аллювиальные, озерные щебнисто-каменные отложения различного гранулометрического состава.

Почвы Арктики. На генезис почв влияет вечная и многолетняя мерзлота, оттаивающая лишь в короткий летний период (1,5...2 мес) до глубины 30..50 см, причем температура деятельного слоя и в это время близка к нулю. Почвы формируются лишь на участках с мелкоземом, в основном фрагментарно и комплексно в связи с комплексностью растительности, развивающейся избирательно в соответствии с условиями рельефа, экспозиции, увлажнения, характера материнских пород. В арктической зоне выделяется тип – арктически-пустынные почвы, который включает два подтипа: пустынно-арктические и арктические типичные почвы.

Тундровая зона.

По своеобразию природных условий тундра разделяется на подзоны – арктическую, типичную и южную, включая лесотундру. Карельское слово «тундра» означает безлесное пространство. Она включает в России равнинные (Кольскую, Канинско-Печорскую, Северо-Сибирскую, Чукотско-Анадырскую) и горные (Урало-Новоземельскую, Таймырскую, Чукотскую) провинции.

Климат. В западных районах климат тундры формируется под влиянием океанов. Среднегодовая температура колеблется от нуля до -10°C и ниже (воркутинские тундры). На островах Северного Ледовитого океана и на азиатской части побережья климат более континентальный: среднегодовая температура $-4..-16^{\circ}\text{C}$. Лето очень короткое, прохладное, со средней температурой июля $2,8..9^{\circ}\text{C}$. Зима очень холодная, умеренно снежная, со средней температурой января – $15..35^{\circ}\text{C}$. Абсолютный минимум $-50..-58^{\circ}\text{C}$. Сумма температур выше 10°C колеблется от нуля (арктическая тундра) до $400..600^{\circ}\text{C}$ (южная тундра и лесотундра), продолжительность периода с температурой выше 5°C – соответственно от 40 до 100 дней. Количество осадков 300..500 мм в год, испаряемость всего 150..300 мм в год. Максимум осадков приходится на лето, минимум – на зиму. Вечная мерзлота распространяется почти повсеместно, мощность мерзлоты достигает 100..200 м.

Рельеф. На большей части территории рельеф в основном равнинный. Районы, примыкающие к Уралу, и на дальнем северо-востоке заняты холмами, увалами или грядами с замкнутыми термокарстовыми понижениями, обычно заболоченными или с водой (чаще озера). Холмистый рельеф характерен для Кольского полуострова, а холмисто-увалистый – для равнин Северо-Сибирской низменности. Однако наблюдается и типично горный рельеф – Хибины, Полярный Урал, Чукотский горный массив.

Почвообразующие породы. Это морские песчано-глинистые отложения, ледниковые суглинки и глины, аллювиально-озерные отложения различного гранулометрического состава с торфом.

Растительность. Арктические тундры имеют крайне разреженный растительный покров, состоящий из мхов и лишайников. В типичных и

южных тундрах растительность более разнообразна, травяной покров более сомкнут.

Для травяного покрова дернистых тундр характерны овсяница овечья, щучка альпийская, щучка извилистая, вейник лапландский. На дренированных породах легкого гранулометрического состава, по долинам рек и морским побережьям встречаются тундровые луговины с сомкнутым ковром из трав или луговинная тундра из горечавки весенней, мытника, фиалки двуцветной, незабудки, астрагала и злаков. По речным долинам и в южных тундрах встречаются низкорослые пойменные леса. Много озер ледникового и термокарстового происхождения.

Почвы тундр.

Генетический тип тундровых почв выделил В.В. Докучаев (1889), а Н.М. Сибирцев (1990) в своей классификации отметил их как зональные.

Гумусообразование на этих почвах отличается низкой интенсивностью трансформации органических остатков из-за малого поступления их с опадом, низких температур, переувлажнения, слабой биохимической активности. Органические остатки разлагаются медленно, формируются грубые органо-аккумулятивные горизонты, часто оторфованные.

Зональный тип почв на водоразделах с суглинистыми и глинистыми почвообразующими породами – тундровые глеевые почвы. Подтипы почв: аркто-тундровые глеевые, тундровые глеевые типичные, собственно тундровые глеевые, тундровые глеевые оподзоленные.

Аркто-тундровые глееватые почвы распространены на суглинисто-глинистых почвообразующих породах под злаково-осоково-разнотравно-моховой растительностью. Профиль почв состоит из следующих горизонтов: A_0 – подстилка из мхов, корней осок и других растений мощностью до 5 см; A_0A_1 – перегнойный горизонт мощностью менее 10 см, коричневато-бурого или темно-коричневого цвета с серым оттенком, с большим количеством корней, суглинистый, мокрый; B_g – темно-бурый или коричнево-бурый с бледными рыжеватыми и сизоватыми пятнами горизонт, который с глубины 20..30 см переходит в бурый горизонт В. По гранулометрическому составу почвы преимущественно суглинистые и глинистые.

Тундровые глеевые оподзоленные почвы распространены в кустарниковой тундре и лесотундре. Под слабооторфованной подстилкой A_0 мощностью 3..5 см залегает грубогумусовый, иногда оторфованный горизонт $A_1(A_T)$ мощностью до 30 см, коричнево-бурого цвета, суглинистого гранулометрического состава, с многочисленными корнями растений и ясным переходом в нижележащий горизонт $A_2(A_2B)$.

12.2. ПОЧВЫ ТАЕЖНО-ТУНДРОВОЙ ЗОНЫ

Таежно-лесная зона относится к умеренно холодному (бореальному) поясу. Она занимает огромные пространства в Евразии и Северной Америке. Эта зона пересекает территорию России с востока на запад, граничит на

севере с тундрой, на юге – с лесостепью. В таежно-лесной зоне выделяют следующие почвенно-биоклиматические области: Северо-Европейская, Восточно-Европейская, Западно-Сибирская, Среднесибирская, Восточно-Сибирская и Камчатская.

Климат. В основном климат умеренно холодный и умеренно влажный. В Северо-Европейской области климат наиболее мягкий, отсутствует мерзлота, в Восточно-Европейской области климат более континентальный, в Восточной Сибири – резко континентальный, на Камчатке – муссонный. Среднегодовая температура изменяется от 2..4°C в европейской части зоны до -6...-17°C в Восточной Сибири. Зима в Северо-Европейской области умеренно-холодная, длинная, снежная, со средней температурой наиболее холодного месяца в северной тайге до -15°C и в южной тайге до -4°C. Весна и осень, - длинные и влажные, а лето короткое, прохладное и влажное со средней температурой наиболее теплого месяца 10..17,5°C.

В Западно-Сибирской области зима длинная и умеренно снежная. Лето короткое, прохладное или умеренно теплое. Температура января -16..-24°, июля 11..18°C. в Восточной Сибири зима длинная, суровая и снежная. Температура января -25..-45°C. Лето короткое. Среднегодовая сумма температур за вегетационный период составляет в северной тайге 400..1200°C, в средней – 1200..1600, в южной -1400..2000 и в европейской части южной тайги – до 2450°C.

Рельеф. Его можно разделить на равнинный, плоскогорный и горный. Восточная граница расположения равнин – река Енисей. В Северо-Европейской области (Карелия) широко распространены холмисто-волнистые моренные равнины (Западно-Карельская возвышенность и др.), пониженные слабохолмистые равнины, камовые и озовые формы.

Восточно-Европейская область расположена в пределах Восточно-Европейской равнины, где встречаются на общем равнинном фоне возвышенности и пониженные пространства. На севере простирается плоская приморская равнина с абсолютными высотами 80..100м, продолжающаяся в виде низменностей по рекам – преимущественно пологоувалистых равнин. Наиболее крупные из них Валдайская возвышенность, Клиско-Дмитровская гряда, Смоленско-Московская возвышенность, они сильно расчленены речными и овражно-балочными системами. Из крупных низменностей (абсолютной отметки 100..150 м) особо следует отметить Мещерскую низину, представляющую собой слабоволнистые или плоские равнины с заболоченными участками, озерами.

Почвообразующие породы. В Северо-Европейской области преобладают завалуненные моренные, водно-ледниковые, озерно-ледниковые песчанно-супесчаные и суглинистые наносы, реже двучленные отложения (пески и супеси, подстилаемые суглинками и глинами), элювий кристаллических горных пород, главным образом гранитов, гнейсов. В Восточно-Европейской области доминирует моренные и водно-ледниковые, двучленные отложения, а в южной тайге – также покровные суглинки и

глины, редко лёссовидные суглинки, элювий и делювий коренных пород, ленточные глины. К древним речным террасам приурочены древнеаллювиальные, главным образом песчаные и супесчаные, отложения, а к поймам рек – современный аллювий.

Растительность. Зональный тип растительности – лесной, а интразональные типы – пойменный и болотный. Широко распространена и луговая растительность, преимущественно вторичная. В европейских таежных (хвойно-лесных) областях главные лесообразующие темнохвойные породы – ель европейская и ель сибирская, а в Приуральяе появляется пихта сибирская. Из мелколиственных пород произрастают береза повислая и пушистая, ольха серая и черная, а из широколиственных (главным образом в южной тайге) – дуб, клен, вяз, ясень, липа.

В северной тайге распространены изреженные (редкостойкие) еловые леса с примесью березы пушистой, с моховым напочвенным покровом. Из кустарничков и кустарников встречаются багульник, голубика, вороника. Среди еловых лесов преобладают долгомошные и сфагновые типы. Вырубки заболачиваются. Ельники зеленомошной группы приурочены к самым дренируемым и прогреваемым местообитаниям (склоны гряд, коренные берега рек). После пожаров, вырубок чаще формируются березовые леса. В средней тайге распространены темнохвойные еловые леса, обычно в меньшей степени заболоченные. На пеках много сосняков. В еловых лесах подлесок отсутствует или представлен в слабой степени ивой, рябиной, крушиной, черемухой, можжевельником. Моховой покров сплошной.

Почвы зоны.

Почвы объединяют в связи с основными почвообразовательными процессами (подзолистым, дерновым и болотным) в типы: подзолистый, дерновый, болотный, дерново-подзолистый, болотно-подзолистый; выделяют также особую группу мерзлотно-таежных почв.

12.3. ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Наименование этих почв происходит от русского слова «подзол», т.е. белесый, напоминающий цвет печной золы.

Подзолообразование – абиотический процесс, протекающий в хвойных таежных лесах с бедной травянистой растительностью или без нее в условиях промывного водного режима и кислой среды. Сущность подзолистого процесса – разрушение в верхней части профиля почвы первичных и вторичных минералов, вынос продуктов разрушения, кроме кремнезема, в нижележащие горизонты и грунтовые воды. Отмирающие части таежной растительности, бедные питательными веществами и основаниями, разлагаются под влиянием грибной микрофлоры с образованием различных водорастворимых органических соединений, главным образом фульвокислот и низкомолекулярных кислот.

Подзолистые почвы распространены в северной и средней подзонах таежно-лесной зоны. Они развиваются в условиях преобладания осадков над испарением на хорошо дренированных, преимущественно низменных территориях и возвышенностях под хвойными лесами с моховым, кустарничково-моховым покровом на различных отложениях, в основном моренных и флювиогляциальных, различного гранулометрического состава. Они подразделяются на два типа: глееподзолистые и подзолистые.

Подзолистые почвы формируются в средней тайге под хвойными лесами с моховым и мохово-кустарничковым покровом на различных породах. В типичном случае они имеют следующее морфологическое строение: A_0 – лесная подстилка мощностью 2..10 см, состоящая из древесного опада, остатков мхов, слабо разложившаяся, оторфованная и пронизанная гифами грибов; A_0A_1 – грубогумусовый слой (1..3 см); A_2 – подзолистый (элювиальный) горизонт мощностью 1..25 см, белесой, светло-серой или палевой окраски, пластинчато-листоватой, плитчатой или чешуйчатой структуры; языки и карманы проникают в горизонт В на глубину 1 м и более.

Мощность почв достигает 120..150 см. профиль почв дифференцирован по количеству илистых частиц – меньше всего их в горизонте A_2 и больше всего в горизонте В.

12.4. ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Сформированы в южной тайге под хвойно-широколиственными, хвойно-мелколиственными, сосново-лиственными мохово-травянистыми и травянистыми лесами на почвообразующих породах различного гранулометрического состава.

В данном типе выделяют подтипы: дерново-подзолистые и дерново-подзолистые глееватые почвы. Дерново-подзолистые почвы имеют следующее строение: A_0 – лесная подстилка мощностью 3..7 см из растительных остатков различной степени разложения, бурой или коричневато-бурой окраски; A_0A_1 – переходный органико-минеральный горизонт мощностью 1..2 см, серовато-коричневый; A_1 – гумусово-элювиальный горизонт (3..20 см и более), в основном от светло-серой до серой, плохо выраженной мелкокомковатой или порошистой структуры; горизонт рыхлый, содержит много корней растений; переход отчетливый; A_1A_2 – переходный элювиально-аккумулятивный горизонт (5..10 см), белесовато-светло-серый или серый, порошистый, содержит корни растений; переход ясный или резкий.

Мощность и свойства дерново-подзолистых почв варьируют в значительных пределах в зависимости от фациальных особенностей климата, гранулометрического, минералогического и химического составов, почвообразующих пород. Наибольшую мощность (более 250 см) имеют дерново-подзолистые суглинистые почвы океанической фации центральной

части Европы, а наименьшую (до 100.130 см) – почвы Зауралья, Восточной Сибири.

12.5. СЕРЫЕ ЛЕСНЫЕ ПОЧВЫ ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ

Эти почвы распространены в северной части лесостепи под широколиственными лесами или мелколиственными с примесью хвойных пород (в Сибири) в виде прерывистой полосы от предгорий Карпат до Забайкалья в Восточной Сибири. В пределах этой полосы рассмотрим только Восточно-Европейскую почвенно-биоклиматическую область.

Среди почв лесостепной зоны наиболее интенсивно используются в аграрном производстве серые лесные неоподзоленные почвы; занятая ими общая площадь сельскохозяйственных угодий равняется 354,89 тыс. га, пашни - 202,72 тыс. га. Это соответственно составляет 88,2 и 85,2% от всего количества данных угодий в лесостепной зоне.

Климат. В Восточно-Европейской области климат в целом субконтинентальный умеренный. Среднегодовая температура воздуха составляет от 7 до 2,5°C в европейской части. Зима в Восточно-Европейской области умеренно холодная со средней температурой января от -8..-13°C (Средне-Русская провинция) до 16°C (на Верхнекамской возвышенности), а лето характеризуется умеренно высокими температурами (средняя температура июля 18,5..20°C). Безморозный период длится от 170..200 дней на западе до 115..130 дней на востоке области. Осадков выпадает 500..550 мм на территории Средне-Русской провинции и 350..400 мм в Предуралье. Основное количество осадков выпадает в теплый период. Испаряемость 500..550 мм в год. Коэффициент увлажнения 1,0..1,2.

Рельеф и почвообразующие породы. В европейской части лесостепь находится главным образом в пределах Уфимского плато, средней части Среднерусской и Приволжской возвышенностей. Рельеф волнистый, пологоувалистый или увалисто-холмистый, сильно расчлененный овражно-балочной и речной сетью. Почвообразующими породами служат покровные и лёссовидные суглинки и глины, лёссы, моренные, реже делювиальные, флювиогляциальные и аллювиальные отложения, элювий коренных пород.

Растительность. До освоения человеком в Восточно-Европейской области были распространены луговые степи, остепненные луга в сочетании с широколиственными лесами. Большая часть территории лесостепи распахана, в нетронутым виде сохранились лишь отдельные крупные массивы, приуроченные к возвышенным участкам водоразделов и хорошо дренированным балкам, а также к поймам и склонам балок. Эти участки покрыты травянистыми лесами: западнее Днепра – буковыми, буково – грабовыми и дубово-грабовыми, от Днепра до Волги в центральной полосе – липово-дубовыми с примесью ясеня, клена, вяза, от Волги до Урала – дубовыми, липовыми, дубово-липовыми. За Волгой заметны березы, часто с примесью пихты и сосны. В травяном покрове липово-дубовых и дубовых лесов наиболее характерны сныть, осока волосистая, медуница

лекарственная, фиалка удивительная, мятник лесной, душица и др. по опушкам и на полянах разрастаются кустарники (терн, степная вишня, бобовник и др.).

Генезис, классификация, состав и свойства почв.

Серые лесные почвы по своим свойствам занимают переходное положение от дерново-подзолистых к черноземам. Впервые они были описаны В.В. Докучаевым под названием «типичных лесных земель». Он выделил их в самостоятельный тип, сформировавшийся в результате своеобразного процесса почвообразования под травянистыми широколиственными лесами в условиях лесостепи. В таких лесах подзолистый процесс протекает в весьма слабой степени, а дерновый развивается в лучших условиях, чем в таежно-лесной зоне, что связано с более благоприятными климатическими условиями, своеобразием биологического круговорота веществ и водного режима.

В почвы и на их поверхности ежегодно поступает опад лесной и травянистой растительности (его масса составляет 7..11 т/га, а иногда и больше), богатый азотом (50..90 кг/га) и основаниями, особенно кальцием (70..100 кг/га). На фоне ослабленного промывного режима при слабом сезонном анаэробии или его отсутствии, при более благоприятном тепловом режиме органическая масса разлагается быстрее, чем в таежно-лесной зоне. Однако опад полностью не разрушается, а также накапливается в виде лесной подстилки. Выделяют три подзональных подтипа серых лесных почв: светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы.

Почвы разделяются по глубине вскипания: высоковскипающие (выше 1 м) и глубоковскипающие (глубже 1 м), а также по мощности гумусового горизонта ($A_1+A_1A_2$): мощные (более 40 см), среднемошчные (40..20 см), маломощные (менее 20 см).

Среди серых лесных почв, используемых в земледелии, выделяются подтипы: светло-серые лесные освоенные ($A_{\text{пах}}=20..25$ см, гумуса 1,5%); светло-серые лесные окультуренные ($A_{\text{пах}}>20$ см, гумуса 4..5%); серые лесные освоенные ($A_{\text{пах}}>20..25$ см, гумуса 2..3,5%); темно-серые лесные освоенные (гумуса 3..4%).

Светло-серые лесные почвы среди почв данного типа отличаются наибольшей оподзоленностью и наименьшей мощностью гумусового горизонта. Их почвенный профиль включает следующие горизонты: $A_0(A_d)$ – в целинных почвах лесная подстилка или дернина темно-бурого цвета; A_1 – гумусово-элювиальный горизонт (15..20 см и меньше) – обычно светло-серый, ореховатой с пластинчатостью или комковато-ореховато-плотинчатой структурой, с кремнеземистой присыпкой, густо пронизан корнями; на пахотных почвах горизонт $A_{\text{пах}}$ бесструктурный и распыленный, переход постепенный; A_1A_2 – переходный гумусово-элювиальный горизонт серовато-белесоватого цвета, пластинчатый или плитчато-ореховатый, с кремнеземистой присыпкой, постепенно переходит в горизонт A_2B ; A_2B – переходный элювиально-иллювиальный горизонт серовато-бурого цвета.

Серые лесные почвы отличаются от светло-серых почв ослаблением подзолистого и большим развитием дернового процесса. В целинных почвах лесная подстилка A_0 маломощная (до 2 см), гумусово-элювиальный горизонт A_1 более мощный (до 25..35 см), серый, комковато-ореховый или комковато-пылеватый, густо пронизан корнями, рыхлый. Переход в следующий горизонт A_1A_2 (10..15 см) постепенный.

Темно-серые лесные почвы в отличие от светло-серых и серых лесных не всегда имеют в профиле горизонты A_0 и A_1A_2 , а в горизонте, переходном от гумусового к иллювиальному, доминируют признаки гумусового. По свойствам почвы близки к черноземам оподзоленным. Для них характерен довольно мощный горизонт A_1 (до 30..40, а иногда и до 45..55 см) темно-серого цвета, в основном комковатый, реже ореховато-комковатый, с массой корней.

Гранулометрический состав серых лесных почв варьируется от легкосуглинистого до глинистого. Верхние горизонты легче нижних, особенно они обеднены илом. С глубиной содержание ила возрастает в горизонте В.

Реакция почв кислая и слабокислая. Светло-серые лесные почвы имеют преимущественно сильнокислую и кислую реакцию по всему профилю с насыщенностью основаниями в верхних горизонтах. Серые и темно-серые почвы характеризуются кислой и слабокислой реакцией.

По условиям режима питания, физическим и физико-химическим свойствам лучшими почвами считаются темно-серые почвы, худшими – светло-серые лесные, обедненные подвижными формами азота и фосфора. Земледельческая освоенность почв высокая – до 70%, причем в структуре земельных угодий преобладает пашня. В северной европейской части лесостепи освоено 47..66% земель; основное направление сельского хозяйства – свекловично-зерновое и зерновое. Здесь выращивают озимую пшеницу, кукурузу, подсолнечник, хмель, картофель, лен, бахчевые, сахарную свеклу. Широко развито садоводство.

В связи с развитием водной эрозии в этих районах, а также и во всей европейской части распространения серых лесных почв необходимо проводить противоэрозионные мероприятия (обработка почв поперек склонов, бороздование, щелевание, устройство земляных гребней и др.).

12.6. ЧЕРНОЗЕМНЫЕ ПОЧВЫ ЛЕСОСТЕПНОЙ И СТЕПНОЙ ЗОН

Эти почвы относятся к суббореальному поясу, занимают значительные территории в Евразии и Северной Америке. В России они распространены в Поволжье, Предкавказье, Центрально-Черноземных областях, южной части Западной Сибири, в межгорных котловинах Восточной Сибири.

Северная граница черноземных почв в европейской части России пролегает около Орла, Тулы, южнее Нижнего Новгорода и Казани. Южная граница проходит у берегов Азовского моря до Дона, далее следует вдоль

Кавказского хребта, около Грозного принимает северное направление, пересекает Волгу.

Южная граница лесостепной зоны проходит через Курскую область, около Воронежа, Тамбова, поднимаясь к Уфе, прерывается в районе Уральских гор и вновь возобновляется в Сибири. Господствующие почвы - черноземы. Обширность территории с севера на юг, а особенно с запада на восток обуславливает неоднородность ее природных условий. Наиболее существенные изменения климата наблюдаются при движении с запада на восток и выражаются в постепенном уменьшении тепла, нарастании сухости и континентальности климата. Продолжительность периода со среднесуточной температурой выше 5° на западе зоны - около 300 дней, к Сибири снижается до 180. Количество осадков - от 550 до 350 мм в год. Значительная часть их выпадает в летний период (в западной части зоны до 30-40 %, а в восточной - до 50-60 %). Летние осадки отличаются неравномерностью и нередко имеют ливневый характер, поэтому часть их не успевает впитаться в почву и стекает по поверхности. Высокие летние температуры способствуют сильной испаряемости влаги с одной стороны и высокой интенсивности транспирации растениями с другой. Часто у растений наблюдается дефицит влаги. Гидротермический коэффициент в лесостепи близкий к 1, а в степи обычно ниже 1, что свидетельствует о недостатке влаги во время вегетационного периода.

Для большинства районов Воронежской, Ростовской, Волгоградской, Саратовской и Тамбовской областей характерны частые засухи. В зоне распространения степных черноземов и особенно каштановых почв важно повысить устойчивость растений к недостатку влаги.

Сами же черноземы характеризуются глубоким гумусовым горизонтом, постепенно переходящим в материнскую породу. Пахотный слой отличается рыхлостью и относительно хорошей оструктуренностью, водо- и воздухопроницаемостью. Высокое содержание гумуса (более 5 %) определяет значительное эффективное и потенциальное плодородие почв.

Климат. Географическое положение Среднерусского Черноземья между 50 и 54° с.ш. обеспечивает получение значительной суммы солнечной радиации, равной 99 ккал на 1см^2 горизонтальной поверхности (г. Воронеж). Существенное влияние на состояние местного баланса тепла и влаги оказывает атмосферная циркуляция, которая активно участвует в сезонном перераспределении тепла и влаги. В течение теплого времени года доминирует режим солнечной антициклональной сухой погоды. Он формируется в массах континентально-умеренного воздуха. Такой воздух господствует в течение всего года.

Воздушные морские массы атлантического происхождения и арктический воздух с северо-запада и севера приходят на территорию Среднерусского Черноземья в измененном виде. Летом сюда надвигаются воздушные массы континентально-тропического происхождения из Казахстана и Средней Азии.

Значительное протяжение Среднерусского Черноземья с запада на восток обуславливает некоторую разницу в повторяемости воздушных масс в западной и восточной половинах территории. На западе воздушные морские массы наблюдаются в 1,5—2 раза чаще, чем на востоке (особенно зимой, что вызывает оттепели). Поэтому климатические контрасты между востоком и западом зимой очень заметны.

Зимой температура меняется с юго-запада на северо-восток. В январе в Курской области средняя температура составляет -7°C , в Тамбовской области (самой холодной из-за накопления холодных масс воздуха в Окско-Донской низменной равнине) равна $-10...-12^{\circ}\text{C}$.

Летом температура в основном изменяется с севера на юг. В июле на севере она составляет $18-19^{\circ}\text{C}$, к югу повышается до $20-22^{\circ}\text{C}$. Район Среднерусской возвышенности имеет несколько пониженные температуры по сравнению с Окско-Донской низменностью.

Атмосферные осадки. Количество осадков убывает в направлении с северо-запада на восток и юго-восток от 650 до 450 мм в год. Годовая сумма осадков 500—550 мм отмечается на большей части Среднерусской возвышенности, в западной и центральной частях Окско-Донской низменности. Около 450—500 мм выпадает на востоке и юго-востоке территории. Только в долине р. Хопра и его притоков годовое количество осадков меньше 450 мм и местами достигает 400 мм. Величина испаряемости с открытой водной поверхности увеличивается в юго-восточном направлении от 600 мм на северо-западе территории до 800 мм на юго-востоке. Отношение годовой суммы осадков к величине испаряемости изменяется от близкой к нейтральной на северо-западе до мало благоприятной на юго-востоке.

Влагообеспеченность. Осадки и температурный режим периода активной вегетации создают условия влагообеспеченности сельскохозяйственных культур, которые оцениваются гидротермическим коэффициентом (ГТК). ГТК территории Белгородской и Воронежской областей изменяется от 0,9 до 1,1 и они относятся к незначительно засушливой зоне.

Изменение климатических условий на территории Среднерусского Черноземья лежит в основе широтной зональности почв. Выделенным климатическим зонам и подзонам соответствуют определенные почвенные подзоны. Подзоне северного лесостепья соответствуют, серые лесные почвы, черноземы оподзоленные и выщелоченные, подзоне южного лесостепья - серые лесостепные почвы и черноземы типичные (показатель увлажнения около 1,0); подзоне крупно дерновинных ковыльных степей с показателем увлажнения близким 0,9-0,7- черноземы обыкновенные и подзоне мелко дерновинных ковыльных степей с показателем увлажнения меньше 0,7 — южные черноземы.

Рельеф. В тесной зависимости от геологического строения и геологической истории находится рельеф местности, который на территории Воронежской области крайне неоднороден.

Правобережье Дона, расположенное на восточных отрогах Средне-Русской возвышенности (а также на Калачской возвышенности) представляет собой приподнятую, сильно изрезанную реками, балками и оврагами возвышенность. Левобережная часть области, занимающая пространства в пределах Окско-Донской низменности к востоку от рек Дон и Воронеж и к северу от Калачской возвышенности, представляет низменную плоскую слабо эродированную равнину, разделяющую Средне-Русскую и Приволжскую возвышенности. Наивысшая абсолютная высота местности наблюдается в окрестностях г. Нижнедевица, где она достигает 260 м над уровнем моря. Наиболее низкая абсолютная высота местности наблюдается на крайнем юго-востоке, где р. Дон пересекает границу Воронежской и Ростовской областей.

Почвообразующие породы. В пределах черноземных областей России почвы сформировались на разных по генезису и свойствам материнских породах, обладающих пестрым литологическим и гранулометрическим составом. Девонские, каменноугольные, меловые и юрские отложения в качестве почвообразующих пород встречаются чрезвычайно редко.

Несколько чаще в степной и лесостепной частях рассматриваемого региона в качестве почвообразующих пород выступают неогеновые глины. Для них характерны зеленовато-оливковый цвет, значительная карбонатность, призмовидная структура. Во влажном состоянии они становятся липкими, вязкими. Неогеновые глины содержат 60—80% физической глины и 45—55% ила.

Лессовидные тяжелые суглинки. В центральной и южной частях Среднерусской возвышенности, не покрывавшихся днепровским ледником, почвообразующими породами служат лессовидные суглинки элювиально-делювиального происхождения. Мощность их колеблется от 2—5 м на водоразделах до 10-15 м на склонах речных долин и балок.

Покровные лессовидные глины. На территориях покрывавшихся днепровским ледником, почвы сформировались преимущественно на покровных лессовидных глинах, подстилаемых мореной днепровского оледенения, мощностью 1—10 м. Мощность покровных лессовидных глин колеблется от 3 до 15 м. В северной части рассматриваемого региона они отличаются вертикальной неоднородностью и в пределах верхней 2—3-метровой толщи этих пород отмечаются прослойки и линзы песков, тонкая горизонтально слоистость. На остальной территории покровные глины имеют однородный гранулометрический состав до глубины 4-6 м.

Растительность. В настоящее время Воронежская область по растительному покрову, определяющему направление почвообразовательного процесса, делится на две неравные части: лесостепную и степную. Растительность и флора лесных массивов (дубовых) представлены следующими видами растений.

Первый ярус их состоит из дуба с примесью ясеня, второй – из липы, клена остролистного и ильма. Часто можно видеть березняки и осинники,

которые возникли здесь как временные леса после вырубки дубов. Подлесок состоит из орешника, черемухи, лесной жимолости и других кустарников. В травяном покрове преобладает или сныть, или медуница.

Типичные (мощные) черноземы имеют широкое распространение в северной, лесостепной, части Воронежской области. Они занимают площадь, равную примерно половине территории всей области. В этой части области типичные черноземы являются зональными и преобладающими почвами. На почвенной карте они выделяются в самостоятельную подзону, вытянутую запада на восток. Неодинаковые природные условия (климат, растительность, рельеф, материнские породы), определяемые большими пространствами подзоны типичных черноземов, отложили известный отпечаток и на почвенный покров.

В пределах своей подзоны и в отдельных ее районах типичные черноземы не имеют сплошного распространения. Они занимают наиболее выровненные места (водораздельные плато, слабо выраженные склоны водоразделов), характеризующиеся тяжелым механическим составом материнских пород и травянистой растительностью. Среди господствующих здесь типичных черноземов пятнами залегают почвы других типов. Обычно отклонение условий и сочетаний факторов почвообразования от зональных вызывает развитие интразональных типов и подтипов почв. Так, на материнских породах легкого механического состава развиваются почвы более северных широт (серые лесные, дерново-подзолистые). На материнских породах тяжелого механического состава, сильно обогащенных карбонатами кальция и магния, а также солями натрия, формируются почвы более южных широт (перегнойно-карбонатные, солонцовые). Профиль чернозема типичного мощного характерен, он малогумусный, тяжелосуглинистый.

Черноземы обыкновенные. В пределах Воронежской области обыкновенные черноземы получили широкое распространение. Они занимают примерно 50% всей площади. Обыкновенные черноземы обособлены в виде самостоятельной подзоны, которая широкой полосой тянется с юго-запада на северо-восток.

Среднесуглинистые и легкосуглинистые почвы встречаются террасах рек. В среднесуглинистых черноземах преобладает песчаная фракция (36-47%), на втором месте находится иловатая (22—26%), а сумма всех пылеватых фракций составляет 31—39%. Для легкосуглинистых почв характерно дальнейшее увеличение содержания песчаных фракций, на долю которых приходится 2/3 почвенной массы. Иловатая фракция остается в числе преобладающих, но содержание составляет всего лишь 16-18%.

Черноземы обыкновенные супесчаные резко отличаются не только слабой гумусированностью, но и составом гумуса. С увеличением в них содержания песчаных фракций меняется соотношение основных групп гумусовых веществ.

12.7. ПОЧВЫ СУХИХ СТЕПЕЙ

Эта зона, начиная с низовьев Дуная, тянется узкой полосой вдоль берегов Черного и Азовского морей, охватывает значительные площади Ставропольского края, Ростовской, Астраханской, Волгоградской, Саратовской, Ульяновской областей и далее проходит по линии Актюбинск — Кустанай — Акмолинск — Павлодар — Семипалатинск. Южная граница зоны совпадает с северной границей пустынь и проходит севернее берегов Каспийского и Аральского морей.

Ковыльно-полынные и ковыльно-типчаковые сухие степи, под которыми формируются каштановые и бурые почвы, занимают 107 млн. га, или 4,8% территории страны.

Климат. Климат зоны сухой, континентальный с жарким сухим летом, холодной зимой и небольшой мощностью снегового покрова. В летний период с поверхности почвы испаряется в 2—4 раза больше влаги, чем ее выпадает. В северной части зоны, где формируются темно-каштановые почвы, выпадает 300—400 мм осадков в год, в центральной — 300—350 мм и в южной со светло-каштановыми почвами — 250—350 мм. Количество осадков с запада на восток уменьшается до 200—250 мм. Средняя годовая температура в европейской части зоны равна +3°С, а в азиатской +2—3°С. Безморозный период составляет 180—190 дней в европейской и 110—120 дней в азиатской частях зоны. Здесь часты суховеи, вызывающие пыльные бури и гибель растений.

Рельеф. Рельеф зоны преимущественно равнинный или равнинно-слабоволнистый с отчетливо выраженным микрорельефом. Встречаются западины, лиманы.

Почвообразующие породы разнообразны. В причерноморской части и Ставропольском крае — это лёссовидные суглинки. В Прикаспийской низменности распространены желто-бурые глины и суглинки, богатые солями Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , встречаются также морские пески и супеси. Приволжская возвышенность покрыта желто-бурыми лёссовидными суглинками, элювием песчаников, известняков, мергелей. Растительность зоны сравнительно бедна по составу, особенно в южной части. Среди травянистых растений преобладают ковыль, типчак, полынь, тонконог, различные эфемеры, образующие полынно-типчаковые степи. Луговая растительность проникает в зону сухих степей по долинам и поймам рек. Древесные растения в этой зоне приурочены к пониженным участкам, чаще всего к склонам и днищам балок, оврагов, поймам рек. Здесь произрастают дуб, клен татарский, осина, сосна, вяз, акация белая. Лесные насаждения развиваются на темно-каштановых и каштановых почвах. Однако леса в этой зоне имеют ограниченное распространение, преобладающим типом растительности является степная.

Растительность. В зоне сухих степей растительный покров неоднородный, комплексный. Растительность в основном низкорослая,

изреженная (проективное покрытие не превышает 50..70%). В северной части распространены типчаково-ковыльные степи (подзона темно-каштановых почв), в которых доминируют злаки (ковыли, типчак, тонконог) с примесью разнотравья. В центральной части им на смену приходят полынно-типчаковые и полынно-типчаково-полынные степи (подзона каштановых почв), а в южной – подзона светло – каштановых почв.

Классификация почв. В зоне сухих степей сильно выражена комплексность растительного и почвенного покрова в связи с наличием микрорельефа и засоленностью почвообразующих пород. Большую роль в возникновении неоднородности почвенного покрова играют слабая дренированность местности, аридность климата, жизнедеятельность роющих животных, эрозия, хозяйственная деятельность человека и др.

Тип каштановых почв впервые был введен В.В. Докучаевым (1883) в качестве зонального для сухих степей умеренного пояса. В данном типе выделяют три подтипа почв: темно-каштановые, каштановые и светло-каштановые.

Среди каштановых почв доминируют обычные, солонцеватые, карбонатные и глубоко вскипающие роды почв.

Темно-каштановые почвы расположены в северной подзоне сухих степей под ковыльно-типчаковой и типчаковой растительностью с примесью разнотравья. Они характеризуются хорошо выраженным горизонтом А темно-серого цвета с коричневым оттенком или буровато-темно-серой окраски, комковатой или пороховато- и комковато-зернистой структуры на целине и пылевато-комковатой – в пахотных почвах. Мощность горизонта А колеблется от 25..35 см в европейской части до 10..15 см в Восточной Сибири. Горизонт В₁ обычно темно-бурый, серо-бурый, уплотненный и комковатый, а горизонт В₂ неравномерно прогумусированный, плотноватый, призмовидно-комковатый. Мощность гумусового слоя: 60...70 см (европейская часть), 35..45 (60) см (Восточная Сибирь). Вскипание наблюдается на глубине 40..50 см. в материнской породе залегают легкорастворимые соли и гипс (в основном с глубины 1,5..2,0 м). в Восточной Сибири в темно-каштановых почвах выделения гипса и легкорастворимых солей отсутствуют.

Каштановые почвы распространены в средней подзоне сухих степей под полынно-типчаковой и полынно-типчаково-ковыльной растительностью. Они имеют буровато- и коричневато-серую окраску горизонта А, меньшую по сравнению с темно-каштановыми почвами мощность гумусового слоя (30..40 см), меньшую глубину вскипания (40..45 см), склонны к образованию призмовидно-крупнокомковатой структуры в подгоризонтах В₁ и В₂, сильнее уплотнены горизонты при вспахивании, более высокое залегание гипса (90..150 см) и легкорастворимых солей.

Светло-каштановые почвы формируются в южной подзоне сухих степей под полынно-злаковой и полынной растительностью. Они имеют небольшую мощность гумусового слоя. Горизонт А почв (около 15 см)

светловато-серо-коричневый, бесструктурный или чешуйчато-слоеватый непрочной структуры, рыхлый, а подгоризонт В₁ серовато-бурый, уплотненный призмовидно-комковатый. Плотный иллювиально-карбонатный горизонт залегает ближе к поверхности, чем у каштановых почв. Горизонт гипсовый и легкорастворимых солей залегает на глубине 60..120 см. Светло-каштановые почвы в основном обладают признаками солонцеватости (блестящая буровато-коричневая корочка на структурных отдельностях, большое уплотнение).

Сельскохозяйственное использование каштановых почв.

Комплексное интенсивное использование земельных ресурсов в Поволжье, строительство волжских водохранилищ, регулирование стока мелких рек, создание крупных ирригационно-мелиоративных систем привело к заметному изменению окружающей среды, местами сопровождаемому полной или частичной ликвидацией почвенного и растительного покрова, нарушением естественного гидрохимического и водного режима почв и грунтовых вод. Негативные последствия этого - деградация почв, развитие процессов переувлажнения, засоления и осолонцевания почв.

В результате сельскохозяйственного использования почв степной и сухо-степной зон происходят значительные изменения в морфологических профилях почв, их основных свойствах, направленности почвообразовательного процесса. К сожалению, чаще всего эти изменения происходят не в лучшую сторону. Как свидетельствуют данные, плодородие используемых почв в основном снижается. Снижается содержание гумуса с одновременным понижением биоэнергетического потенциала степных ландшафтов, ухудшаются агрофизические, водно-физические свойства и мелиоративное состояние почв. Особенно сильно почвы претерпевают изменения при использовании их под орошаемое земледелие. Из общей валовой площади около 10 000 тыс. га на долю сельскохозяйственных угодий в области приходится 8418,1 тыс. га, на пашню - 6324,0 тыс. га, сенокосы - 98,8 тыс. га, пастбища - 1943,5 тыс. га. Площадь орошаемых почв, составляет 364,3 тыс. га. Грунтовые воды преимущественно пресные и слабоминерализованные.

Распаханные почвы более подвержены ирригационной эрозии и дефляции. Таким образом, перед земледельцами стоит сложная задача по восстановлению плодородия почв и биоэнергетического потенциала степных ландшафтов, которую необходимо решать комплексно в условиях получения высоких урожаев сельскохозяйственных культур.

12.8. ПОЧВЫ ПОЛУПУСТЫНЬ

Полупустынная зона расположена в основном в Заволжье и в Прикаспийской низменности. Полупустыня имеет менее благоприятные почвенно-климатические условия для развития растительности. Климат здесь более засушливый, летние температуры высокие. Почвы отличаются большой сухостью и засоленностью. В таких условиях развивается скудная

попынная растительность, а злаки играют подчиненную роль. Разреженный травостой низкорослый, часто встречаются оголенные участки, покрытые налетами солей. Только ранней весной полупустыня бывает живописной. В это время цветут тюльпаны и маки. Но вскоре они отцветают. Жаркое летнее солнце иссушает почву, выжигает сочные былинки весенних растений, и основным фон полупустыни в это время создают полыни и злаки.

В условиях резкого недостатка влаги даже малейшие, неувидимые для глаз неровности поверхности создают различия в водном режиме верхних горизонтов и, следовательно, различия в почвообразовательном процессе. Растения же очень чутко реагируют на малейшие изменения среды. Этими причинами и объясняется пятнистость полупустыни. Каждой разновидности почв соответствует своя растительность. На светло-каштановых почвах растут типчак, белая полынь, ромашник. На лугово-каштановых - ковыль, типчак, на солонцах - черная полынь, прутняк, на солончаках развиваются солянки - сарзан, солерос. На всех этих растительных сообществах заметную роль в травостое играют мятлик луковичный и полынок.

На Прикаспийской низменности встречаются довольно обширные лиманы и небольшие падины. Глубина лиманов обычно не превышает 3-3,5 м. Весной лиманы заполняются талыми водами, которые застаиваются здесь длительное время и обильно увлажняют почву. Благодаря лучшему увлажнению в лиманах развивается богатая растительность (пырей, острец, луговое разнотравье). Под этой растительностью формируются плодородные дерновые лиманные почвы. Лиманы используются как сенокосные угодья, урожайность сена очень высокая (35-40 ц. с гектара).

В полупустынной зоне почвообразование идет в менее благоприятных условиях по сравнению со степями, поэтому здесь господствуют светло-каштановые почвы, солонцы и солончаки. Светло-каштановые почвы солонцеваты и поэтому обладают слабой водопроницаемостью. Мощность перегнойного слоя всего 25-30 см, так как процессы накопления здесь крайне замедлены ввиду низкой влажности и уменьшения органической массы. Из-за плохой промываемости в этих почвах скапливается большое количество солей кальция, полезных для растений. Вот почему при глубокой вспашке и хорошей влагозарядке, снегозадержании, а также при искусственном орошении светло-каштановые почвы дают хорошие урожаи сельскохозяйственных культур.

Солончаки распространены главным образом на Прикаспийской низменности и особенно в районе соленых озер. В сухое время года на их поверхности появляются солевые налеты. Образованию солончаков способствуют минерализованные грунтовые воды, которые по капиллярам поднимаются вверх, вода испаряется, а соли остаются в почве. Солончаки для земледелия малопригодны. Они могут быть использованы лишь после их рассоления поливом.

Полупустынная зона освоена под земледелие. Орошение позволяет значительно поднять урожайность сельскохозяйственных культур в этой зоне

и расширить кормовую базу. Травянистая растительность степей и полупустынь имеет большое хозяйственное значение, ее используют под сенокосы и пастбища. Такие растения, как шалфей, полынь горькая являются лекарственными: кустарники - шиповник, боярышник - витаминоносными. Эфиромасличные растения (ландыши и другие) используются в парфюмерной и пищевой промышленности.

Настоящим оазисом среди полупустыни является Волго-Ахтубинская пойма. Большое количество тепла, влаги, света, плодородные пойменные почвы создают здесь благоприятные условия для развития богатой растительности. Значительные площади заняты лесами из дуба, клена, вяза, осины, тополя, ветлы. В травяном покрове главную роль играют злаково-разнотравные луга, используемые под сенокосы и пастбища. По долинам рек в степной и полупустынной зонах развиты плодородные пойменные почвы. Они образуются на речных наносах, имеют сложное строение. Ежегодно после половодья на них отлагается ил, богатый питательными веществами. Эти почвы используются под огороды, бахчи, садово-ягодные культуры, на них развиваются прекрасные луга, дающие хорошее сено.

12.9. ПОЧВЫ ВЛАЖНЫХ СУБТРОПИКОВ

Тропическая зона занимает обширные пространства в Африке, Южной Азии, Северной Австралии, в Центральной и Южной Америке. Под саваннами и зимне-зелеными лесами формируются красно-бурые и черные почвы. Под влажными тропическими лесами и отчасти под лесами лаврового типа — красноземы, желтоземы и латеритные почвы. (Название «латеритный» происходит от латинского слова «латер» — кирпич.)

Кроме тропической зоны, латериты, красноземы и желтоземы распространены во влажных субтропических областях. В РФ красноземы и желтоземы встречаются на Черноморском побережье Кавказа, от Сочи до Батуми, и на побережье Каспийского моря в районе Талыша (Ленкорань), где выпадает много осадков и развиваются пышные субтропические леса, опутанные лианами. На красноземах и желтоземах в РФ выращивают чай, цитрусовые культуры, тутовое дерево, бамбук, эвкалипты, пальмы.

13. ОХРАНА ПОЧВ

Современные тенденции в использовании земельных ресурсов — вовлечение в распашку пастбищ, сведение лесов — вызывают ряд негативных последствий: происходит снижение кормообеспеченности животноводства, уменьшение продуцирования кислорода, увеличение концентраций CO_2 , изменение климата, усиление различных видов водной эрозии и дефляции почв, снос в реки и водоемы значительных количеств механических элементов твердой фазы почв верхних, наиболее плодородных почвенных горизонтов. Рациональное же использование земельных ресурсов должно предусматривать точный учет региональных и локальных

особенностей почвенного покрова для оздоровления окружающей среды, сохранности земель и повышения их плодородия .

Исключительная роль почвы в развитии жизни на Земле, в обеспечении человека необходимой продукцией и другими средствами существования, в выполнении ею важнейших экологических функций определяет необходимость охраны почв. Эта задача обуславливается также ограниченностью почвенных ресурсов, возобновление которых невозможно или сопряжено с большими затратами.

Основные потери продуктивности земель и их плодородия связаны с эрозией, вторичным засолением орошаемых почв, затоплением и подтоплением при создании водохранилищ, нарушениями растительности и почв в связи с разработкой ископаемых, отчуждением земель под строительство населенных пунктов, промышленных предприятий, дорог и т. д., а также в связи с загрязнением различными вредными веществами.

Снижение почвенного плодородия связано также с переуплотнением почв тяжелыми машинами и орудиями, потерей гумуса (дегумификацией) и утратой почвами структуры.

Эрозия наносит наибольший урон почвенному покрову. Предупреждение развития эрозионных процессов, причины, их вызывающие, и конкретные меры по борьбе с эрозией составляют важнейшее звено охраны почв.

Вторичное засоление приводит к снижению производительности почв (образованию вторично-солончаковатых почв) или к полному исключению из активного сельскохозяйственного использования (образование вторичных солончаков).

Загрязнение почв. Ежегодно на поверхность почв поступает огромное количество различных веществ из атмосферы (в том числе вредных продуктов промышленных выбросов), при внесении пестицидов и балластных веществ с удобрениями. Почвенный покров является приемником большинства химических веществ, вовлекаемых в биосферу. Благодаря своим свойствам почва также — главный аккумулятор, сорбент и разрушитель токсикантов. В этом проявляется, как указывалось ранее, одна из важных экологических функций почвы. Вместе с тем загрязнение почвенной среды нарушает и ослабляет экологические функции почвы. Поэтому возникают проблема загрязнения почв и необходимость его предотвращения и ликвидации последствий.

Различают следующие виды техногенного загрязнения почв: минеральные техногенные выбросы, поступление токсичных органических и металлоорганических соединений, поступление радиоактивных веществ.

Минеральные техногенные выбросы преимущественно возникают в результате сжигания топлива и аэрозольных отходов промышленности. В их составе наиболее вредны Cr, As, Ni, S, Pb, Mn, Cd, Hg, Ta. Отрицательные последствия техногенного загрязнения связаны с ухудшением свойств почв (сильное подкисление или подщелачивание, нарушение биологического

режима), с поступлением токсичных элементов в растения, а затем в организм животных и человека. Из тяжелых металлов наиболее опасны ртуть, свинец и кадмий. Попадание в организм человека с продуктами питания токсичных элементов вызывает тяжелые заболевания.

Загрязнение почвы органическими и металлоорганическими соединениями связано помимо техногенных выбросов также с применением пестицидов. Многие из них длительно сохраняются в почве, не теряя токсичности (от нескольких месяцев до десятков лет), и почва становится источником загрязнения растительных и животных продуктов, атмосферы и природных вод.

Загрязнение почвы радиоактивными веществами обусловлено главным образом испытаниями атомного и ядерного оружия. Локальные радиоактивные загрязнения могут возникнуть при авариях на атомных станциях. Путем подбора культур, применения минеральных удобрений, запахивания верхнего слоя на глубину 40—50 см и других агротехнических приемов можно устранить неблагоприятные последствия поступления в почву радиоактивных продуктов.

К основным приемам профилактических мероприятий по предотвращению загрязнения почв и активным приемам устранения неблагоприятных последствий этого явления относятся:

строгое выполнение всеми предприятиями положений об охране природы, обязывающих руководителей предприятий, электростанций и т. д. не допускать техногенного загрязнения окружающей среды;

организация службы слежения и контроля (почвенного мониторинга) за поступлением и содержанием в почвах всех вредных веществ, вызывающих загрязнение. При помощи почвенного мониторинга также следят за изменением важнейших показателей состава и свойств почв, определяющих уровень их плодородия (гумусовое состояние, щелочно-кислотные свойства и т. д.);

сокращение применения наиболее опасных токсикантов и применение малоопасных пестицидов, исключаящих загрязнение почвенной среды;

прогнозирование возможностей загрязнения почв на основе учета свойств почв, местного климата, рельефа и других условий детоксикации, поглощения и миграции вредных веществ.

Рекультивация земель. В результате промышленных разработок полезных ископаемых, строительства дорог и различных сооружений происходит разрушение территории с уничтожением растительности и почвенного покрова.

Для восполнения почвенных ресурсов осуществляют восстановление, или рекультивацию, нарушенных земель.

Рекультивация включает комплекс горно-технических, мелиоративных, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и инженерно-строительных работ, направленных на восстановление нарушенного плодородия почв территорий и создание на них сельскохозяйственных

угодий, лесонасаждений, водоемов, зон отдыха, использование отработанных площадей под застройку и т. д.

Методы рекультивации определяются прежде всего составом и свойствами пород, идущих в отвал, технологией вскрышных работ и климатом местности.

Важнейшими показателями оценки обнаженных и идущих в отвал пород являются наличие вредных соединений (пирита, водорастворимых солей и др.), карбонатов, гранулометрический состав, плотность пород и др. Наиболее благоприятны поступающие в отвал верхние гумусовые слои почв, а также рыхлые породы, не содержащие вредных солей (лёсс, лёссовидные суглинки, покровные суглинки). Совершенно непригодны скальные и крупнокаменистые породы, содержащие повышенные количества хлоридов ($>0,7—1,0\%$), пирита ($>1\%$) и других токсичных соединений. Наиболее простой способ рекультивации — нанесение на вскрытые породы гумусового слоя мощностью 30—50 см. Широко используют известкование, минеральные удобрения. Мероприятия, применяемые при рекультивации, дифференцируют в зависимости от планируемого использования рекультивируемых земель — под сельскохозяйственные угодья, лесные насаждения и др.

14. РАДИОАКТИВНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

В почвах и материнских породах присутствует широкий набор радиоактивных элементов (радионуклидов). Они могут быть как естественного, так и антропогенного происхождения. В связи с этим различают естественную и искусственную радиоактивность почв. Она выражается количеством ядерных распадов в единицу времени и измеряется в беккерелях (1 Бк = 1 распад/с) или единицах активности — кюри (1 Ки = $3,7 \cdot 10^{10}$ Бк).

14.1. ЕСТЕСТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Она обусловлена двумя группами радиоактивных элементов — **первичными**, которые содержатся в материнских породах и вошли в состав почв, и **космогенными** — поступающими в почву из атмосферы, образование которых происходит при взаимодействии космического излучения с ядрами стабильных элементов. Все естественные радиоактивные изотопы, как правило, долгоживущие с периодом полураспада $10^8—10^{16}$ лет, испускающие альфа- и бета-частицы и гамма-лучи. Естественная радиоактивность определяется в основном содержанием урана, тория, радия и изотопа калия. В почвах радионуклиды находятся в очень малых количествах, в рассеянном состоянии. Наблюдается возрастание их концентраций в меридиональном направлении от подзолистых почв к сероземам. Валовое содержание радионуклидов в

почвах прежде всего зависит от материнских пород. Например, почвы, сформировавшиеся на обогащенных фосфором породах, содержат повышенные концентрации урана. Содержание естественных радиоактивных элементов в почвах зависит также от степени изменения материнской породы в процессе почвообразования, а количественные изменения по профилю — от типа почвообразования. Оподзоливание, осолодение, лёссовирование, осолонцевание приводят к выносу естественных радионуклидов из элювиальных горизонтов в иллювиальные. В лесостепных почвах и почвах степных областей профильная дифференциация содержания радиоэлементов совпадает с типичными профильными закономерностями изменений в них гранулометрического состава, оксидов железа и алюминия.

14.2. ИСКУССТВЕННАЯ РАДИОАКТИВНОСТЬ

Она является следствием загрязнения почв радионуклидами в результате термоядерных взрывов, аварий на атомных электростанциях, внесения в почву фосфорных удобрений, часто содержащих изотопы урана, загрязнения почвы отходами атомной промышленности, зольными выбросами тепловых электростанций, работающих на угле и горючих сланцах, содержащих уран, радий, торий, полоний. Всем известны трагические последствия сброшенных США атомных бомб в конце второй мировой войны на города Японии Хиросима и Нагасаки, последствия аварии на Чернобыльской АЭС в Белоруссии. Радиоэлементы разносятся ветром, дождевыми и тальми водными потоками, расширяя зоны радиоактивных загрязнений почвенного покрова и природных вод, подвергая радиоактивному облучению живые организмы.

Особенностью радиоактивных загрязнителей является то, что они обычно не изменяют уровень плодородия почв, но накапливаются в урожае. Поэтому на продукты питания для человека и корма для животных установлены предельно допустимые концентрации (ПДК) радионуклидов.

В почвах более тяжелых и гумусированных антропогенные радионуклиды активнее и надолго закрепляются в верхнем гумусовом горизонте. В почвах же легких они могут мигрировать в течение 10—15 лет на глубину 40—50 см. В экологическом отношении особенно опасны долгоживущие антропогенные радионуклиды: ^{90}Sr , ^{106}Ru , ^{129}I , ^{137}Cs , ^{144}Ce , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{238}U , ^{239}Pu . У стронция-90 период полураспада 28 лет, у цезия-137 — 33 года, а у некоторых других долгоживущих радионуклидов он составляет сотни лет. Цезий и стронций наиболее активно вовлекаются в биологический круговорот веществ благодаря тому, что цезий является аналогом калия, а стронций — кальция. Основное количество стронция и цезия, поступившее в растения, накапливается в их надземной массе, а остальных радионуклидов — в корнях. В урожае сельскохозяйственных культур содержание стронция можно уменьшить в 4—5 раз, применяя

органические и минеральные удобрения, а на кислых почвах — известь. Стронций-90 задерживается в организме человека и животных гораздо дольше, чем цезий-137.

15. МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ПОЧВ

Магнитные свойства почв являются объективным отражением их типа, сложения, происхождения и протекающих в них процессов. Показатели магнитных свойств почв обладают большой информативностью. Они тесно коррелируют с традиционно используемыми в почвоведении показателями свойств почв, поэтому могут с успехом применяться для решения многих вопросов почвоведения: диагностики различных типов почв, образовавшихся под влиянием тех или иных почвообразовательных процессов, при составлении почвенных карт и агрохимических картограмм, в агрономической практике для определения производительности почв и т. д. Магнитные свойства почв, как и любого вещества, проявляются в их способности намагничиваться в магнитном поле. Одним из наиболее важных показателей магнитных свойств почв является магнитная восприимчивость.

Магнитная восприимчивость является мерой намагниченности образца под действием внешнего магнитного поля. Магнитные свойства почв связаны в основном с их твердой фазой, в состав которой входят первичные и вторичные минералы, а также органическое вещество, обладающие различными по своей природе магнитными свойствами. Они могут быть диамагнитными, парамагнитными и ферромагнитными. Типичные представители диамагнетиков в почвах — кварц, каолинит, гипс, ортоклаз, кальцит, органическое вещество. Парамагнитными компонентами являются авгит, доломит, мусковит, монтмориллонит, вермикулит. К ферромагнитным компонентам почв относятся минералы, содержащие железо, никель, кобальт, титан, железоорганические и другие соединения.

15.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВ ПО МАГНИТНЫМ СВОЙСТВАМ

Количественный и качественный состав ферромагнитных компонентов в почвах изменяется и зависит, прежде всего, от процесса почвообразования. Поэтому величина площади и форма петель магнитного гистерезиса верхних горизонтов почв, а также изменение этих петель по генетическим горизонтам характерны для каждого типа почв. Развитие дернового процесса почвообразования способствует расширению гистерезисной петли, что связано с образованием в почве ферромагнитных минералов с высокой магнитной восприимчивостью. При развитии подзолистого и глеевого процессов почвообразования гистерезисная петля сужается, практически вырождаясь в прямую, как у парамагнетиков.

Типы и подтипы почв, сформировавшиеся на тех или иных

материнских породах, имеют определенные для них значения магнитной восприимчивости верхних гумусовых (пахотных) горизонтов, обусловленные почвообразовательными процессами, в результате которых изменяется магнитная восприимчивость ферромагнитных компонентов почв. Величины магнитной восприимчивости для верхних гумусовых (пахотных) горизонтов автоморфных почв отражают зональные и региональные особенности почвообразования, которые в большой степени зависят от интенсивности и качественной направленности гумусово-аккумулятивного процесса, в результате которого происходят количественные и качественные изменения ферромагнитных минералов. Значения магнитной восприимчивости становятся выше от дерново-подзолистых к серым лесным почвам.

Каждый тип и подтип почвы характеризуется своим магнитным профилем, т. е. закономерностями изменения магнитной восприимчивости по генетическим горизонтам. Для примера на рисунке 10 приведены профили магнитной восприимчивости дерново-подзолистой и дерново-карбонатной почв. Профильную кривую магнитной восприимчивости в основном определяет илистая фракция, в которой сосредоточены в дисперсном состоянии ферромагнитные минералы.

На основе измерений магнитной восприимчивости разработаны магнитометрические способы диагностики почв, определения их качественных показателей и производительности.

15.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКИХ СПОСОБОВ В ПОЧВОВЕДЕНИИ И АГРОНОМИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

Так как различные почвы имеют типичные для них показатели магнитной восприимчивости, то магнитометрические способы могут использоваться для диагностики почв и установления почвенных границ при крупномасштабном почвенном картографировании, для уточнения границ элементарных агрохимических участков при составлении агрохимических картограмм. Показатели магнитной восприимчивости имеют положительную корреляцию с содержанием гумуса, величиной обменной кислотности, суммой обменных оснований, степенью насыщенности почв основаниями, содержанием физической глины, т. е. со свойствами, при которых произошли количественные и качественные изменения ферромагнитных компонентов почвы. Поэтому по величине магнитной восприимчивости верхнего гумусового (пахотного) горизонта можно устанавливать нуждаемость почв в известковании, степень окультуренности почв, их бонитетный балл, делать заключение о степени развития плоскостной водной эрозии, выделять однородные по плодородию участки поля для проведения полевых опытов и т. д.

16. ЭРОЗИЯ ПОЧВ И МЕРЫ БОРЬБЫ С НЕЙ. ВИДЫ ЭРОЗИИ

Под **эрозией** (от латинского слова «erosio» — «разъедание») понимают многообразные процессы разрушения и сноса почв и рыхлых пород потоками воды и ветром. Разрушение почв и пород дождевыми, тальными и поливными водами называют водной эрозией, а ветром — ветровой эрозией или дефляцией.

Различают нормальную (естественную) и ускоренную водные эрозии. **Нормальная эрозия** — это медленный смыв механических частичек с поверхности почвы, покрытой естественной растительностью в, минимальных размерах, который восстанавливается в результате природного почвообразовательного процесса. **Ускоренная эрозия** — значительный смыв верхних, наиболее плодородных почвенных слоев и глубокий размыв почв, материнских и коренных пород с образованием промоин и оврагов.

По интенсивности развития ускоренной эрозии ее подразделяют на плоскостную, или поверхностную, линейную, или овражную. При **плоскостной** водной эрозии под влиянием стекающих по склону талых и дождевых вод на поверхности пашни образуются мелкие струйчатые размывы, которые легко разравниваются обработкой. При этом мощность пахотного слоя уменьшается, и для ее восстановления последующими обработками припахивают нижележащие, менее плодородные слои почв. **Линейная** водная эрозия развивается под влиянием мощных концентрированных стоков воды. Сначала образуются глубокие размывы до 20—35 см, потом промоины глубиной до 1 м и более. При дальнейшем размыве образуется овраг. Склоны (стенки) оврага со временем осыпаются, становятся более пологими, зарастают травой, древесной и кустарниковой растительностью; овраги перестают расти и превращаются в балки. Глубина оврагов и балок регулируется базисом эрозии.

Базисом эрозии называется горизонтальная поверхность, на уровне которой стекающие водные потоки, ручейки, реки теряют свою размывающую силу и ниже которой потоки не могут уже размывать породы. Для рек, впадающих в море, главным базисом эрозии служит отметка поверхности воды в море, а для оврагов и балок, впадающих в реки, местным базисом эрозии является отметка поверхности воды в реке. Дно балки может снова подвергнуться размыву при понижении базиса эрозии.

Ветровая эрозия (дефляция) имеет различные названия: пыльные, земляные, черные, песчаные бури; выдувание и т.д. Как и в случае водной эрозии, различают нормальную и ускоренную ветровую эрозию. В отличие от водной эрозии, совершающейся в строго определенном направлении с учетом рельефа, ветровая эрозия охватывает сразу большие пространства, проявляется во всех сезонах года, в различных направлениях. Перенос продуктов разрушения происходит не только сверху вниз, но и снизу вверх. А поднявшиеся ветром вверх тончайшие почвенные частицы в виде «воздушной суспензии» долго удерживаются в воздухе и могут пе-

реноситься на огромные расстояния от очагов разрушения почвы (на 300—1500 км и более).

16.1 ВРЕД, ПРИЧИНЯЕМЫЙ ЭРОЗИЕЙ, И ЕЕ РАСПРОСТРАНЕНИЕ

Вред сельскому хозяйству от эрозии огромен. По подсчетам С. С. Соболева (1961), ежегодные потери почвенной массы в бывш. СССР в результате смыва с полей тальми и дождевыми водами составляли 535 млн. т. В смытой массе почв содержалось питательных для растений веществ: азота — 1229 тыс. т, фосфора — 593 тыс., калия - 12 млн. т, что в пересчете на минеральные удобрения составляет такое их количество, какое не производила вся туковая промышленность страны в 1960 г. Развитие плоскостной водной эрозии приводит к быстрой потере почвенного плодородия. За 15—20 лет степень смытости почв может возрасти на одну градацию. Урожайность сельскохозяйственных культур на слабосмытых почвах снижается на 10—30 %, на среднесмытых — на 30—50, на слабосмытых — на 50—70 %. Ветровая эрозия нередко приводит к полной гибели культурных растений на больших площадях в результате выдувания пахотного слоя, засекания и засыпания посевов.

Водная и ветровая эрозии проявляются во всех почвенных зонах. Однако наибольшее распространение водная эрозия получила в подзоне дерново-подзолистых почв, в зоне серых лесных почв, в Черноземной зоне и в зоне каштановых почв, а также в горных областях. В некоторых регионах Нечерноземной зоны водной эрозией охвачено более 75 % площади пахотных земель. Ветровая эрозия чаще развивается в южных, степных зонах, в засушливых областях, особенно в полупустынях и пустынях.

16.2. УСЛОВИЯ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ РАЗВИТИЕ ЭРОЗИИ

Выделяют две группы факторов, влияющих на возникновение и интенсивность развития эрозионных процессов: естественно-исторические (климат, рельеф, геологические условия, растительный покров, свойства почв) и социально-экономические (хозяйственная деятельность человека).

Климат. Наибольшее влияние на развитие водной эрозии оказывают количество и режим выпадающих осадков. Эрозия активнее проявляется при ливневых и затяжных дождях, интенсивном таянии снега, особенно в сочетании с медленным оттаиванием почвы.

На усиление ветровой эрозии наибольшее влияние оказывают низкое годовое количество осадков, неравномерное их распределение в течение года, высокие температуры воздуха, вызывающие иссушение поверхности почвы, повышенная приземная скорость и низкая относительная влажность движущихся воздушных масс ветра.

Рельеф. Интенсивность водной эрозии зависит от крутизны, длины,

формы и экспозиции склонов. Обычно на склонах южной и западной экспозиций несмытые почвы встречаются там, где крутизна не превышает Γ , слабосмытые — на склонах крутизной $1 — 3^\circ$, среднесмытые — $3—5^\circ$, сильносмытые — более 5° . Исследованиями Почвенного института им. В. В. Докучаева установлено, что при уменьшении крутизны склона вдвое смыв почвы уменьшается почти в 3 раза.

На южных и западных склонах водная эрозия протекает активнее, чем на склонах других экспозиций при одинаковой их крутизне (Вараксина, 1963). Это объясняется различной скоростью снеготаяния и тем, что южные и западные склоны получают больше солнечного тепла, следовательно, сильнее пересыхают, а во время дождей почвы на сухих склонах медленнее впитывают воду; основное ее количество стекает в виде поверхностного стока, вызывая эрозию.

Наибольшее развитие водной эрозии наблюдается на выпуклых участках склонов, наименьшее — на вогнутых; прямые склоны повторяют в ослабленной форме картину развития эрозии на выпуклых склонах (Соболев, 1960). Длина склона также влияет на величину водной эрозии. В среднем удвоение длины склона увеличивает общий смыв почвы в 3,03 раза за счет увеличения скорости стока и массы стекающей воды.

Интенсивность ветровой эрозии проявляется значительно сильнее на равнинных и слегка волнистых территориях, на почвах с более гладкой поверхностью (прикатанных на пашне гладкими катками, без растительного покрова).

Геологические условия, влияющие на развитие эрозии, в основном определяются степенью сопротивляемости почв и пород размывающему действию воды и развеиванию ветром. Лёссовидные, делювиально-аллювиальные суглинки и лёссы довольно легко размываются с образованием в промоинах и оврагах крутых стенок, но в основном при наличии достаточно глубоких местных базисов эрозии; при неглубоких базисах эрозии овраги, как правило, не образуются. В случае маломощности лёссовидных суглинков и лёссов (около $3—4$ м) и подстилания их известняками овражная эрозия отсутствует в связи с образованием в породах «провалов» — «промоин» в виде воронок (карстовые воронки), в которые стекают талые и дождевые воды.

Песчаные породы с высокой водопроницаемостью практически не подвергаются водной эрозии, но весьма склонны к дефляции. Моренные суглинки более устойчивы к смыву и размыву, чем покровные. Эрозионно податливыми являются двучленные породы, сложенные сверху маломощными легкими породами, подстилаемыми плотными глинами, песчаниками или сланцами.

Растительный покров. Он выполняет исключительно важную почвозащитную роль, скрепляя поверхностный слой почвы корневыми системами; надземная масса растений замедляет скорость поверхностного стока воды, способствует лучшему ее впитыванию. Там, где имеется

растительный покров, больше накапливается снега; в результате почва меньше промерзает, весной быстрее оттаивает, становится водопроницаемой и меньше подвергается водной эрозии.

На задернованных или покрытых древесно-кустарниковой растительностью участках ветровая эрозия практически не проявляется.

К **свойствам почв**, снижающим развитие водной эрозии, относятся: оструктуренность и водпрочность структуры, повышенная мощность гумусового слоя, высокая катионная емкость поглощения и степень насыщенности почв катионами оснований, в первую очередь кальцием; достаточная водопроницаемость, невысокие плотность и пористость, постоянное наличие в верхнем слое влаги, превышающей максимально-молекулярную влагоемкость, и т.д. Наиболее устойчивы к водной эрозии черноземы, а наименее — дерново-подзолистые почвы и сероземы.

Дефляции легче подвергаются песчаные и супесчаные, бесструктурные суглинистые и глинистые почвы при иссушении их верхнего слоя, разрыхленного вспашкой или находившегося под усиленным выпасом скота.

Хозяйственная деятельность человека. В настоящее время масштабы хозяйственной деятельности человека необычайно велики, поэтому развитие эрозионных процессов часто определяется не столько природными факторами, сколько факторами социально-экономическими.

Эрозия почв развивается активно, когда не проводят противоэрозионные мероприятия, даже не требующие больших материальных затрат, или в случаях неправильного использования человеком земельных угодий. К ним относятся: вспашка и посев сельскохозяйственных культур вдоль склонов; возделывание пропашных культур на эрозионно опасных территориях; распашка приовражных и прибалочных площадей, днищ и склонов балок; рубка леса, играющего почвозащитную роль; неумеренная пастбища скота, выбивающего тропы, по которым растут промоины, дающие начало оврагам; разбивка полей севооборотов без учета рельефа местности вдоль склонов, приводящая к образованию промоин по межевым бороздам.

Повышение культуры земледелия и организационно-хозяйственного уровня сельскохозяйственного производства обеспечивает практически полное прекращение эрозионных процессов.

16.3. КЛАССИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА ЭРОДИРОВАННЫХ ПОЧВ

Диагностику эродированных почв в полевых условиях происходят по изменению морфологических признаков пахотного слоя и почвенного профиля, которые объективно отражают свойства эродированных почв и, следовательно, уровень их плодородия. Согласно классификации, разработанной Почвенным институтом им. В. В. Докучаева, почвы, подверженные плоскостной водной эрозии, подразделяют на слабо-, средне-

и сильносмывые.

При составлении почвенных карт на основании диагностики эродированных почв выделяют контуры разной степени смывости или проводят специальное картографирование эродированности земель. Эти материалы — основа для разработки комплекса мероприятий по борьбе с водной эрозией.

16.4. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЗАЩИТЕ ПОЧВ ОТ ЭРОЗИИ

Защита почв от эрозии включает систему следующих мероприятий: организационно-хозяйственные, агротехнические, лесомелиоративные и гидротехнические. В их составе имеются профилактические мероприятия, а также непосредственно направленные на устранение эрозии там, где она получила развитие.

16.5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Предусматривают составление плана (проекта) противоэрозионных мероприятий и разработку мер, обеспечивающих его выполнение. План составляют с учетом категорий земель в зависимости от рельефа, эродированности почв и необходимости в защите от эрозии.

А. Земли, интенсивно используемые в земледелии:

1-я категория — не подверженные эрозии; благоприятны для выращивания пропашных и овощных культур;

2-я категория — подвержены слабой эрозии;

3-я категория — подвержены средней эрозии.

Почвы этих категорий используют в полевых севооборотах с применением почвозащитной обработки почв.

4-я категория — подвержены сильной эрозии; используют в системе почвозащитных севооборотов (без возделывания пропашных культур).

Б. Земли, пригодные для ограниченной обработки:

5-я категория — подвержены очень сильной эрозии (сюда относится также пашня, заброшенная в результате эрозии); земли отводят под сенокосы, пастбища или специальные почвозащитные севообороты с преобладанием полей многолетних трав.

В. Земли, непригодные для обработки:

6-я и 7-я категории — склоны и дно задернованных балок, слабо расчлененных промоинами, непригодные для включения в почвозащитный севооборот, ограниченно пригодные под пастбища;

8-я категория — непригодные для земледелия, сенокосения и выпаса, но пригодные для лесоразведения. Это овраги всех типов, оползневые, сильноэродированные, щебеночные участки балок;

9-я категория — непригодные для земледелия, сенокосения,

выпаса и, лесоразведения («бросовые» земли с выходами коренных пород, галечники, скалы, каменные осыпи и т. д.). Используют для куртинного облесения на участках, где могут расти деревья и кустарники.

В условиях Нечерноземной зоны можно дополнительно выделить 10-ю категорию земель — лесные насаждения и естественные леса в оврагах, балках, речных долинах и на крутых склонах. На этих землях применяют лесохозяйственные меры для повышения продуктивности и противоэрозионной роли леса.

В группу организационно-хозяйственных мероприятий входят: внутрихозяйственное землеустройство с учетом предполагаемых мер по борьбе с эрозией почв; разработка структуры посевных площадей и схем почвозащитных севооборотов; правильное размещение границ полей для удобства проведения противоэрозионных агротехнических мероприятий; правильная организация развития населенных пунктов, дорожной сети, скотопрогонов и т. д.

16.6. АГРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Включают использование многолетних трав, занятых паров, комплекс приемов по защитной обработке почв (минимализация обработки, глубокое рыхление без оборота пласта, обработка поперек склонов, контурная обработка); полосное размещение сельскохозяйственных культур на эрозионно опасных землях; регулирование стока дождевых и талых вод (щелевание и кротование, прерывистое бороздование, лункование, полосное зачернение снега); накопление и сохранение влаги в почвах (ранневесеннее боронование, мульчирующая стерневая обработка, оструктуривание почв); способы посева и посадки сельскохозяйственных культур (расположение рядков поперек склона, перекрестный сев зерновых культур); применение органических и минеральных удобрений (при этом создается мощный растительный покров, защищающий почву от эрозии).

Важное значение имеют сжатые сроки посева яровых культур, быстрое появление всходов и развитие растений, которые обеспечат защиту почв от эрозии.

В борьбе с дефляцией наиболее эффективны агроприемы, направленные на накопление и сохранение влаги в почве и обеспечение постоянной защиты ее поверхности растительным покровом от выдувания.

16.7. ЛЕСОМЕЛИОРАТИВНЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Они включают посадку леса, создание защитных лесных полос различного назначения:

ветрозащитных, создаваемых по границам полей севооборотов;
полезащитных, закладываемых поперек склонов для задержания поверхностного стока делювиальных вод;

приовражных и прибалочных;
лесных насаждений по откосам и днищам балок и оврагов;
водозащитных лесных насаждений вокруг водоемов, озер, каналов;
лесных насаждений общего природоохранного назначения на землях,
непригодных для земледелия.

16.8. ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Применяют для быстрого прекращения эрозии, когда другими приемами этого достичь не удастся: устройство быстротоков в вершинах оврагов, закрепление дна оврагов, террасирование склонов, поделка валов, канав и т. д.

В перечисленных четырех группах мероприятий по борьбе с эрозией приведены только основные приемы. С учетом зональных особенностей земледелия и природных условий проявления эрозии они должны быть уточнены и дополнены.

17. ПОЧВЕННЫЕ КАРТЫ И КАРТОГРАММЫ. АГРОПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГРУППИРОВКА ПОЧВ. ВИДЫ ПОЧВЕННЫХ КАРТ И КАРТОГРАММ

Рациональное ведение хозяйства, использование природного и эффективного плодородия почв невозможны без применения почвенных карт и агрономических картограмм.

Карта — это изображение какой-либо территории в некотором уменьшении. Почвенная карта представляет собой изображение почвенного покрова территории. Она дает наглядное представление о качестве и расположении почв. Уменьшение, в котором показаны на карте площади распространения различных почв, называется **масштабом**.

Составляют и используют почвенные карты различного масштаба.

Мелкомасштабные карты (масштаб мельче 1: 300 000) отображают почвенный покров республик, краев, областей, а также всей страны. Их назначение — государственный учет земельных фондов, природное районирование, планирование размещения сети сортоиспытательных и зональных опытных станций, районирование культур и сортов и другие мероприятия в сельском хозяйстве республики, области (края).

Среднемасштабные карты (масштаб 1 : 300 000 — 1: 100 000) представляют собой почвенные карты административных районов. Они предназначаются для использования местными планирующими организациями (разработка государственных плановых заданий, проведение мелиоративных работ, распределение минеральных удобрений).

Крупномасштабные карты (масштаб 1 : 50 000 — 1:10 000) — это преимущественно почвенные карты территорий колхозов, совхозов и фермерских хозяйств. Их используют в целях внутривозрастного

землеустройства, для разработки дифференцированной системы агротехнических мероприятий, правильного применения удобрений, проведения противоэрозионных работ.

Детальные карты (масштаб 1:5000 — 1 : 2000) составляют на территории фермерских хозяйств, опытных станций, на плантациях многолетних и технических культур. Их используют при закладке многолетних опытов, в целях орошения и осушения земель, выбора участков под плодовые культуры.

Почвенные карты обычно сопровождаются различными агрономическими картограммами.

Картограмма — схематическая сельскохозяйственная карта. Агрономические картограммы в зависимости от содержания могут рассматриваться как расшифровывающие или как рекомендуемые. **Расшифровывающие картограммы** отображают отдельные важнейшие свойства почвенного покрова. К их числу следует отнести картограммы мощности гумусового горизонта, гумусированности почв, гранулометрического состава, солонцеватости, эродированности земель и др.

Рекомендующие картограммы содержат прямые рекомендации по использованию почв. К числу рекомендуемых относятся картограммы агропроизводственной группировки, типов земель, картограмма кислотности почв и нуждаемости их в известковании, картограмма поливных режимов и др. Картограммы существенно дополняют и детализируют почвенные карты, делая материалы почвенных исследований более наглядными для практического использования.

Почвенные карты и агрономические картограммы дополняют пояснительными почвенными очерками, содержащими подробную агрономическую характеристику почв и рекомендации по их наиболее рациональному использованию.

17.1. АГРОПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ГРУППИРОВКА ПОЧВ И ЗЕМЕЛЬ

Для практического использования материалов почвенных исследований целесообразно объединение выделенных на карте почв в группы по сходности свойств, определяющих агропроизводственные их качества и общность приемов использования. В этих целях проводят агропроизводственную группировку почв или объединяют почвы в группы (типизация земель).

Агропроизводственная группировка почв представляет объединение их видов и разновидностей в более крупные агропроизводственные группы по общности свойств, близости экологических условий, сходству качественных особенностей и уровней плодородия, однотипности необходимых агротехнических и мелиоративных мероприятий.

При их составлении используют следующие критерии: сходство агрономических свойств почв, условий рельефа с точки зрения использования сельскохозяйственных угодий и сходство структуры почвенного покрова. При этом учитывают следующие показатели:

1. Приблизительно одинаковые водно-воздушные и тепловые свойства, выявленные на основе оценки гранулометрического состава, сложения почвенного профиля, мощности гумусового слоя, а также учета геоморфологических и гидрологических условий залегания почв.

2. Близость свойств, характеризующих питательный режим почв и условия применения удобрений (валовые запасы и содержание доступных форм элементов питания, гумусированность, физико-химические свойства, реакция, ОВ-условия и др.).

3. Близость свойств, определяющих отношение почв к обработке, устанавливаемое на основе оценки гранулометрического состава, строения профиля, физических и физико-механических свойств и др.

4. Потребность в мелиоративных мероприятиях, выявляемую на основе оценки почв по степени заболоченности, солонцеватости, солончаковатости, эродированности, каменистости с учетом условий рельефа, глубины залегания грунтовых вод и их качества.

5. Содержание в почве вредных для растений веществ (токсичные водорастворимые соли, тяжелые металлы, продукты восстановительных процессов — H_2S , Fe^{2+} , Mn^{2+} и др.).

6. Характер и интенсивность процессов засоления.

Для почв, объединенных в одну агропроизводственную группу, намечают одинаковое направление их сельскохозяйственного использования и общий комплекс агротехнических, мелиоративных или противоэрозионных мероприятий.

Наряду с агропроизводственной группировкой почв проводят **группировку земель** — объединение земель по оценке их пригодности для сельскохозяйственного использования. Такую группировку осуществляют на основе изучения и оценки всех компонентов земли — рельефа, почв, условий увлажнения, особенностей структуры почвенного покрова, учета экономических факторов (близость к городским и промышленным центрам, состояние подъездных путей и др.). Различают категории и классы земель.

Главным критерием разделения на категории является качественное состояние земель с точки зрения оценки их возможного использования в сельском хозяйстве (пахотные, сенокосные и т. д.).

По пригодности к использованию в сельском хозяйстве выделяют 7 **категорий** земель: 1 — пригодные под пашню; 2 — пригодные преимущественно под сенокосы (луговые угодья); 3 — пастбищные; 4 — пригодные под сельскохозяйственные угодья после коренной мелиорации (болота торфяные низкие, сильнозасоленные земли, овражно-балочные комплексы и т. п.); 5 — малопригодные под сельскохозяйственные угодья; 6 — непригодные под сельскохозяйственные угодья (скалы, ледники и т. п.); 7

— нарушенные земли (карьеры, горные выработки и др.).

Категории земель подразделяют на **классы** — участки с близкими природными и хозяйственными качествами, общностью использования и приемов окультуривания и охраны. Всего выделяют 37 классов. Наибольшее их число (14) входит в категорию пахотных земель. В этой категории классы выделяют по генетическим особенностям почв (гранулометрический состав, карбонатность, переувлажненность, эродированность, окультуренность и др.) с учетом условий залегания почв по рельефу и дренированности территории.

При группировке почв в группы земель обязательна оценка агрономической однородности и совместимости структуры почвенного покрова. Группировка почв и земель завершается составлением картограмм агропроизводственной группировки почв и картограмм групп земель.

Почвенная карта и картограмма групп земель позволяют выявить участки, требующие при их использовании особого внимания к соблюдению природоохранных мероприятий, обеспечивающих сохранение почв и экологическое благополучие ландшафта в целом.

17.2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ КАРТ И КАРТОГРАММ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Материалы почвенных исследований необходимы для учета почвенных ресурсов землепользователей, внутрихозяйственного землеустройства территории с обеспечением ее экологической устойчивости, разработки дифференцированной агротехники применительно к видам и разновидностям почв, подбора культур и сортов, выявления почв, нуждающихся в мелиоративном и культуртехническом воздействии. В форме почвенной карты, картограмм и очерка хозяйства получают объективную характеристику всех сельскохозяйственных угодий. Качественную оценку почв дополняют количественным подсчетом площадей имеющихся почв по угодьям.

17.3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ ПОЧВЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

При осуществлении землеустройства проводят деление территории на севооборотные массивы, бригадные участки, отвод земель под застройки, плантации многолетних насаждений (сады, виноградники и др.); выделение пастбищ и сенокосов, почвозащитных севооборотов; размещение поле- и почвозащитных лесных полос; выделение участков, подлежащих коренной мелиорации, и решение других вопросов организации территории. Все это требует определенного анализа и обобщения материалов почвенных обследований, поскольку при землеустройстве необходимо объединить в более крупные группы все многообразие почв, выделенных на почвенной

карте с учетом их близости по генетическим и агрономическим свойствам, возможной однотипности производственного использования и общности приемов улучшения. Для этих целей помимо почвенной карты используют картограммы агропроизводственных групп почв и земель.

Обобщенные в них материалы позволяют правильно выделить не только территории под различные типы севооборотов (полевой, кормовой, почвозащитный, прифермерский), но и правильно нарезать поля в пределах каждого севооборота, максимально однородные по почвенному покрову.

В каждой почвенно-климатической зоне имеются особенности конкретного использования почвенных материалов при решении вопросов землеустройства. Это обусловлено как общезональными, так и зональными свойствами почвенного покрова, а также специализацией хозяйства.

Так, в таежно-лесной зоне особое значение при решении вопросов землеустройства приобретают большая неоднородность почвенного покрова и такие свойства отдельных типов в его структуре, как гранулометрический состав, условия увлажнения, степень заболоченности, уровень естественного плодородия, а в отдельных регионах, кроме того, степень каменистости, мелкоконтурность почвенных выделов и производственных участков.

В лесостепной зоне большое значение имеет учет эродированности почв и конкретного размещения эродированных почв по территории хозяйства.

На почвенных картах всегда выделяют почвы разной степени смывтости или составляют специальную картограмму эродированности почв.

В зоне сухой степи, а также в отдельных провинциях Черноземной зоны с комплексным почвенным покровом и широким распространением солонцеватых почв первостепенное значение для правильной организации территории имеет учет степени солонцеватости почв, а также компонентного состава комплексов, доли участия каждого компонента в комплексах и их генетических особенностей, определяющих уровень плодородия каждого из них и особенно солонцов, возможности и приемы мелиорации последних.

17.4. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЧВЕННЫХ КАРТ И КАРТОГРАММ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ УДОБРЕНИЙ И ИЗВЕСТКОВАНИИ ПОЧВ

При использовании материалов почвенных исследований для наиболее рационального применения удобрений необходимо, с одной стороны, учитывать показатели, характеризующие пищевой режим почв (валовые запасы элементов питания, содержание подвижных их форм, показатели состава, влияющие на превращение удобрений), а с другой — оценивать весь комплекс почвенных условий как среды роста и развития растений: их водно-воздушный, температурный, микробиологический и солевой режимы, а также физико-химические свойства.

Максимальной эффективности удобрений можно добиться лишь при применении их в комплексе с другими приемами окультуривания почв

(углубление пахотного горизонта, мелиорация солонцеватых почв, ликвидация избыточного увлажнения и др.).

Почвенная карта и картограммы позволяют определить эти приемы для каждой группы почв.

Вместе с тем почвенная карта и картограммы наглядно показывают участки с различной обеспеченностью почв важнейшими элементами питания, что позволяет уточнить целесообразность применения удобрений, определить их виды и дозы на данном участке.

Так, при размещении азотных удобрений большое значение имеет учет степени гумусированности, структурности, гранулометрического состава почв.

В почвах легкого гранулометрического состава, бедных органическим веществом, слабее развиты процессы нитрификации, увеличиваются потери азота за счет вымывания нитратов.

При размещении фосфорных удобрений наряду с почвенной картой используют картограмму содержания подвижных форм фосфора, позволяющую регулировать внесение фосфорных удобрений с учетом возможного их превращения в связи с неблагоприятными свойствами почв (повышенная кислотность, проявление сезонного оглеения, карбонатность). На таких участках предпочтительно местное внесение фосфорных удобрений.

При размещении калийных удобрений помимо учета данных картограммы содержания почвенного калия необходимо принимать во внимание гранулометрический состав почв: легкие почвы бедны калием, и на них возможно заметное его вымывание нисходящими токами воды. На эродированных землях при применении удобрений, пестицидов и других средств химизации возникает повышенная опасность загрязнения нижерасположенных почв и водоемов. Поэтому на склоновых землях эти приемы должны обязательно сочетаться с противоэрозионной защитой территории.

При размещении минеральных удобрений необходим учет данных картограммы кислотности. На почвах с сильнокислой реакцией желательно вносить физиологически щелочные удобрения, избегая применения физиологически кислых. Картограмма кислотности почв позволяет конкретно решать вопросы об очередности известкования, дозах известковых мелиорантов.

18. КАЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА (БОНИТИРОВКА) ПОЧВ

Бонитировка почв происходит от латинского слова «bonitos» — «доброкачественность» и представляет собой сравнительную оценку качества почв, их производительной способности по отношению к природным или культурным фитоценозам.

Бонитировка почв выражается в баллах — относительных величинах,

которые показывают, насколько одна почва лучше или хуже другой по продуктивности какой-либо культуры.

Бонитировку, или качественную оценку почв, проводят для всех сельскохозяйственных угодий; она имеет большое научно-производственное значение: дает объективную основу для установления ценности и доходности земель разных угодий, позволяет определить цену на землю, ставки налогообложения, аренды. Данные бонитировки почв используют при планировании, специализации и организации сельскохозяйственного производства, в частности при разработке рациональных систем земледелия, севооборотов; они позволяют оценить производственную деятельность землепользователей и осуществлять контроль за состоянием сельскохозяйственных угодий.

18.1. МЕТОДИКА И ПОКАЗАТЕЛИ БОНИТИРОВКИ ПОЧВ

Оценкой почв в России начали заниматься давно. Первыми оценочными трудами были почвенно-географические работы «Писцовые книги» XV, XVI и начала XVII в. Пахотные земли разделяли по качеству на 4 категории: «добрые», «средние», «худые» и «добрехудые».

В связи с кадастровыми работами 1833—1867 гг. специальные комиссии Министерства государственных имуществ собирали сведения о качестве почв и средней урожайности по каждой почве. В результате была составлена бонитировочная **шкала**, в которой оценку почв проводили по урожайности.

После реформы 1861 г. оценку земель выполняли земства. В этих работах принимал участие В. В. Докучаев, проводивший изучение и оценку почв Нижегородской губернии в 1882—1886 гг. Им при участии Н. М. Сибирцева был разработан метод оценки почв, получивший название «нижегородский», или «естественно-исторический (русский)». В основу оценки почв В. В. Докучаев положил их свойства, определяющие плодородие: геологические (мощность гумусового горизонта, содержание гумуса, характер материнской породы, условия залегания и др.); химические (содержание разных веществ, в том числе основных питательных элементов); поглотительная способность почв; физические (влагоемкость, теплоемкость и др.).

В каждой из указанных групп свойств показатели лучшей почвы — «чернозема-плато» — принимали за 100 баллов и соответственно в долях или процентах определяли сравнительный балл для остальных почв. Средний балл из всех показателей составлял окончательную бонитировочную оценку почвы.

Одновременно проводили оценку почвы по величине урожайности озимой ржи. В результате почва получала оценку по свойствам и по урожайности. Сопоставление оценочных данных по свойствам почв с баллами по урожайности озимой ржи показало хорошее их совпадение. Это

позволило В. В. Докучаеву сделать вывод о том, что оценку почв следует проводить по их свойствам, которые являются объективными показателями земельного качества почв.

Разработка теоретических основ бонитировки почв и ее практическая реализация позволили В. В. Докучаеву и Н.М. Сибирцеву показать, что представление о почве как естественно-историческом теле природы может быть использовано и для познания почвы как объекте труда и основного средства сельскохозяйственного производства.

Современные методы бонитировки почв исходят из принципов, сформулированных В. В. Докучаевым, но строятся на свойствах почв и агроклиматических условиях, находящихся в тесной корреляционной связи с урожайностью сельскохозяйственных культур, полученной при близком уровне интенсивности земледелия.

В разных почвенно-климатических зонах эти свойства могут быть различными.

Чаще всего с многолетней средней урожайностью коррелируют гумусность, кислотность, гранулометрический состав, емкость поглощения, плотность, мощность гумусового слоя.

Исследования по бонитировке почв показали, что тесная корреляционная зависимость между свойствами почв и многолетней урожайностью наблюдается только в определенных эколого-генетических рядах почв (зонального ряда, рядов заболачивания, засоления, солонцеватости и т. д.) и что она не может быть установлена сразу для всех почв региона.

Для проведения бонитировки почв определяют свойства почв и урожайность различных сельскохозяйственных культур, которые подвергают математической обработке и используют для построения бонитировочной шкалы почв. В основе современной качественной оценки почв лежит докучаевский метод по свойствам почв, но при этом имеется несколько подходов к расчету оценочных баллов почв.

Наивысший балл почвы принимают за 100 баллов; все оценочные баллы других почв выражают в долях от ста.

Таким образом, образуется бонитировочная шкала почв, в которой 100 баллов имеет лучшая почва. Оценочную шкалу по свойствам почв проверяют по шкале, построенной по урожайности. Иной подход расчета оценочного балла почв заключается в оценке почв по разработанным статистическим или другим моделям нормальной (статистической) урожайности какой-либо культуры. Такой метод был применен при создании единых принципов бонитировки почв в нашей стране Почвенным институтом им. В. В. Докучаева (Шилов, Дурманов и др., 1991), а также в ряде разработанных региональных бонитировочных методов.

Для построения моделей часто используют корреляционный и регрессионный методы.

Общая закономерность миграции и аккумуляции веществ в

ландшафтах определяет понятие **геохимического ландшафта** — территории, включающей в себя водораздельные участки, склоны и местные депрессии. В пределах такого единого геохимического ландшафта выделяют **элементарные геохимические ландшафты (ЭГЛ)**, т. е. участки с преобладанием определенной качественной направленности процессов миграции и аккумуляции веществ: преобладание выноса (элювиальных процессов), транспортировки (транзита) мигрирующих веществ и господства процессов их аккумуляции.

Различают следующие основные элементарные геохимические ландшафты:

1. **Элювиальные ЭГЛ** — участки, занимающие повышенное положение, занятые преимущественно зональными почвами; в условиях влажного климата преобладает промывной водный режим. Приток веществ в почву возможен только за счет атмосферной пыли и осадков, биологического круговорота и антропогенного воздействия (внесение удобрений, мелиорантов, пестицидов и т. д.).

2. **Транзитные ЭГЛ** - склоновые формы рельефа, для которых характерен перенос (транзит) мигрирующих веществ вместе с внутripочвенным и поверхностным стоками. Они могут подразделяться на **транэлювиальные ЭГЛ** - верхние части склонов, где наряду с транзитом веществ еще отчетливо выражены элювиальные процессы, и **трансаккумулятивные ЭГЛ** — нижние части склонов, где наблюдается затухание поверхностного и внутripочвенного переносов веществ и проявляется их аккумуляция. **Аккумулятивные ЭГЛ** — поймы рек, приозерные котловины, долины, водоемы. Здесь аккумулируется большая часть веществ, мигрирующих с водораздельных и склоновых территорий.

Аккумулятивные ландшафты подразделяют на **субаквальные (гидроморфные)** — поймы, долины, котловины и т. д. и **аквальные** — водоемы.

На пути миграции вещества могут прекращать свое движение и накапливаться в профиле исходной почвы (почвообразующей породе) или другой почвы сопряженного ландшафта. Такие изменения в превращении веществ при их миграции могут быть обусловлены различными причинами: поглощением живыми организмами, изменением физико-химических условий среды (реакции, ОВ-состояния, сорбционных свойств почвогрунтовой толщи), химического состава пород и растворов, физических условий миграции.

Зоны почвенно-грунтовой толщи, в которых происходит резкое изменение интенсивности миграции веществ и, как следствие, их аккумуляция, называют **геохимическими барьерами**.

В зависимости от природы явлений, вызывающих аккумуляцию веществ на геохимических барьерах, различают три их типа (по Перельману).

1. **Биологические барьеры**, обусловленные поглощением организ-

мами и гумусовыми веществами различных элементов. Яркой формой проявления биогеохимических барьеров является избирательное поглощение биофильных элементов растениями.

II. **Физико-химические барьеры** выявляются в зависимости от главного фактора, обуславливающего аккумуляцию мигрирующих веществ. Примером аккумуляции веществ на окислительном барьере является формирование железистых и железомарганцевых горизонтов на контактах глеевых вод с водами, обогащенными кислородом, или при их поступлении в хорошо аэрируемые горизонты.

В местах смены кислых вод щелочными (щелочной барьер) происходит накопление помимо Ca и Mg многих тяжелых металлов (Ni, Pb, Cd, Zn, Cr и др.).

С испарительным барьером, возникающим на участках сильного испарения почвенно-грунтовых вод, связано осаждение солей многих элементов (Ca, Na, Mg, Cl, Sr, Zn, Pb и др.).

Адсорбционные барьеры обусловлены появлением на путях миграции участков (горизонтов, слоев), обогащенных веществами с повышенной сорбционной способностью (монтмориллонитовые глины, торф, глинистые прослойки в песках и т. д.).

Термодинамические барьеры обусловлены возникновением на участках резкого изменения температуры или давления, с которыми тесно связан газовый режим вод. С действием этого барьера связано, в частности, широко распространенное накопление карбонатов кальция при перемещении растворов $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ из холодных слоев в теплые с выпадением при этом CaCO_3 в результате потери CO_2 .

III. **Механические барьеры** — обусловлены изменением скорости движения вод (или воздуха), что, в свою очередь, связано с плотностью сложения, пористостью и факторами, их определяющими (гранулометрический состав, структура и др.).

В природных условиях выпадение веществ (элементов) очень часто связано с возникновением на пути движения растворов не одного, а нескольких геохимических барьеров. В этом случае такие комплексные барьеры называют по совокупности совмещающихся барьеров (кислородно-термодинамический, сорбционно-окислительный и т. д.).

Третья группа экологических функций почвы (почвенного покрова) объединена в понятие «глобальные (общепланетарные) функции». Почвенный покров тесно взаимосвязан с основными сферами Земли — литосферой, атмосферой, гидросферой и биосферой. При этом он оказывает огромное влияние на их состав, свойства и функционирование. Это влияние и определяет чрезвычайно важные общепланетарные функции почвенного покрова.

Под воздействием хозяйственной деятельности человека изменяются состав, свойства и режимы, уровень плодородия почв, что существенно влияет на их экологические функции. Эти изменения могут быть

положительными и отрицательными. Положительные проявляются в устранении или ослаблении неблагоприятных свойств почв как среды обитания живых организмов, создании для их жизнедеятельности наиболее благоприятных условий.

Такая направленность в изменении почвы связана с их окультуриванием и обуславливает сохранение и повышение почвенного плодородия и более активное проявление экологических функций почвы.

К негативным явлениям, связанным с применением средств химизации, гидротехнических мероприятий, обработки почвы, а также вызванным техногенным загрязнением почвенной среды, относятся: ухудшение физических свойств (уплотнение, обесструктурирование); загрязнение тяжелыми металлами, пестицидами и др.; ухудшение физико-химических свойств (избыточное подкисление и подщелачивание, возникновение восстановительных процессов); дегумификация; развитие эрозии; засоление и осолонцевание; заболачивание.

Отрицательное влияние перечисленных приемов на экологические функции почвы заключается в том, что при этом нарушаются процессы превращения веществ и энергии, воздухообмена, трофические связи между группами почвенной биоты, изменяются в худшую сторону функциональные свойства почвы. Как следствие, ухудшаются или полностью разрушаются те или иные экологические функции почвы не только как среды существования растений и почвенной биоты, но и как компонента ландшафта и биосферы в целом.

18.2. АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЕЛЬ

В современных условиях сельскохозяйственное использование почвенного покрова должно базироваться на совершенствовании зональных систем земледелия на основе организации адаптивно-ландшафтного земледелия. Последнее считает важнейшей задачей максимально полное (целесообразное) использование каждого участка земли с обеспечением при этом экологического благополучия территории. При дифференцированной оценке территории в целях организации адаптивно-ландшафтного земледелия за исходную единицу принимают **элементарный ареал Агрорландшафта (ЭАА)** — участок территории на мезорельефе, представленный одной почвой (ЭПА) или микрокомбинацией почв (ЭПС) (Кирюшин, 1993).

Агроэкологическую оценку территории целесообразно проводить в два этапа.

Первый — разделение территории по геоморфологическому положению и второй — оценка и группировка ЭАА в пределах каждой геоморфологической группы.

На первом этапе территорию делят на четыре группы: земли водораздельных пространств, земли привод отдельных территорий, земли

присетевых территорий, пойменные и притеррасные земли.

Такое разделение характеризует различие территорий по типу увлажнения и особенностям водного режима, уровню возможного гидроморфизма (заболачивания), геохимическим условиям (принадлежность к ЭГЛ) и возможностям антропогенного загрязнения, по предрасположенности к проявлению эрозии.

Разделение территории по геоморфологическому принципу на указанные четыре группы в значительной мере предопределяет возможности дифференциации земельных массивов' на пахотные, пастбищно-сенокосные и лесные угодья, а в пределах пашни — специализацию севооборотов (полевые, почвозащитные, овощные и т. п.).

На втором этапе проводят дифференциацию земель в пределах каждой из указанных групп на основе комплексной оценки каждого ЭАА и анализа СПП конкретных земельных массивов.

Элементарные Агро ландшафты по комплексу показателей состава, свойств и режимов почв с учетом особенностей пород (литологии), гидрологии характеризуются в агрономическом отношении в соответствии с требованиями основных культур (или групп культур) с учетом технологии их возделывания.

Существуют различные методики, позволяющие на количественном уровне оценивать контрастность, сложность и неоднородность почвенного покрова конкретного массива и объективно решать вопрос о пригодности его использования в хозяйственных целях.

II. Инженерная геология

1. «ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ» - ПОНЯТИЕ ПРЕДМЕТА

Инженерная геология – отрасль геологии, изучающая геологические процессы верхних горизонтов земной коры, их динамику и физико – механические свойства горных пород в связи с инженерной деятельностью человека. Инженерная геология как научная дисциплина является отраслью геологии – науки о Земле. Геологическая наука в целом изучает состав, строение, историю развития Земли, а также различные процессы, протекающие в ее недрах и на поверхности.

Современная инженерная геология как наука ставит перед собой три основные задачи:

1. Изучение состава, структуры, состояния, свойств и условий распространения горных пород (грунтов), определяющих их поведение при взаимодействии с инженерным сооружением.

2. Изучение геологических процессов как природных, так и возникающих в связи с возведением и эксплуатацией зданий, сооружений; освоение подземного пространства с целью установления характера этих процессов, их влияния на существование зданий и сооружений, а также разработка рекомендаций по регулированию этого влияния.

3. Определение закономерностей распространения инженерно-геологических элементов.

Поскольку в строительной практике горные породы принято называть грунтами, начальный раздел инженерной геологии, решающий первую из перечисленных задач, получил название грунтоведения. Раздел, в котором решается вторая задача, называется динамической инженерной геологией или собственно инженерной геологией. Третий раздел называется региональной инженерной геологией.

На основе многочисленных инженерно-геологических исследований русских и советских инженеров и геологов Ф.П. Саваренский в 30-х гг. XX в. создал первый в этой области капитальный труд, названный им «Инженерная геология». В дальнейшем инженерная геология получила развитие в трудах советских ученых Н.В. Коломенского, И.В. Попова, В.А. Приклонского и многих других. Инженерная геология самым тесным образом связана с учением о подземных водах – гидрогеологией. Развитие гидрогеологии началось несколько ранее инженерной геологии и происходило параллельно с ней. В области гидрогеологии успешно работали В.С. Ильин, Г.Н. Каменский, О.К. Ланге, А.Ф. Лебедев, А.Н. Семихатов и др.

В современных условиях инженеры-строители, как правило, сами не ведут инженерно-геологических исследований – для этого существуют специализированные инженерно-геологические организации; однако при проектировании и осуществлении строительства они должны знать, понимать, учитывать инженерно-геологические и гидрогеологические

условия строительной площадки. Они должны уметь правильно и вовремя поставить перед геологом задачи инженерно-геологических исследований и их необходимый объем.

Наконец, на основе таких исследований инженеры-строители должны уметь принимать правильное решение о проведении инженерно-строительных мероприятий, необходимых в данных конкретных условиях строительной площадки.

Возникновение инженерной геологии и развитие ее на первых этапах были связаны со строительством. Исследования горных пород в строительных целях начали проводиться задолго до появления термина «инженерная геология». Поэтому можно говорить о предыстории инженерной геологии, которая, по существу, складывается из двух этапов.

Первый этап — когда строители и горные инженеры самостоятельно изучали горные породы, являющиеся основанием, средой и материалом для различных сооружений. Вряд ли можно, хотя бы приблизительно, указать, когда начали изучаться горные породы в связи со строительством. Началом же научных исследований и обобщения накопленного материала инженерно-геологического характера, т. е. началом первого этапа предыстории инженерной геологии, можно считать первые десятилетия XIX в. Оно было, безусловно, связано с развитием промышленного капитализма в Европе, и в частности в России. Строительство заводов, фабрик, плотин и других сооружений требовало наиболее рациональных решений: достаточной их надежности при наименьших затратах. Достигнуть этого без изучения горных пород было нельзя, поэтому строители начали уделять им гораздо больше внимания, чем ранее. При этом в их работах горные породы назывались грунтами.

С целью обобщения накопившегося опыта строительства и использования его в сходных условиях строителям самим пришлось разрабатывать классификации грунтов, описывать их особенности, характеризовать свойства грунтов, учитывать воздействие геологических процессов на различные сооружения.

Второй этап предыстории инженерной геологии связан с привлечением геологов к изысканиям под строительство (с начала XIX по 20-е годы XX в.). В это время геологи начали привлекаться к решению вопросов в связи со строительством железных дорог, каналов и других крупных сооружений. Среди геологов, консультировавших строителей, было немало известных ученых. В качестве примера можно назвать: В. Смита (Англия), Ч. Беркли (США), И. В. Мушкетова, В. А. Обручева, А. П. Павлова и др. При изысканиях под железные дороги большое внимание уделялось геологическому строению полосы трассы и геологическим процессам в ее пределах.

Возникновение грунтоведения и механики грунтов. После Великой Октябрьской социалистической революции в Советском Союзе возникло новое направление в изучении почв и горных пород — грунтоведение.

Предпосылками для его возникновения явились: генетический подход, разработанный В. В. Докучаевым в почвоведении, и работы П. А. Земятченского по изучению глин, сформулировавшего в 1923 г. положение о том, что глину надо изучать как физическое тело, сложившееся в определенных естественноисторических условиях.

Началом оформления грунтоведения следует считать создание в Петрограде в 1923 г. Дорожно-исследовательского бюро, которое под руководством Н. И. Прохорова, П. А. Земятченского и Н. Н. Иванова организовало исследование почв и осадочных (преимущественно молодых) пород для дорожного строительства. Возникло дорожное грунтоведение, которое позднее, когда генетический подход нашел себе место при изучении горных пород для других видов инженерных сооружений, утратило прилагательное «дорожное» и стало называться более широко — «грунтоведение». В 1930 г. была открыта кафедра грунтоведения в Ленинградском университете, а в 1938 г. такая же кафедра — в Московском университете.

Под грунтоведением стала пониматься наука, изучающая любые горные породы, почвы и искусственные грунты как объект инженерно-строительной деятельности человека, свойства которых определяются их генезисом и постгенетическими процессами и которые представляют собой многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени. В 1925 г. вышла монография К. Терцаги «Строительная механика грунтов», положившая начало новой науке — «механике грунтов», возникшей на стыке физико-математических, строительных и геологических наук. Механика грунтов рассматривает те общие закономерности, которые вытекают из применения к горным породам законов теоретической и строительной механики. При этом механические свойства грунтов, подчиняющиеся законам механики и укладываемые в определенные расчетные схемы, ставятся на первое место, а геологические особенности грунтов, сформировавшиеся в результате их генезиса, учитываются меньше. В западных странах изучение горных пород для строительных целей стало осуществляться преимущественно в рамках механики грунтов; в Советском Союзе получили развитие как грунтоведение, так и механика грунтов. Возникновение и развитие инженерной геологии. При решении вопросов, связанных со строительством, мало знать особенности горных пород, изучаемые грунтоведением и механикой грунтов. До начала строительства, на стадии выбора наилучшего варианта участка и объективной оценки конкурирующих вариантов, необходим широкий круг сведений о геологическом строении территории, геологических процессах, которые уже протекают или могут возникать в результате строительства, о гидрогеологических условиях и т. д. Изучение этих вопросов взяла на себя новая наука — инженерная геология.

Сейчас трудно установить, откуда появилось это название. По воспоминаниям И. В. Попова, «оно носилось в воздухе и употреблялось русскими геологами уже в 20-х годах». Впервые под названием «Инженерная

геология» в 1929 г. вышла книга Редлиха, Кампе и Терцаги на немецком языке, но в ней обоснование названия и изложение методологических основ инженерной геологии отсутствовали.

Инженерная геология как наука оформилась впервые в Советском Союзе. На первой стадии ее формирования решающее значение имело гидротехническое строительство, явившееся частью ленинского плана электрификации нашей страны.

В те же годы за рубежом возникла «геотехника», которая получила широкое развитие в Швеции, Норвегии, Германии, Англии, США и ряде других стран. На первое место в «геотехнике» выдвигались механико-математические методы анализа геологических и инженерно-геологических явлений, влияющих на устойчивость сооружения, а геологическим исследованиям отводилась второстепенная роль. Поэтому многие ученые, работающие в области инженерной геологии в СССР, выступили с критикой методологических основ геотехники. В этой борьбе инженерная геология еще больше укрепила свои позиции как геологическая наука, а ее определение стало более широким.

В 1951 г. вышел учебник «Инженерная геология» И. В. Попова. В нем автор пишет: «Инженерная геология как наука является отраслью геологии, изучающей динамику верхних горизонтов земной коры в связи с инженерной деятельностью человека».

Инженерная геология, подобно всей современной науке, развивалась под влиянием процессов дифференциации и синтеза. В результате дифференциации сформировались три основных раздела инженерной геологии (три инженерно-геологические дисциплины): грунтоведение, инженерная геодинамика и региональная инженерная геология. Процесс синтеза в инженерной геологии выражается во взаимопроникновении инженерно-геологических дисциплин и во взаимосвязи инженерной геологии со смежными науками, в первую очередь с гидрогеологией и мерзлотоведением.

Именно в таком понимании инженерная геология стала развиваться в социалистических странах: Польше, Чехословакии, ГДР, Югославии и др. Это направление нашло многих сторонников в капиталистических и развивающихся странах. Благодаря этому оказалось возможным создать в 1968 г. на XXII Международном геологическом конгрессе Международную ассоциацию инженеров-геологов (МАИГ).

Однако нельзя сказать, что развитие инженерной геологии завершилось. В настоящее время значительно расширяется круг задач, стоящих перед инженерной геологией. В связи с этим изменяется и понятие самого термина «инженерная геология».

В 1944 г. В. И. Вернадский ввел понятие о «ноосфере» — сфере разума, «где человек становится крупнейшей геологической силой». Справедливость его слов становится все более очевидной по мере развития научно-технического прогресса.

Следующие примеры подтверждают это положение. На 1970 год площадь Земли, занятая под жилые застройки и другие инженерные сооружения, составляла 4% суши, а к 2000 г. по прогнозу эта площадь будет занимать около 15% суши.

Особая роль принадлежит городам. Уже сейчас в городах живет около 62% населения. Город — это территория, где воздействие человека на поверхностную часть литосферы наиболее интенсивно и разнообразно; это воздействие может достигать глубины 100 и более метров. Деятельность людей, связанная с горными и строительными работами, по своим масштабам соизмерима с денудационной работой рек. Производственная деятельность людей приводит к ежегодному перемещению $10\,000\text{ км}^3$ вещества. На поверхности Земли оказываются тысячи кубокилометров отвалов пород, ничего общего не имеющих с современным четвертичным покровом.

Общая протяженность железнодорожной сети мира составляет около 1 400 тыс. км. Породы, положенные в насыпи железных и шоссейных дорог, сопоставимы с современными отложениями рек.

Протяженность берегов искусственных водохранилищ, построенных только в России, приближается к величине земного экватора; на 2000 г. их протяженность была 33 тыс. км. На всем этом протяжении идет интенсивная переработка берегов, образуются оползни, происходят процессы засоления и заболачивания.

Длина оросительных магистральных каналов в странах СНГ превышает 300 тыс. км, что составляет $\frac{3}{4}$ расстояния между Землей и Луной. Мелиоративное и ирригационное строительство захватывает массивы в десятки и даже сотни квадратных километров. Площадь орошаемых земель к концу нашего века во всем мире, по-видимому, достигнет 200 млн. га. Не меньшая площадь подвергнется осушению.

На этих площадях человек коренным образом меняет водный режим и состояние почв и горных пород, слагающих поверхностную часть Земли.

Количество примеров, показывающих масштабы воздействия человека на поверхностную часть литосферы, можно было бы умножить.

Вся инженерно-хозяйственная деятельность людей тесно связана между собой, и в такой же тесной связи оказываются различные виды воздействия человека на земную кору. Однако в настоящее время наибольшее значение в этом отношении имеет строительная и горнодобывающая деятельность людей, под влиянием которой в первую очередь «меняется лик Земли, исчезает девственная природа» (Вернадский, 1944).

Интенсивное воздействие человека на поверхностную часть земной коры требует изучения инженерно-геологических условий крупных территорий и прогноза их изменения под влиянием деятельности человека на длительное время. При этом под инженерно-геологическими условиями понимаются существующие в данное время особенности геологического строения территории, состава и свойств горных пород, геологических

процессов, рельефа и подземных вод. Без знания этих условий невозможно рациональное решение проблем, связанных с инженерным воздействием человека на поверхностную часть земной коры.

Таким образом, в настоящее время инженерная геология не только обеспечивает необходимыми данными проектировщиков и строителей при возведении самых разнообразных сооружений (что само по себе имеет большое практическое значение), но и решает сложные научные проблемы, возникающие при изучении поверхностной части земной коры как объекта воздействия человека на литосферу. На наших глазах инженерная геология из науки, имеющей главным образом прикладное значение, все в большей и в большей степени становится наукой о ноосфере.

Предметом изучения инженерной геологии являются состав, строение и динамика земной коры, которые познаются в связи с инженерной деятельностью человека.

Под геологическими или инженерно-геологическими условиями понимают рельеф местности, ее геологические и гидрогеологические особенности, состав и свойства слагающих ее пород, а также геологические процессы и явления.

Инженерная геология из цикла геологических дисциплин наиболее тесно связана с такими науками, как механика грунтов – наука, изучающая деформации и напряжения, возникающие в породах под действием внешних и внутренних сил.

В инженерной геологии рассматривается состав, структура, текстура и свойства горных пород как грунтов; разрабатываются прогнозы тех процессов и явлений, которые возникают при взаимодействии сооружений с природной обстановкой, и пути возможного воздействия на процессы с целью устранения их вредного влияния. Под геологическими условиями понимается вся совокупность грунтовых и гидрогеологических условий, естественных и вызванных строительством геологических процессов и явлений. Инженерную геологию можно определить как науку о геологической среде, её рациональном использовании и охране в связи с инженерно-хозяйственной деятельностью человека. Под геологической средой понимается горные породы и почвы, слагающие верхнюю часть литосферы, которые рассматриваются как многокомпонентные системы, находящиеся под воздействием инженерно-хозяйственной деятельности человека, что приводит к изменению природных геологических процессов и возникновению новых антропогенных процессов, изменяющих инженерно-геологические условия конкретной территории.

Инженерная геология включает в себя:

а) инженерная петрология – наука о скальных горных породах, их минералогическом и химическом составе, структуре, происхождении и свойствах;

б) грунтоведение – отрасль инженерной геологии, изучающая происхождение, состав, строение и свойства грунтов (нескальных (мягких)

горных пород);

в) инженерная геодинамика - учение о геологических процессах, влияющих на устойчивость зданий, сооружений и территорий (изучает обвалы, оползни, заболачивания, выветривания и др. процессы);

г) специальная инженерная геология - изучает условия строительства инженерных сооружений (строительства авто- и ж/д, плотин, портовых сооружений, аэропортов, космодромов, метрополитенов);

д) региональная инженерная геология - учение о закономерностях пространственного распространения инженерно-геологических условий.

Гидрогеология – наука о подземных водах; мерзлотоведение – наука, предметом изучения которой является многолетнемерзлая зона земной коры.

Задачи, стоящие перед инженерной геологией:

- 1) Инженерно-геологическое изучение горных пород;
- 2) Изучение опасных геологических процессов (ОГП) с целью предупреждения их (изучение оползней, карста, лёссов, многолетней мерзлоты, переработки берегов водохранилищ);
- 3) Совершенствование полевых методов инженерно-геологических исследований;
- 4) Разработка мероприятий по защите территорий от ОГП;
- 5) Оценка и прогноз изменения инженерно-геологических условий во времени из-за действия климата, процессов внешней и внутренней динамики Земли.

Инженерная геология тесно связана с другими геологическими науками: общая, историческая, структурная геология, гидрогеология, гидрология, петрография, космическая геология, геохимия, кристаллография, геофизика, почвоведение и др., с физикой, химией, биологией, географией, астрономией, математическими науками, с науками строительного направления.

Начало истории инженерной геологии в России считается с 20-х годов XX века с возникновением грунтоведения и механики грунтов. В 1923 г. в Петрограде было создано Дорожно-исследовательское бюро, началось исследование почв и осадочных пород для дорожного строительства. В 1930-е годы вышли первые учебники по грунтоведению. Одновременно с грунтоведением возникла механика грунтов, и другое научное направление, связанное с изучением влияния геологических процессов на возводимые инженерные сооружения, получившее тогда название «инженерная геология».

Геология - это наука о строении и истории развития Земли. Возникновение геологии как самостоятельной науки относится к 18 веку. Изначально геологи изучали состав и строение земной коры, расположение в ней различных полезных ископаемых и т. д. Однако в настоящее время перечень вопросов, которые изучает геология, вышел за пределы данной области. Хотя по-прежнему геологи занимаются разведкой полезных ископаемых, изучением пород, из которых сложена земная кора, важным

объектом исследований являются и процессы, происходящие в недрах, без чего невозможно понять, как происходило развитие Земли в прошлом и чего нам стоит ожидать в будущем. Хотя само слово «геология» происходит от греческих слов «Гео» - «Земля» и «логос» - «знание», т. е. означает «изучение земли», сейчас выделились в геологии выделились и такие разделы, как космология и планетология, которые изучают другие планеты Солнечной системы.

ГЕОДИНАМИКА - наука о глубинных силах и процессах, возникающих в результате эволюции Земли как планеты и определяющих движение масс вещества и энергии внутри Земли и в её внешних твёрдых оболочках. Объекты исследования геодинамики недоступны непосредственному изучению, и о них удаётся судить по косвенным признакам, теоретическим построениям и результатам их проявления на поверхности Земли. Поэтому геодинамика тесно связана с другими науками о Земле и прежде всего с геофизикой, геохимией, петрологией, тектоникой; она опирается на общие законы физики и химии, широко использует сведения по планетологии.

Геодинамика как наука начала обособливаться от других наук о Земле в 1950-е гг. При изучении природы глубинных процессов очень важны исходные теоретические концепции об образовании и эволюции планет Солнечной системы. О природе глубинных процессов можно судить по их проявлению в близповерхностных структурах земной коры и в магматизме. Возрождение в 1960-х гг. мобилистских представлений о дрейфе континентов и создание теории тектоники литосферных плит привели к новому толкованию природных глубинных процессов. В качестве движущего механизма перемещения литосферных плит рассматриваются конвективные течения в мантии Земли. В соответствии с одной точкой зрения (американские учёные У. Эльзассер и др.), конвективные течения охватывают только верхнюю мантию, а сама конвекция связана с выделением радиоактивного тепла.

Согласно другой гипотезе (А. С. Монин, О. Г. Сорохтин, Е. В. Артющков), предполагается, что конвекция охватывает всю мантию Земли и вызывается выделением энергии вследствие физико-химической реакции, обособления ядра Земли и высвобождения при этом более лёгкого материала, всплывающего вверх. Такая конвекция по своей природе - химико-плотностная, или гравитационная. Если в Земле устанавливается одноячейстая конвекция, состоящая из одной восходящей и одной нисходящей ветвей, то все континенты собираются вместе над нисходящей ветвью, образуя единый суперконтинент - Пангею, существовавший в позднем палеозое. Если конвективные течения распадаются на много ячеек, то происходит раскол континентов и образование новых океанов, например, как это было в мезозойское время, когда возникли Атлантический и Индийский океаны.

Геотектонические гипотезы, предполагающие сокращение, расширение

или попеременное изменение радиуса Земли (пульсационная гипотеза В. А. Обручева и американского геолога У. Бачера), также составляют объект исследований геодинамики, рассматривающей возможные физические причины таких вариаций размера Земли.

Геодинамика исследует механизм движения литосферных плит, изучая динамические условия (разрыв материковых глыб в зонах растяжения, надвиги, подвиги и складчатость в зонах сжатия), возникающие вдоль их границ и связанные с ними тектонические (в том числе сейсмические) и магматические процессы. При этом используются данные палеомагнетизма (позволяющие определить ту географическую широту и ориентировку, которую имели глыбы земной коры в геологическом прошлом), сейсмологии, тектоники и результаты измерения современных напряжений в земной коре. При изучении движений литосферных плит пользуются законами сферических геометрий. Общая геодинамика, или геодинамика внутренних оболочек, изучает глубинные процессы. Частная геодинамика изучает процессы во внешних оболочках, т.е. движение литосферных плит, геодинамическую обстановку и т.д. Региональная геодинамика изучает взаимодействия литосферных плит и результаты их проявлений в рамках конкретных территорий земной поверхности. Историческая геодинамика, или палеогеодинамика, занимается восстановлением геодинамических обстановок геологического прошлого, в первую очередь, реконструкцией бывшего расположения и взаимодействия литосферных плит, наиболее существенная роль при этом принадлежит палеомагнитным исследованиям.

Объектами изучения геологии являются

- состав и строение природных тел и Земли в целом;
- процессы на поверхности и в глубинах Земли;
- история развития планеты;
- размещение полезных ископаемых.

Существует определенная иерархия геологических тел : минерал - горная порода - геологическая формация - геосфера - планета в целом. «Минимальным» объектом, изучаемым в геологии, выступает минерал (составляющие минералы элементарные частицы и химические элементы рассматриваются в соответствующих разделах физики и химии).

Минералы - однородные по составу и строению кристаллические вещества, образовавшиеся в результате природных физико-химических процессов. Минералогия - это наука о составе, свойствах, строении и условиях образования минералов. Это одна из старейших геологических наук, по мере развития, которой от неё отделялись самостоятельные ветви геологических наук.

Горные породы - естественные минеральные агрегаты, образующиеся в глубинах Земли или на её поверхности в ходе различных геологических процессов. По происхождению (генетически) выделяются три типа горных пород:

- магматические, образующиеся в результате кристаллизации огненно-

жидких природных преимущественно силикатных расплавов - магмы и лавы;
- осадочные, формирующиеся на поверхности Земли в результате физического и химического разрушения существующих пород, осаждения минералов из водных растворов или в результате жизнедеятельности живых организмов;

- метаморфические, возникающие при преобразовании магматических, осадочных или ранее образовавшихся метаморфических пород в глубинах Земли под воздействием высоких температур и давлений.

Горные породы рассматриваются петрографией. Петрография - наука, занимающаяся изучением состава, строения, происхождения и закономерностей распространения горных пород. Обычно из петрографии выделяется, как самостоятельная наука, литология, изучающая осадочные горные породы.

Геологические формации - закономерное сочетание определенных генетических типов горных пород, связанных общностью условий образования.

Региональная геология - раздел геологии, занимающийся изучением геологического строения и развития определенных участков земной коры.

Геосферы - концентрические слои (оболочки), образованные веществом Земли. В направлении от периферии к центру Земли расположены атмосфера, гидросфера (образующие внешние геосферы), земная кора, мантия и ядро Земли (внутренние геосферы). Область обитания организмов, включающая нижнюю часть атмосферы, всю гидросферу и верхнюю часть земной коры, называется биосферой.

Важнейшая роль в изучении геосфер, их состава, протекающих в них процессов и их взаимосвязи, отводится геофизики и геохимии. Геофизика - комплекс наук, изучающих физические свойства Земли в целом и физические процессы, происходящие в её твёрдых сферах, а также в жидкой (гидросфера) и газовой (атмосфера) оболочках. Геохимия - наука, изучающая историю химических элементов, законы их распределения и миграции в недрах Земли и на её поверхности. Наука, исследующая глубинные процессы, изменяющие состав и строение твердых оболочек Земли, называется геодинамикой.

Минералы и горные породы залегают в виде определённых геологических тел. Важным направлением геологии является наука, изучающая формы залегания пород, механизм и причины образования этих форм. Наука, изучающая формы залегания горных пород в земной коре и механизм образования этих форм называется структурной геологией (обычно рассматривается как раздел тектоники). Тектоника - наука о строении, движениях и деформациях литосферы и её развитии в связи с развитием Земли в целом.

Геологами приходится иметь дело с толщами горных пород, накопившимися за миллиарды лет. Поэтому ещё одно важнейшее направление включает науки, восстанавливающие по следам, сохранившимся

в толщах горных пород, события геологической истории и их последовательность. Геохронология - учение о последовательности формирования и возрасте горных пород. Стратиграфия - раздел геологии, занимающийся изучением последовательности образования и расчленением толщ осадочных, вулканогенно-осадочных и метаморфических пород, слагающих земную кору. Обобщающей дисциплиной этого направления является историческая геология - наука, изучающая геологическое развитие планеты, отдельных геосфер и эволюцию органического мира. Все названные геологические науки тесно связаны с палеонтологией, возникшей и развивающейся на стыке геологии и биологии. Палеонтология - наука, изучающая по ископаемым остаткам организмов и следам их жизнедеятельности историю развития растительного и животного мира прошлых геологических эпох.

Законченную картину развития Земли можно составить, только изучая слои осадочных пород в различных местах земной поверхности и сопоставляя полученные результаты. В этом и состоит основная задача исторической геологии, главный раздел которой - наука об исторической последовательности слоев земной коры - именуется стратиграфией. Эта наука основывается на изучении состава горных пород (литология), а также на исследовании остатков животных и растений, «законсервированных» в горных породах, и на определении абсолютного возраста горных пород, основывающемся на закономерностях распада во времени радиоактивных элементов, содержащихся в этих породах.

Изучением состава литосферы занимаются: петрология, исследующая магматические и метаморфические породы, литология, изучающая осадочные горные породы, минералогия - наука, изучающая минералы как природные химические соединения и геохимия - наука о распределении и миграции химических элементов в недрах земли.

Геологические процессы, формирующие рельеф земной поверхности, изучает динамическая геология, частью которой являются геотектоника, сейсмология и вулканология.

Раздел геологии, занимающийся изучением истории развития земной коры и Земли в целом, включает стратиграфию, палеонтологию, региональную геологию и носит название Историческая геология.

В последние десятилетия появились и приобретают все большее значение науки связанные с исследованием космоса (космическая геология), дна морей и океанов (морская геология).

Вместе с тем есть геологические науки, находящиеся на стыке с другими естественными науками: геофизика, биогеохимия, кристаллохимия, палеоботаника. К ним относятся также геохимия и палеогеография. Для географических наук, таких как ландшафтоведение, климатология, гидрология, океанография, более всего важны геологические науки, изучающие процессы, влияющие на формирование рельефа земной поверхности и историю образования земной коры всей Земли.

2. СТРОЕНИЕ ЗЕМЛИ, РОЛЬ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ЕЕ ЖИЗНИ

Планета Земля, как и другие планеты Солнечной системы, имеет ярусно-оболочечное строение и состоит из нескольких неоднородных геосфер (рис. 8). Различают внешние геосферы (атмосфера, гидросфера) и внутренние (земная кора, мантия и ядро). Оболочки Земли находятся в сложном взаимодействии.

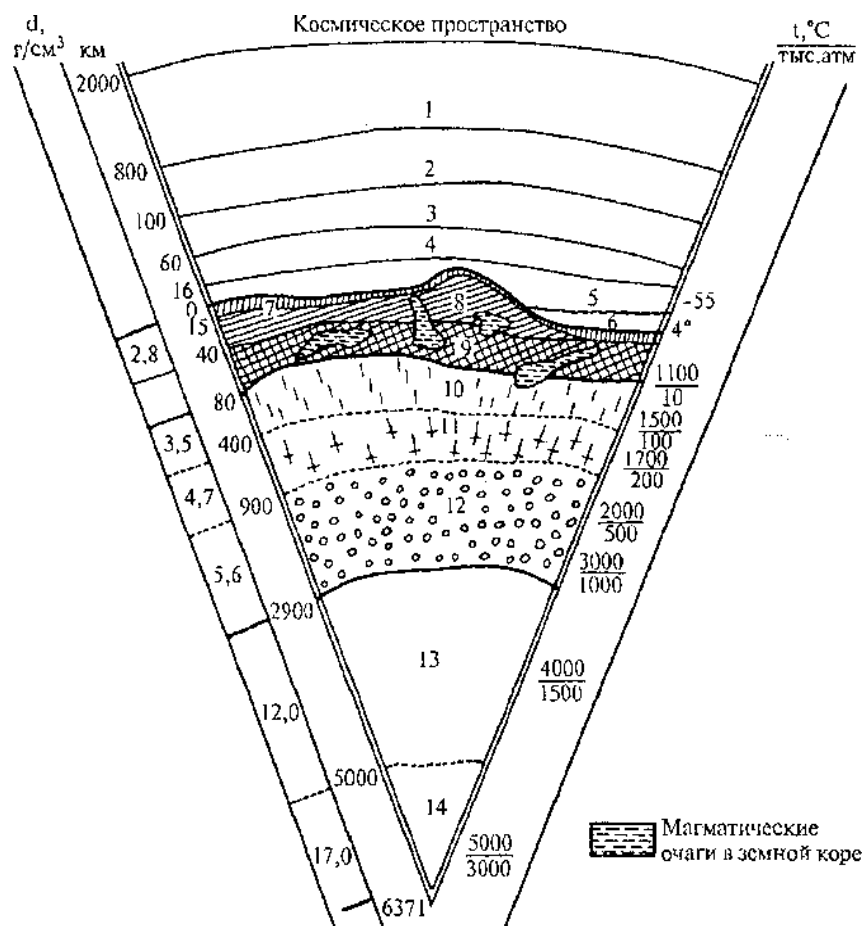


Рис. 8. Схема строения Земли:

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

Атмосфера — газообразная оболочка Земли в приземных слоях, состоит из азота — 78,08 %, кислорода — 20,95, аргона — 0,92, диоксида углерода — 0,04 и других газов — 0,01 %. Основная масса воздуха атмосферы сосредоточена в тропосфере, в слое ..10—16 км. Отдельные ионы воздуха обнаружены на высоте около 2000 км от поверхности земной коры, а

выше находится космическое пространство. На высоте 20—25 км расположен озоновый слой, который предохраняет все живые организмы на Земле от вредного коротковолнового излучения Солнца. Температура воздуха в тропосфере до высоты примерно 12 км понижается на 5—6°С на каждый километр. Уровень 12 км называют тропопаузой. Температура на этом уровне составляет около —50—60°С, выше она повышается, а далее снова понижается. Из общего количества излучения, испускаемого Солнцем в сторону Земли, 69 % расходуется на нагревание атмосферы, поверхности материков и океанов, всего 1—2 % используется растениями в фотосинтезе, а остальная энергия отражается в космическое пространство. В атмосфере всегда присутствуют пыль различного происхождения, водяной пар, промышленные дымы, вулканические выделения и другие компоненты, которые мигрируют в составе перемещающихся воздушных масс.

Газовый состав атмосферы примерно 3—3,5 млрд. лет тому назад был совсем иным. Постепенное его изменение и современный состав стали возможными только с появлением жизни на Земле, в основном под влиянием живых организмов.

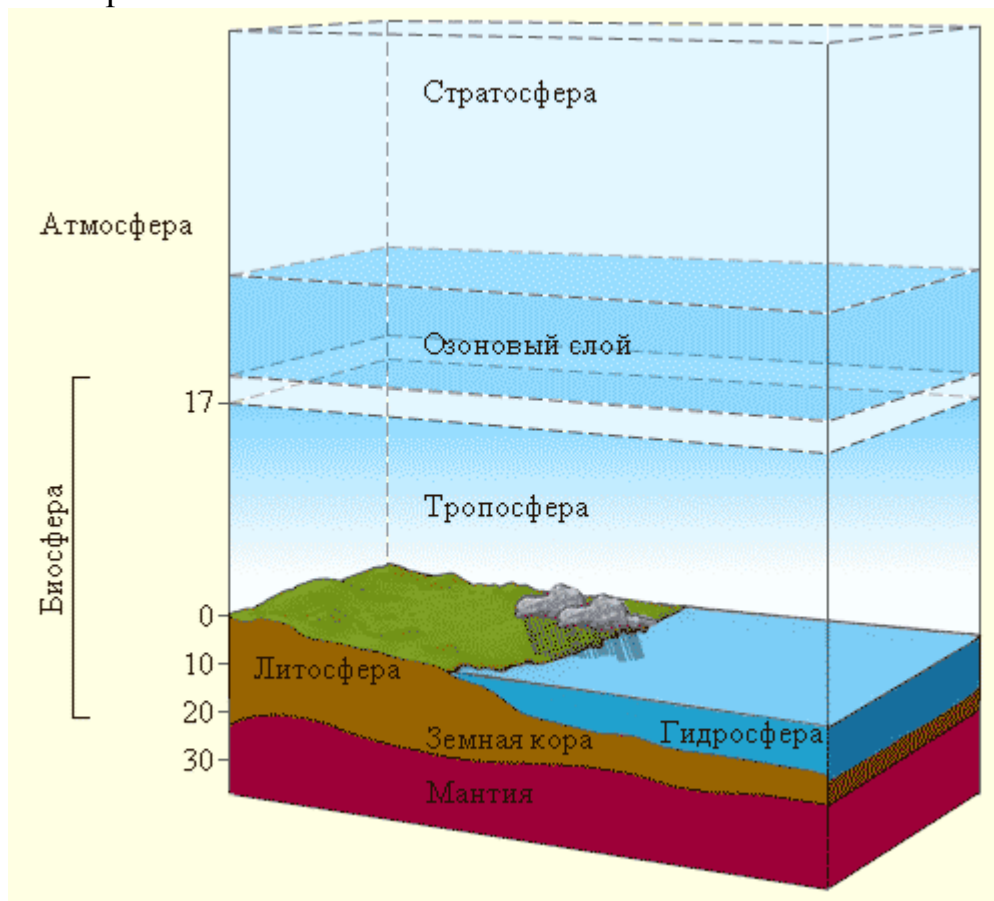


Рис.9

Жизнь на Земле невозможна без воды, ведь вода - источник водорода для всех живых организмов нашей планеты. Все процессы, связанные с метаболизмом, происходят в жидкой среде, и вода служит транспортом для шлаков, позволяя таким образом очищать организмы от естественных ядов.

Гидросфера включает океаны, моря, озера, реки, ледяные пространства (подземные воды сюда не входят) и покрывает прерывистой оболочкой около 71 % поверхности Земли. Средняя плотность гидросферы $1,03 \text{ г/см}^3$. Концентрация солей в Мировом океане примерно 3,5 %. В разных морях концентрация солей неодинакова, например, в Средиземном море — около 3,9 %, в Балтийском — 0,7, в Черном море — 1,8 %. В воде океанов, морей и соляных озер растворено около 22 млн. км^3 солей. Таким количеством соли можно покрыть поверхность земного шара слоем толщиной более 50 м. Земная кора состоит из трех слоев, в которых по происхождению преобладают те или иные горные породы: слой осадочных пород мощностью до 15 км, ниже — гранитный слой до 40 км и еще ниже — базальтовый слой до 80 км (см. рис. 10). Границы между ними условные. Для каждого слоя характерны определенные скорости прохождения сейсмических волн. Нижние зоны земной коры в связи с высокими температурами характеризуются присутствием очагов расплавленных минеральных масс (магмы). Под влиянием высокого давления происходят процессы метаморфизма, т. е. переуплотнения минеральных образований с созданием иных кристаллических структур с новыми физическими свойствами.

Осадочный и гранитный слои иногда называют «сиаль», в них преобладают минералы с более высоким содержанием кремния и алюминия, а базальтовый слой с выраженным силикатно-магнезиальным составом минералов называют «сима».

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

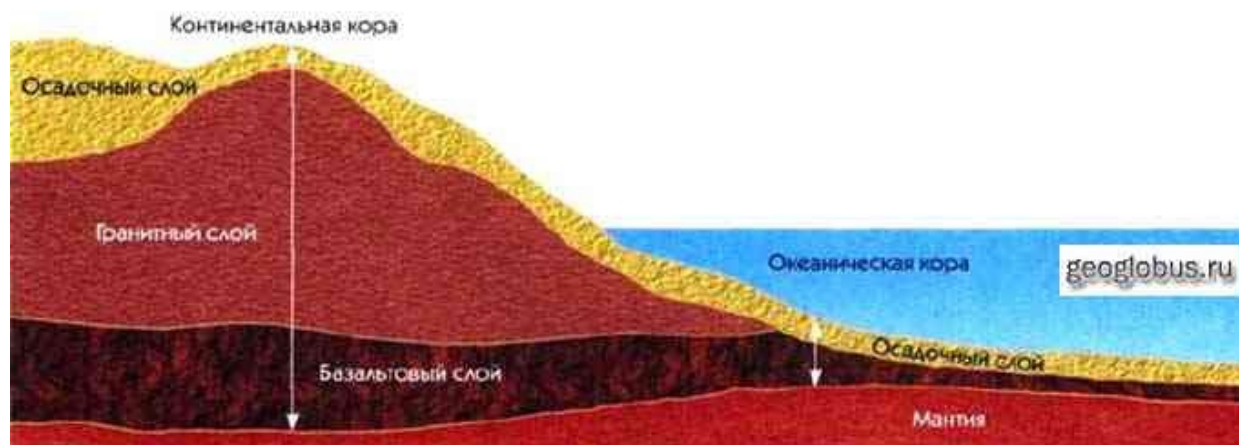


Рис.10

Земная кора - верхняя часть литосферы (рис. 10). В масштабах всего земного шара её можно сравнить с тончайшей плёнкой - столь незначительна её мощность. Но даже эту самую верхнюю оболочку планеты мы знаем не

очень хорошо. Как же можно узнать о строении земной коры, если даже самые глубокие скважины, пробуренные в коре, не выходят за первый десяток километров? На помощь учёным приходит сейсмолокация. Расшифровывая скорость прохождения сейсмических волн через разные среды, можно получить данные о плотности земных слоёв, сделать вывод об их составе. Под континентами и океаническими впадинами строение земной коры отличается.

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

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

Что такое биосфера? Биосфера – сфера Земли, в которой существует жизнь. Биосфера включает в себя верхнюю часть литосферы (15-20 километров), гидросферу и нижнюю часть атмосферы. Этот термин ввел ученый Зюсс в XIX веке.

Биосфера состоит из живого материала (биотического) и неживого (абиотического) материала. Биотический материал представлен различными животными и растениями, биотический материал составляет биотический компонент биосферы. Абиотический материал представлен совокупностью воды, воздуха, химических элементов и других «неодушевленных» материй. Это все составляет абиотический компонент биосферы.

Биосфера живет за счет постоянного круговорота веществ и энергий. Основным источником энергии, Солнце, поставляет на Землю колоссальное количество энергии. 40% полученной энергии излучается обратно в космос, примерно 15% идет на «разогрев» планеты, а остальное - видимый свет - первоисточник жизни на нашей планете.

Существуют 4 основных процесса, которые характеризуют круговорот вещества: это брожение, хемосинтез, фотосинтез и дыхание. Именно благодаря этим процессам и «крутятся» различные вещества в природе,

изменяя форму, вид и свойства.

В. И. Вернадский считал, что важнейшими свойствами биосферы являются: существование живых организмов (микроорганизмов, насекомых, растений, животных и др.); тесная связь живых существ с окружающей средой; постоянный материально-энергетический обмен ее с космосом; подвижное динамическое равновесие.

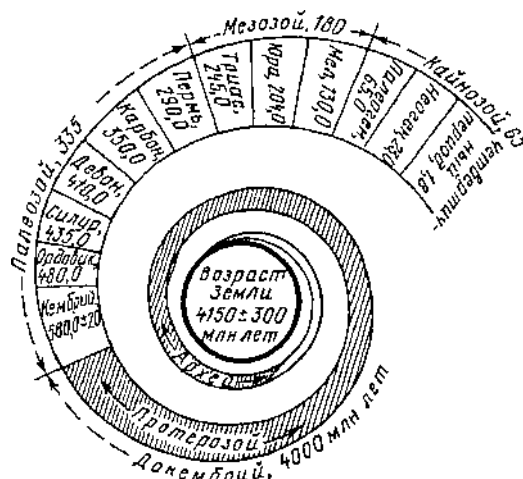


Рис. 11. Геохронологическая шкала истории Земли (по Ф. Ф. Давитая): внешние слова обозначают названия эр и их длительность млн. лет; внутренние слова в спирали и цифры — краткие названия геологических периодов и их рубежи млн. лет назад

Возникновение биосферы и ее развитие связаны с возникновением и развитием жизни на Земле. Наиболее древние следы жизни в виде бактерий и синезеленых водорослей обнаружены в осадочных и метаморфизованных горных породах, образовавшихся в *архейскую* эру (рис. 11). В *протерозой* живые организмы стали более разнообразными. Кроме бактерий и водорослей встречались стоматолиты и бесскелетные животные — кишечнополостные. В *палеозойскую* эру, в силурийский геологический период, появились споровые растения, в период девона — голосеменные, а в пермский период — покрытосеменные растения. Постепенно шло эволюционное развитие животных организмов, в том числе позвоночных: от рыб к человеку.

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

Почвенный покров (педосфера), играя общепланетарную роль, находится в тесной взаимозависимости и постоянном взаимодействии с

земной корой, живым населением планеты, гидросферой и атмосферой, играя общепланетарную роль.

Значение почвенного покрова заключается в следующем.

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

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

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

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

В формировании осадочных пород земной коры и изменении их минералогического состава. Почвообразовательные процессы на Земле и одновременно идущие с ними процессы выветривания минералов и горных пород продолжались миллионы лет. За это время в верхней части земной коры сформировался мощный слой пластосадочных пород континентального

и морского происхождения. В большей или меньшей степени они испытали на себе прямое действие почвенного покрова, древней растительности и животного мира соответствующих геологических периодов. Происходило постепенное оглинивание рыхлых масс осадочных пород, образование вторичных минералов (кварца, лимонита и др.), неоднократное переотложение осадочных пород природными факторами с включением в их состав органических веществ и соединений минерального азота почвенного происхождения. Образование некоторых полезных ископаемых (торфа, болотной руды и др.) — непосредственный результат почвенных процессов.

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

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

2.1. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Термин «земная кора» был введен в географическую науку австрийским геологом Э. Зюссом в 1881 г. Помимо этого термина данный слой имеет и другое название - сиаль, составленное из первых букв наиболее распространенных здесь элементов - кремния (silicium, 26%) и алюминия (aluminium, 7,45%).

В 1954 г. Г.А. Гамбурцевым был разработан метод глубокого сейсмического зондирования (ГСЗ), позволивший «просветить» недра Земли до глубины в 100 км.

Сейсмические исследования стали проводить по специальным профилям, что позволило получать учёным непрерывную информацию о строении земной коры. Сейсморазведка проводилась в прибрежных зонах морей и океанов, а в начале 60-ых годов начались глобальные исследования этим методом дна Мирового океана. Было научно обосновано представление о существовании двух принципиально различных типов коры: континентальной и океанической.

Материалы ГСЗ позволили советским геофизикам (Ю.Н. Годин, Н.И.

Павлинкова, Н.К. Булин и др.) опровергнуть представления о существовании повсеместно выдержанной поверхности Конрада. Это было подтверждено и бурением Кольской сверхглубокой скважины, которая не вскрыла подошву гранитного слоя на глубине, указанной геофизиками.

Стали развиваться представления о существовании нескольких поверхностей раздела типа поверхности Конрада, положения которых определялись не столько сменой состава кристаллических пород, сколько различной степенью их метаморфизма. Высказывались мысли о том, что в составе гранитного и базальтового слоёв земной коры существенную роль играют метаморфические породы. Увеличение скорости сейсмических волн объяснялось возрастанием основности пород и большой степенью их метаморфизма. Таким образом, в составе «гранитного» слоя должны находиться не только гранитоиды, но и метаморфические породы (типа гнейсов, слюдистых сланцев и т.д.), возникшие из первично осадочных отложений. Слой стали называть гранито-метаморфическим, или гранито-гнейсовым. Исследования ряда отечественных и зарубежных учёных в 80-е годы доказали, что в строении земной коры континентов кроме осадочного слоя, необходимо выделить, по крайней мере, три, а не два, слоя: верхний, средний и нижний (рис. 12). Верхний слой, мощностью $8 \div 15$ км, отмечается нарастанием скорости сейсмических волн с глубиной, блоковостью строения, наличием сравнительно многочисленных трещин и разломов. Подошва слоя со скоростями $6,1 \div 6,5$ км/с определяется как граница К. Второй (средний) слой до глубин $20 \div 25$ км (иногда до 30 км) характеризуется некоторым снижением скорости упругих волн (порядка $6,4$ км/с), отсутствием градиентов скоростей. Его подошва выделяется, как граница К. Считается, что второй слой сложен породами типа базальтов, поэтому его можно отождествлять с «базальтовым» слоем коры.

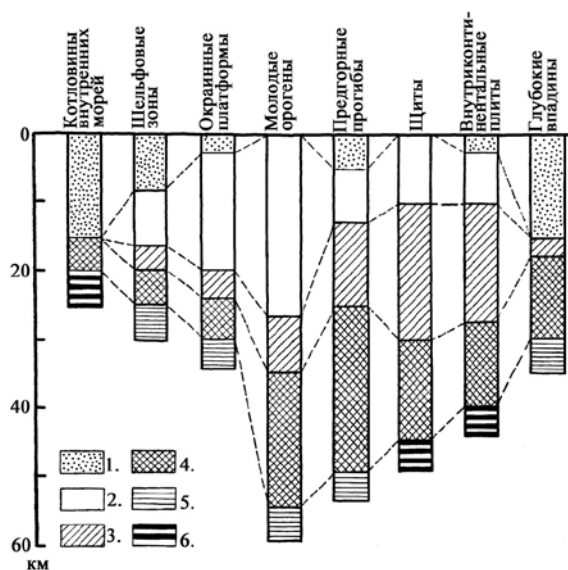


Рис.12. Скоростные колонки для основных структурных элементов материков (по Н.И. Павленковой). 1 - осадочный слой; 2-4 - слои консолидированной коры (2 - верхний, 3 - средний, 4 - нижний); 5 и 6 - мантия.

Третий (нижний) слой, прослеживающийся до подошвы коры, высокоскоростной (6,8 ÷ 7,7 км/с). Для него присуща тонкая расслоенность и увеличение с глубиной градиента скорости. Он представлен ультраосновными породами, поэтому его нельзя относить к «базальтовому» слою коры. Есть предположения, что нижний слой коры является продуктом преобразования вещества верхней мантии, своеобразной зоной выветривания мантии. В классической модели строения коры средний и нижний слои составляют гранито-базальтовый слой.

Для земной коры, глубоких платформенных впадин и передовых прогибов характерны следующие особенности строения: большая мощность осадочного слоя (до половины мощности всей коры); более тонкая и более высокоскоростная, чем на других участках платформ, консолидированная кора; приподнятое положение поверхности мантии.

2.2. ТИПЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Континентальная кора развита под континентами и, как уже говорилось, имеет разную мощность. В пределах платформенных областей, соответствующих континентальным равнинам, это 35-40 км, в молодых горных сооружениях - 55-70 км. Максимальная мощность земной коры - 70-75 км - установлена под Гималаями и Андами. В континентальной коре выделяются две толщи: верхняя - осадочная и нижняя - консолидированная кора

Параллельно с развитием представлений о строении коры континентов в последние 50 лет установлено, что океаническая кора по своему строению принципиально отличается от континентальной. Она состоит из трёх слоев: первого - осадочного, второго - базальтового, и третьего - габбро-серпентинитового (рис. 13).

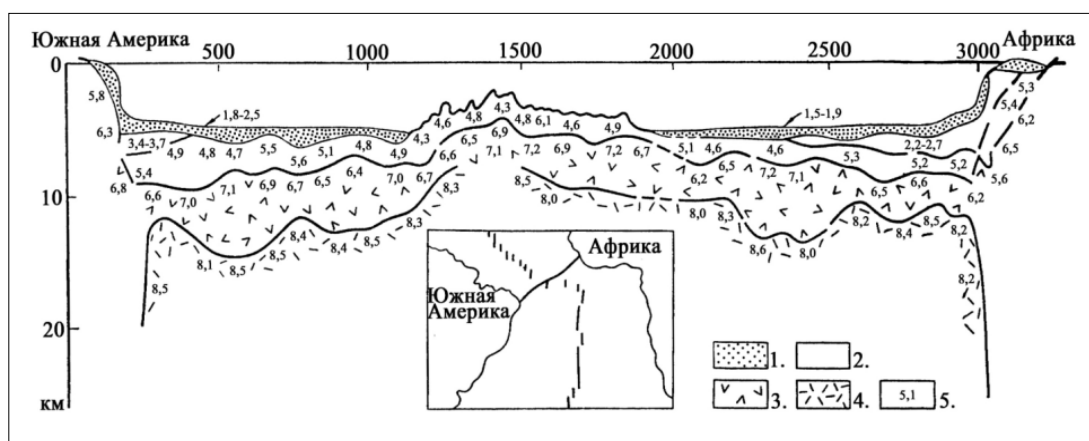


Рис. 13. Сейсмический разрез через экваториальную Атлантику (по Р.Лейдену, Р.Шеридану, М.Эвингу). 1 – 3 - слои океанической коры (1 осадочный, 2 – базальтовый, 3 – габбро-серпентинитовый); 4 – мантия; 5 – скорости сейсмических волн, км/с

Первый (осадочный) слой с поверхности покрывает дно морей и океанов. Плотность осадков составляет около 2 г/см^3 . Скорость распространения сейсмических волн варьирует от 1,5 до 2,5 км/с. Образование осадочного слоя океанов происходит, главным образом, за счёт выноса осадочных веществ реками с континентов (19,5 млрд. т в год), собственного океанического осадконакопления (1,8 млрд. т в год) и вулканической деятельности (1,7 млрд. т в год). В меньшем масштабе осадочный материал поставляется в Мировой океан ледниками, морской абразией, деятельностью ветра. На большей части океанического дна осадочный слой присутствует.

Наименьшая мощность его наблюдается в пределах срединно-океанических хребтов. Обычно осадки (не более 100 м) заполняют карманы между горными пиками. На самих вершинах они, как правило, отсутствуют, иногда располагаясь на них в виде своеобразных шапок. Дно рифтовой долины, сложенное базальтовыми породами, покрыто тонким слоем преимущественно органогенных осадков. В пределах океанического ложа мощность осадочного слоя не превышает 500 м. Осадки распределены равномерно, возрастая до нескольких километров по направлению к континентам и в глубоководных желобах.

Аномально высокие мощности осадочного слоя установлены по перифериям океанов. Так, в пределах материковой окраины Атлантического океана выявлены мощные осадочные тела (линзы), вытянутые вдоль подножия континентального склона субпараллельно береговой линии.

Мощность осадков превышает 10 км, их строение осложнено солянокупольной тектоникой. Столь же внушительные мощности осадочного слоя отмечаются и в котловинах окраинных морей Переходной зоны (Охотское, Японское и другие моря). В состав слоя входят глинистые, кремнистые и карбонатные глубоководные пелагические осадки. Ближе к континентам появляются примеси обломочного материала, сносимого с суши (гемипелагические осадки).

Степень деформированности осадочного слоя океанов изучена пока недостаточно. Обычно осадки выполняют неровности рельефа дна, залегая субгоризонтально. Однако во многих местах Мирового океана обнаружены складки, соляные и глинистые диапиры, разломы. Всё это свидетельствует о напряженной динамической обстановке в пределах осадочной толщи океанов.

Второй («базальтовый») слой сложен чередованием базальтовых лавовых потоков, брекчий, вулканических пеплов и долеритовых даек. Такая разнородность слоя определяет и резкие колебания скоростей продольных сейсмических волн от 2,2 до 5,5 км /с. Формирование верхней части слоя происходило в условиях подводного вулканизма, о чём свидетельствуют шаровые поверхности базальтовых потоков. Потоки лав иногда перекрывали донные осадки, и образовывался своеобразный «слоёный пирог». С глубиной

количество и мощность базальтовых пластов увеличиваются, а слои осадочных пород исчезают.

Базальтовый слой является акустической границей с вышележащими осадками. Поэтому его рассматривают как акустический фундамент осадочной толщи океанов. Мощность слоя варьирует от $1,5 \div 2$ км в районах подводных поднятий, до $0 \div 500$ м в наиболее глубоководных впадинах.

Третий (габбро-серпентинитовый) слой представляет фундамент океанической коры. Он прослеживается стабильно во всех частях океанов.

Слой характеризуется постоянством мощности ($5 \div 6$ км) и скоростью распространения сейсмических волн в пределах $6,4 \div 7,2$ км/с. Данные драгирования океанического дна в узких и глубоких расселинах показывают, что верхняя часть третьего слоя представлена габбро, которые образовались при медленной кристаллизации толеитовых базальтовых расплавов в магматическом очаге. Нижняя часть состоит из серпентинитов, возникших при гидратации ультраосновных пород мантии океаническими водами, проникающими вглубь по трещинам литосферы.

Трехслойное строение океанической коры, состоящей из осадочного, «базальтового» и габбро-серпентинитового слоёв, характерно лишь для ложа океанов. Иное строение имеет океаническая кора в пределах срединно-океанических хребтов. Здесь практически отсутствует первый слой, не имеет чёткого распространения и третий, он как бы выклинивается к центральной части срединно-океанических хребтов. Это дало основания некоторым учёным говорить о своеобразной смеси «мантия - кора» в пределах центральных частей срединно-океанических хребтов. Коромантийная смесь залегает в виде гигантских линз (осевых тел), вытянутых практически на всю длину хребтов при мощности до 80 км. Промежуточная кора выделяется по предложению И.Л. Косминской. Для этого типа коры характерны признаки как континентальной, так и океанической коры, в связи, с чем различают два подтипа: субконтинентальный и субокеанический.

Субконтинентальная кора характерна для некоторых островных дуг (Алеутской, Курильской, Южно-Антильской и др.). В её строении присутствуют осадочный, «гранитный» и «базальтовый» слои.

«Гранитный» слой, в отличие от континентов, существенно сокращён в своей мощности. Более того, он не имеет резкой границы с нижерасположенным «базальтовым» слоем. Общая мощность субконтинентальной коры $30 \div 35$ км.

Субокеаническая кора присуща окраинным и некоторым внутриконтинентальным морям (Черное, Средиземное, Охотское и др.). По своему строению она тождественна океанической коре, но отличается значительно увеличенной мощностью осадочного слоя (до 20 км). «Гранитный» слой практически отсутствует и происходит как бы постепенное уплотнение осадочных пород с глубиной. Мощность субокеанической коры $30 \div 35$ км.

2.3. ТЕКТОНИЧЕСКИЕ СТРУКТУРЫ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Под тектоническими структурами понимают участки земной коры, отличные по строению, составу и условиям образования, главным определяющим фактором развития которых являются тектонические движения наряду с магматизмом и метаморфизмом.

Главной тектонической структурой, можно назвать саму земную кору с ее особенностями строения и состава. Земная кора неоднородна на земном шаре, ее подразделяют на 4 типа, два из которых основные - континентальная и океаническая. Следующими по рангу тектоническими структурами будут являться континенты и океаны, характерная разница между которыми заключена в особенностях строения слагающей их коры. Более низкими по рангу будут структуры, слагающие континенты и океаны. Важнейшими из них являются платформы, подвижные геосинклинальные пояса и пограничные участки древних платформ и складчатых поясов.

Земная кора (и литосфера) обнаруживает регионы сейсмичные (тектонически активные) и асейсмичные (спокойные). Спокойными являются внутренние области континентов и ложа океанов - континентальные и океанические платформы. Между платформами располагаются узкие сейсмичные зоны, которые маркируются вулканизмом, землетрясениями, тектоническими подвижками. В океанах различают структурные элементы:

- срединно-океанические хребты - подвижные пояса с осевыми рифтами типа грабенов;
- океанические платформы - спокойные области абиссальных котловин с осложняющими их поднятиями.

На континентах основными структурными элементами являются:

- геосинклинальные пояса
- горные сооружения (орогены), которые, подобно срединно-океаническим хребтам, могут обнаруживать тектоническую активность;
- платформы - в основном спокойные в тектоническом отношении обширные территории с мощным чехлом осадочных горных пород.

Характерной особенностью строения узких грабенообразных континентальных прогибов (рифтов) является сравнительно малая скорость распространения упругих колебаний в верхах мантии: $7,6 \div 7,8$ км/с. Это связывают с частичным плавлением вещества мантии под рифтами, что в свою очередь указывает на подъем к подошве коры горячих масс из верхней мантии. Геосинклинальные пояса - линейно вытянутые участки земной коры с активно проявляющимися в их пределах тектоническими процессами. Как правило, первые этапы рождения пояса сопровождаются опусканием коры и накоплением осадочных пород. В пределах геосинклинальных поясов выделяют антиклинории, синклинории, срединные массивы, межгорные впадины, заполненные обломочным материалом, поступающим с гор - молассой. Для моласс характерно богатство полезными ископаемыми, в том числе и каустобиллитами. Крупнейшими поясами являются: Тихоокеанский,

Урало-Охотский, Средиземноморский, Северо-Атлантический, Арктический. В настоящее время активность сохранилась в Тихоокеанском и Средиземноморском поясах.

Горноскладчатые области континентов (орогены) характеризуются «раздутьем» мощности коры. В их пределах наблюдается, с одной стороны, воздымание рельефа, с другой, - углубление поверхности М, т.е. существование корней гор. Впоследствии было доказано, что это понятие справедливо для горноскладчатых областей в целом, внутри же их наблюдаются как корни, так и антикорни.

Литосфера (от греч. λίθος — камень и σφαίρα — шар, сфера) — твёрдая оболочка Земли. Состоит из земной коры и верхней части мантии, до астеносферы, где скорости сейсмических волн понижаются, свидетельствуя об изменении пластичности пород.

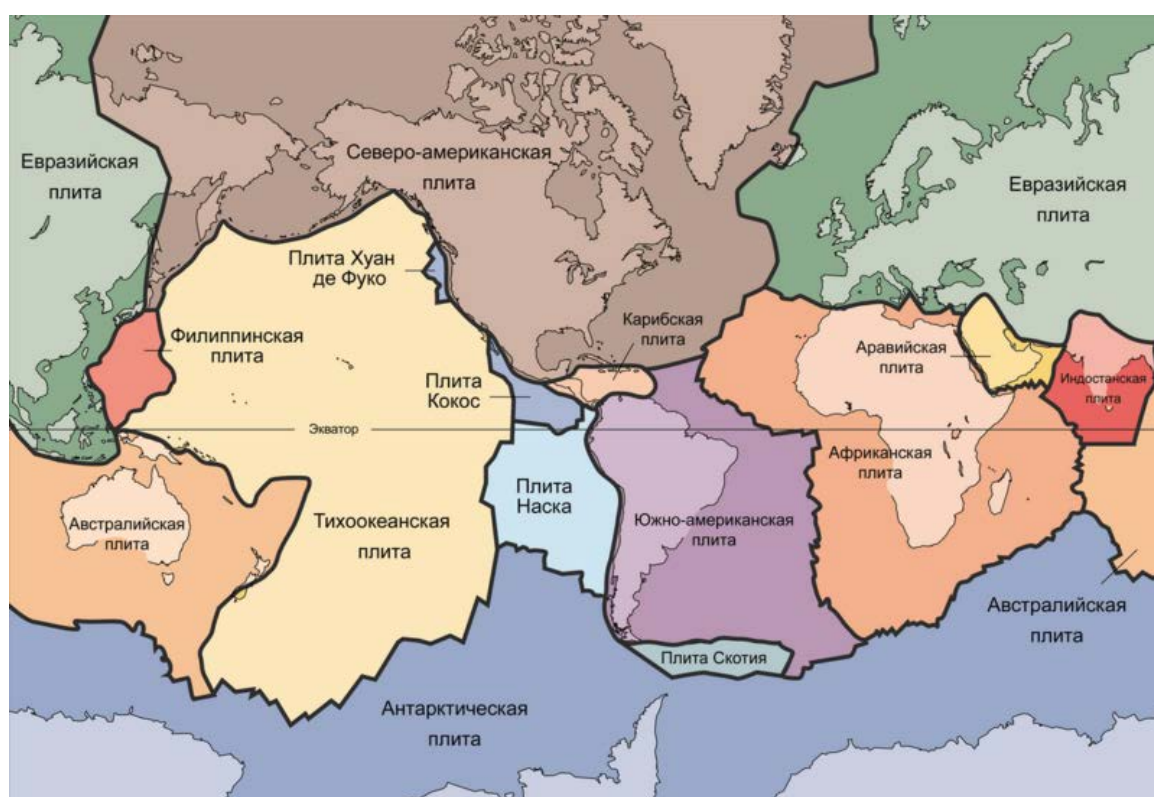


Рис.14.

Литосфера разбита на блоки — литосферные плиты. Литосферные плиты постоянно меняют свои очертания, они могут раскалываться в результате рифтинга и спаиваться, образуя единую плиту в результате коллизии. Литосферные плиты также могут тонуть в мантии планеты, достигая глубины ядра. Более 90% поверхности Земли открыто 13-ю крупнейшими литосферными плитами (рис.14).

Платформа - крупная геологическая структура, обладающая тектонической устойчивостью и стабильностью. По возрасту их разделяют на древние (архейского и протерозойского происхождения) и молодые, заложенные в фанерозое. Древние платформы делятся на две группы:

северную (лавразийскую) и южную (гондванскую). К северной группе относятся: Северо-Американская, Русская (или Восточно-Европейская), Сибирская, Китайско-Корейская. Южная группа включает Африкано-Аравийскую, Южно-Американскую, Австралийскую, Индоостанскую, Антарктическую платформы. Древние платформы занимают крупные участки суши (около 40%). Молодые составляют значительно меньшую площадь материков (5%), они располагаются либо между древними (Западно-Сибирская), либо по их периферии (Восточно-Австралийская, Средне-Европейская).

Как древние, так и молодые платформы имеют двухслойное строение: кристаллический фундамент, сложенный глубоко метаморфизированными породами (гнейсы, кристаллические сланцы) с большим количеством гранитных структур, и осадочный чехол, сложенный океаническими и терригенными осадками, а также органо-вулканогенными породами. Часть древних платформ, которая покрыта чехлом, называется плитой. Эти участки, как правило, характеризуются общей тенденцией к опусканию и прогибанию фундамента. Участки платформ, не покрытые чехлом осадков, носят название щиты и характеризуются направленностью к поднятию. Менее крупные выступы фундамента платформ, часто покрываемые морем называют массивами. Молодые платформы отличаются от древних не только возрастом. Их фундамент менее метаморфизирован, в нем содержится меньше гранитных интрузий, поэтому вернее его называть складчатым. В силу возраста фундамент и чехол не достаточно дифференцированы в молодых платформах, поэтому определить четкую границу между ними достаточно сложно в отличие от древних платформ. Кроме того молодые платформы полностью покрыты осадочным чехлом, щиты в их структуре крайне редки, поэтому их принято называть просто плитами. Отмечено, что на платформах северного ряда более распространены плиты, в то время как на платформах южного ряда чаще встречаются щиты.

В пределах плит различают: синеклизы, антеклизы, авлакогены. Синеклизы - крупные пологие впадины фундамента, антеклизы в свою очередь крупные и пологие поднятия фундамента. В районах синеклиз повышена мощность осадочного чехла, в то время как вершины антеклиз могут выступать на поверхность в форме массивов. Авлакогены - линейные прогибы длиной в сотни и шириной в десятки километров, ограниченные сбросами. На склонах антеклиз и синеклиз располагаются тектонические структуры более низкого ранга: плакантиклинали (складки с очень малым наклоном), флексуры и купола.

В пограничных участках выделяют краевые швы, краевые прогибы, окраинные вулканические пояса. Краевые швы - линии разломов, по которым соединяются щиты и складчатые пояса. Краевые прогибы приурочены к границам подвижных поясов и платформ. Окраинные вулканические пояса располагаются по окраинам платформ в местах проявления вулканизма. Слагаются они в основном гранитогнейсовыми и вулканическими породами.

Существует большое разнообразие тектонических структур, в связи со своими масштабами разделенных на разные ранги: от общепланетных (земная кора) до локальных (щиты, массивы).

3. ПРОИСХОЖДЕНИЕ И СОСТАВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ

Планета Земля состоит из минералов и горных пород. Они являются основой почв и определяют многие их свойства. Поэтому для почвоведения чрезвычайно важны знания о распространении, образовании минералов и горных пород, их свойствах и изменениях во времени.

3.1. МИНЕРАЛЫ И ИХ ПРОИСХОЖДЕНИЕ

Минералами называются природные химические элементы, однородные по химическим и физическим свойствам, которые образуются в земной коре или на ее поверхности. Минерал - это однородное природное тело, обладающее определенными физическими свойствами и относительно постоянным химическим составом, образовавшееся в результате геологических процессов.

Они являются составной частью горных пород, руд и других минеральных тел, слагающих земную кору. В земной коре более 7000 минералов и их разновидностей. Широкое распространение имеет всего несколько сотен минералов.

Большая часть минералов встречается очень редко и только некоторые из них (около 50-ти) составляют основную массу пород, руд и различных минеральных тел. Их называют *породообразующими* (кварц, полевые шпаты, глинистые минералы, карбонаты, сульфаты, пироксены, амфиболы). Это твердые минералы, но есть и жидкие – ртуть, вода, нефть (условно), и газообразные – углекислый газ CO_2 и другие газы. Каждый минерал - продукт (результат) определенного геологического процесса и может существовать только при определенных условиях. При изменении условий минералы либо разрушаются, либо видоизменяются.

Происхождение минералов. По условиям образования все минералы делятся на три группы: *магматические*, *экзогенные (осадочные)* и *метаморфические*.

При остывании магмы (силикатного огненно-жидкого расплава с температурой 1200-1300⁰С) образуются *магматические породообразующие* минералы (кварц, полевые шпаты, слюды и др.). Они стойкие к воде, щелочам и кислотам, плотные и обычно с большой твердостью.

Экзогенные минералы образуются на поверхности Земли за счет разрушения магматических пород и минералов. Глинистые минералы образуются в процессе выветривания магматических минералов (полевых

шпатов, слюд). Некоторые минералы выпадают в виде солей в водах морей и озер (галит NaCl , сильвин KCl , мирабилит Na_2SO_4 , кальцит CaCO_3), или за счет жизнедеятельности различных организмов (кальцит, опал).

Метаморфические (видоизмененные) минералы образуются на некоторой глубине в земной коре ($\approx 6-10$ км) из магматических и осадочных (экзогенных) пород и минералов. Здесь под воздействием высоких температур и давлений происходит преобразование (метаморфизм) ранее образованных осадочных и магматических минералов. Без расплавления вещества, с участием магматических газов и паров воды происходит перекристаллизация вещества: известняки переходят в мраморы, уголь - в графит, гранит - в гнейс, глина - в сланец.

В земной коре преобладают (88,4%) магматические минералы и породы (гранит, базальт, диорит, трахит и др.). Метаморфические породы составляют 7%, а осадочные - 4,6%. Но на поверхности Земли преобладают осадочные породы (65-70%). Строители обычно имеют дело с осадочными породами, которые принято называть *грунтами*.

Минералы бывают аморфные и кристаллические. В аморфных минералах элементарные частицы (атомы, ионы, молекулы) расположены беспорядочно, а в кристаллических они соединены закономерно в кристаллическую решетку. Форма кристаллов зависит от закономерного расположения в пространстве элементарных частиц. Примерами кристаллических минералов являются галит, или поваренная соль (кристалл в виде куба), горный хрусталь - разновидность кварца (кристалл в виде призмы), кальцит (кристалл в виде ромбоэдра). Абсолютное большинство минералов имеет кристаллическую структуру (рис. 15). Не всегда форма кристаллов соответствует идеальной. Для того, чтобы сформировался идеальный кристалл, на него не должны действовать внешние силы. В большинстве же случаев в горной породе минерал сжат со всех сторон своими соседями.

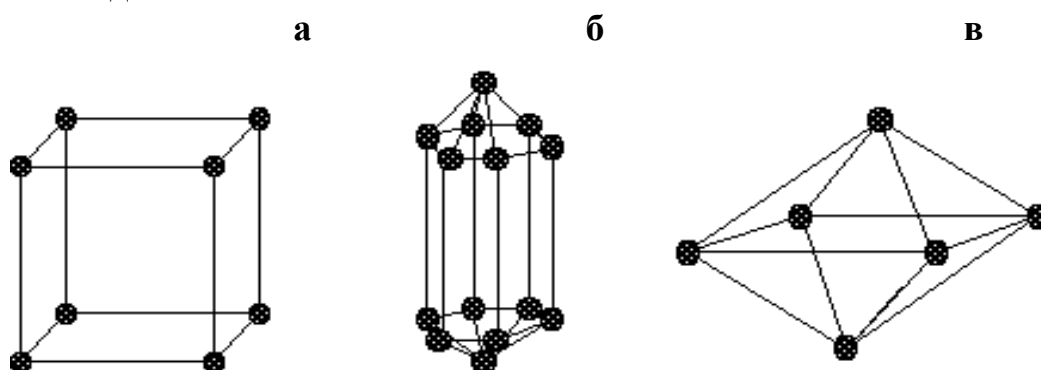


Рис. 15. Схематическое изображение строения кристаллических решёток некоторых минералов: а - поваренной соли, б - кварца, в – магнетита

Иногда при одинаковом химическом составе минерала кристаллическая решетка может быть разной, при этом физические свойства минерала могут существенно меняться. Примером такого явления являются алмаз и графит, имеющие идентичный химический состав, но различные по

кристаллическому строению: алмаз имеет кристаллическую решётку с кубической симметрией, а графит - с гексагональной (кристаллы в виде шестиугольных призм). Способность твердых веществ образовывать при одинаковом химическом составе различные по строению кристаллические решетки называется полиморфизмом. По происхождению минералы разделяются на эндогенные (образовавшиеся в глубинах Земли или из магмы, изверженной из глубин земли) и экзогенные, или гипергенные (образовавшиеся на поверхности Земли). Это разделение не строгое, поскольку один и тот же минерал может образовываться в разных условиях.

Самая удобная группировка минералов - по их химическому составу. Эта система была предложена в XIX в. шведским учёным И. Берцелиусом и используется до сих пор с незначительными изменениями. Наибольшее распространение имеет 10 классов минералов:

- Самородные элементы
- Сульфиды
- Галоидные соединения
- Оксиды и гидроксиды
- Карбонаты
- Фосфаты
- Сульфаты
- Нитраты
- Силикаты и алюмосиликаты
- Углеводородные соединения

Химические свойства минералов.

Длительное время основными характеристиками минералов служили внешняя форма их кристаллов и других выделений, а также физические свойства (цвет, блеск, спайность, твердость, плотность и проч.), имеющие и в настоящее время большое значение при их описании и визуальной (в частности, полевой) диагностике. Эти характеристики, а также оптические, химические, электрические, магнитные и иные свойства зависят от химического состава и внутреннего строения (кристаллической структуры) минералов. Первостепенная роль химии в минералогии была признана к середине 19 в., но важное значение структуры стало очевидным лишь с внедрением рентгенографии. Хотя главные характеристики минералов (химический состав и внутренняя кристаллическая структура) устанавливаются на основе химических анализов и рентгеноструктурного метода, косвенно они отражаются в свойствах, которые легко наблюдаются или измеряются. Для диагностики большинства минералов достаточно определить их блеск, цвет, спайность, твердость, плотность.

Магматические породы, или магматиты, возникают путем затвердевания магматического расплава на поверхности или в глубинах земной коры. Их называют также изверженными или массивными породами и подразделяют на глубинные - интрузивные и поверхностные - эффузивные, или эффузивы.

Осадочные породы образуются путем отложения материала разрушенных или растворенных горных пород любого генезиса как на суше, так и в море и залегают слоями. В рыхлом, не сцементированном состоянии такие отложения называют осадками.

Метаморфические породы, или метаморфиты, формируются путем преобразования горных пород в глубинах земной коры под воздействием высоких температур и больших давлений.

Процентное соотношение различных генетических групп горных пород в составе верхней части земной коры до глубины 16 км (по Г. Шуману, 1957):

Магматические породы - 95%

Осадочные породы - 1%

Метаморфические породы - 4%

Около 100 минералов имеют сравнительно большое практическое значение: одни - в силу их широкой распространенности, другие - благодаря особым, ценным для человека свойствам. И только четверть из них играют существенную роль в составе горных пород благодаря своей широкой распространенности в природе.

Классификация по химическому составу:

1. Самородные химические элементы находятся в природе в свободном состоянии (золото Au, серебро Ag, платина Pt, медь Cu, алмаз C, графит C, сера S).

2. Окислы – корунд Al_2O_3 , гематит (красный железняк, «кровоавик» Fe_2O_3), лед, кварц.

3. Гидроокислы – лимонит $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$, опал $SiO_2 \cdot H_2O$.

4. Сульфиды – пирит (серный, железный колчедан FeS_2) и его разновидности – марказит и халькопирит (медный колчедан $CuFeS_2$), галенит (свинцовый блеск PbS), сфалерит (цинковая обманка ZnS), киноварь HgS .

5. Галоиды - галит (каменная соль $NaCl$), сильвин KCl , флюорит CaF_2 .

6. Карбонаты - кальцит $CaCO_3$, магнезит $MgCO_3$, доломит $CaCO_3 \cdot MgCO_3$, сидерит (железный шпат $FeCO_3$).

7. Сульфаты - гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$, ангидрит $CaSO_4$, мирабилит (глауберова соль $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$), барит (тяжелый шпат $BaSO_4$). При соприкосновении с водой ангидрит переходит в гипс, увеличиваясь в объеме до 33 %.

8. Фосфаты - апатит, фосфорит.

9. Вольфрамиты - редкие минералы.

10. Силикаты составляют 83 % массы земной коры и 33 % всех минералов. В их кристаллической решетке основу составляет *кремнекислородный тетраэдр*, в котором ион кремния Si^{4+} связан с четырьмя ионами кислорода. Остальные связи кислорода идут на соединение с другими ионами. В зависимости от расположения тетраэдров различают:

- *Островные силикаты*, в которых тетраэдры связаны ионами металлов Mg^{2+} , Fe^{2+} – *оливин* $(Mg,Fe)_2SiO_4$ оливково-зеленого цвета, один из главных минералов магматических основных и ультраосновных пород: плотность -

3,3-3,5 г/см³, твердость 6,5-7, температура плавления 1600 С°.

- *Цепочечные силикаты*. Их основная группа – *пироксены*, а основной минерал – *авгит* Ca(Mg, Fe, Al)(SiAl)₂O₆ имеет черные, зелено-черные призматические кристаллы со стекляннм блеском, твердость 5-6,5, плотность 3,2-3,6 г/см³. Как и оливин, важный породообразующий минерал основных и ультраосновных пород. В зоне выветривания дает каолинит и лимонит.

- *Ленточные: амфиболы*, основной минерал – *роговая обманка* Ca₂Na(Mg,Fe)₄(Al,Fe)₄((Al,Fe)(Si,Al)₄O₁₁)₂(OH)₂, цвет зеленый, бурый до черного; кристаллы удлиненные, призматические, игольчатой формы, излом занозистый, плотность 3,1-3,3 г/см³, твердость 5-6, происхождение – магматическое и метаморфическое, в поверхностных условиях превращается в карбонаты, лимонит, опал.

- *Слоистые силикаты*, в которых кремнекислые тетраэдры связаны ионами K, Na, Ca, Al, OH. Если Al³⁺ замещает Si⁴⁺, минералы называются «*алюмосиликатами*». Между их слоями могут проникать молекулы воды. При выветривании эти минералы расщепляются на тончайшие листочки. К слоистым силикатам относятся: тальк, каолинит, монтмориллонит, слюды. *Тальк* – Mg₃(Si₄O₁₀)(OH)₂ - цвет бледно-зеленый или белый, твердость - 1, черта белая, спайность весьма совершенная, блеск стеклянный, плотность 2,7-2,8 г/см³, образуется при гидротермальном изменении ультраосновных пород, богатых Mg.

- *Глинистые минералы:*

Каолинит Al₄(Si₄O₁₀)(OH)₈ - белая, серовато-белая глина, жирная на ощупь («кау-линг» - белая гора в Китае), блеск матовый, твердость 1-2,5, плотность 2,6-2,63 г/см³. Образуется при химическом разложении полевых шпатов. Лучшая огнеупорная глина, основное сырье фарфоровой и фаянсовой промышленности, применяется в бумажной, текстильной, парфюмерной промышленности (бумага, линолеум, клеенка, сукно). Слабо набухает, усадка при сушке мала.

Монтмориллонит (название по пос. Монтмориллонэ во Франции) Al₂O₃·4SiO₂·nH₂O, где воды 12-24 %. Глина белого цвета с сероватым или голубоватым оттенком, мягкая, жирная (мыльная на ощупь). Сильно набухает от влаги, т.к. молекулы воды входят легко в межпакетное пространство кристаллической решетки и покрывают поверхность субмикроскопических частиц размером доли мК (менее 0,001 мм). Образуется при химическом выветривании базальта и габбро в щелочной среде. Применение: адсорбент для очистки нефтепродуктов, связка-цемент при формовании изделий, в буровых растворах, при устройстве «*стены в грунте*».

Гидрослюда – глинистый минерал, промежуточный между слюдами и монтмориллонитом, землистые глинистые массы матового блеска, твердость 1-2, плотность 2,6 г/см³, средняя набухаемость. Наиболее распространена в глинистой фракции (менее 5 мК) глинистых пород. В чистом виде – хорошая

огнеупорная глина.

Слюды: мусковит (московское стекло) – светлая калиевая слюда $K_2O \cdot 3Al_2O_3 \cdot 6SiO_2 \cdot 2H_2O$, твердость 2-3, плотность 2,7-3,0 г/см³, весьма совершенная спайность. *Биотит* (от французского физика Био) – черная слюда, по физическим свойствам аналог мусковита. Образование при выветривании гранитов и пегматитов. Применение: толь, рубероид, окна в высокотемпературных камерах, прокладки в конденсаторах.

- *Каркасовые алюмосиликаты - полевые шпаты*, наиболее распространены в земной коре (55%). В их структуре часть ионов Si^{4+} замещена на Al^{3+} и для компенсации положительных зарядов дополнительно участвуют положительные ионы K^+ , Na^+ , Ca^{2+} . Полевые шпаты делятся на три подгруппы:

- К-Na-полевой шпат - *ортоклаз* $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ (прямо раскалывающийся) – цвет светлый, розоватый, блеск стеклянный, твердость 6, 6,5, плотность 2,56 г/см³. Его разновидность – *микроклин*.

- *Плагиоклазы* – изоморфные смеси от альбита $NaAlSi_3O_8$ до анортита $CaAl_2Si_2O_8$ серовато-белого цвета, стеклянный блеск, твердость 6, плотность 2,62-2,75 г/см³. В этой подгруппе имеется интересный минерал *лабрадор* – темный, переливчатый в синих и зеленых тонах, красивый облицовочный камень.

- *Фельдшпатыды – нефелин* $NaAlSiO_4$ серо-белый с желтым и красноватым оттенком, растворяется в соляной кислоте HCl с образованием SiO_2 (облако), блеск жирный до маслянистого, твердость 5-6, плотность 2,6 г/см³. Применение: при изготовлении соды, краски, глинозема (руда на алюминий), удобрение.

Радиоактивность минералов. Около 100 природных минералов содержат радиоактивные элементы. Содержание радиоактивных минералов наибольшее в гранитах и глинах (продуктах выветривания гранитов). Гранитный слой литосферы наиболее радиоактивен. Известняки и кварцевый песок обычно имеют низкую радиоактивность. Ставропольский известняк-ракушечник и фортштадский песок в основании зданий СевКавГТУ не представляют радиоактивной опасности. Сейчас все природные строительные материалы (глина, песок, щебень и т.д.) проходят проверку на радиоактивность.

Искусственные минералы (более 150) созданы человеком. Различают минералы-аналоги – повторение природных минералов (алмаз, корунд, горный хрусталь и др.) и вновь созданные *техногенные* минералы с наперед заданными свойствами. Такие минералы входят в состав различных строительных материалов: вяжущие свойства в цементе создают алит $3CaO \cdot SiO_2$ и белит $2CaO \cdot SiO_2$, в огнеупорах основную роль играют муллит $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ и периклаз MgO , в абразивах – корунд SiC .

Физические свойства минералов. Каждый минерал имеет определенный химический состав и обладает только ему присущими физическими и химическими свойствами. По этим свойствам производится

диагностика минералов. Основные физические свойства:

1. Цвет (окраска) – разнообразная и не всегда устойчивая, т.к. зависит от примесей. Устойчивый цвет имеют: *желтый* – сера S, золото Au, пирит FeS₂, аурипигмент As₂S₃; *бурый (ржавый)* – бурый железняк Fe₂O₃; *красный* – киноварь HgS; *зеленый* – малахит Cu₂(OH)₂CO₃ и другие медные минералы; *бесцветные (белые)* – поваренная соль (галит NaCl), кварц SiO₂– горный хрусталь, лед H₂O. Из-за примесей кварц может быть фиолетовым (*аметист*), черным (*морион*), дымчатым (*раухтопаз*), желтым (*цитрин*), зеленым (*празем*), буро-красным (*авантюрин*) и др.

Многие минералы в растертом состоянии имеют другой цвет. Для этого определяют *цвет черты* царапанием по неглазурированной фарфоровой поверхности. Цвет черты более постоянный, чем цвет самого минерала. Многие окрашенные минералы имеют белый цвет черты.

2. Блеск создается отраженными лучами, зависит от показателя преломления минерала. Различают: *стеклянный* блеск – лед, кварц, кальцит, корунд, ортоклаз, флюорит (с показателем преломления (n=1,3-1,9); *алмазный* – алмаз, сера (n=1,9-2,6); *полуметаллический* – гематит, киноварь (n=2,6-3,0) и *металлический* - молибденит – более n=3,0.

3. Прозрачность – способность пропускать свет. Различают три группы минералов по прозрачности: *прозрачные* (кварц, мусковит), *полупрозрачные* (гипс, халцедон, кальцит), *непрозрачные* (графит, пирит и мн.др.).

4. Твердость – сопротивление механическому воздействию (истиранию, царапанию, удару, раздавливанию и т. д.). Немецкий минералог Моос предложил условную 10-тибалльную шкалу твердости из 10-ти минералов: тальк -1, гипс - 2, кальцит - 3, флюорит - 4, апатит - 5, ортоклаз - 6, кварц - 7, топаз - 8, корунд - 9, алмаз - 10. Истинная твердость, которую определяют на специальных приборах (склерометрах-микротвердомерах) по отпечатку алмазной пирамиды, существенно отличается от числа твердости Мооса (табл.8).

Таблица 8 - Твердость минералов

Эталонные минералы	Твердость по шкале Мооса	Истинная твердость, МПа	Визуальные признаки твердости	Твердость по группам минералов
Тальк	1	24	Чертится ногтем	Мягкие
Гипс	2	360	То же	То же
Кальцит	3	1090	Чертится ножом	Средней твердости
Флюорит	4	1890	То же	То же
Апатит	5	5360	То же	То же
Ортоклаз	6	7967	Царапает стекло	Твердые
Кварц	7	11200	То же	То же
Топаз	8	14270	Режет стекло	Очень твердые
Корунд	9	20600	То же	То же
Алмаз	10	100600	То же	То же

Для сведения: твердость графита – 1, ногтя - 2,5, медной монеты – 3, стекла - 5-5,5, стального ножа – 5,5-6.

5. Спайность – способность некоторых минералов раскалываться или расщепляться по определенным направлениям с образованием гладких (зеркальных) поверхностей, называемых плоскостями спайности. Спайность объясняется внутренним строением минералов. Различают пять разновидностей спайности: 1 - *весьма совершенная* (слюда, гипс), 2 - *совершенная* (кальцит, ортоклаз, каменная соль), 3 - *несовершенная* (полевые шпаты, роговая обманка), 4 – *несовершенная* (плоскости наблюдаются на отдельных небольших участках). 5 – *весьма несовершенная* (кварц, корунд) – спайность отсутствует, нет гладких поверхностей.

6. Излом – характер поверхности, может быть *ровный* (для минералов с совершенной спайностью), *неровный*, *занозистый* (для волокнистых минералов типа асбеста), *раковистый* (кварц, обсидиан), *землистый* (каолинит и др.).

7. Удельный вес (плотность) минералов изменяется от 0,6 (смола) и 0,9 г/см³ (лед) до 18-19 г/см³ (золото, платина) и 23,0 г/см³ (осмистый иридий). У наиболее распространенных минералов плотность **2,5- 3,0 г/см³**. По плотности различают: *легкие* до 2,5 г/см³; *средние* – 2,5 - 2,8 г/см³ и *тяжелые* минералы – более 2,8 г/см³.

Особые свойства минералов: растворимость *в воде* (галит - соленый, сильвин - горько-соленый); *в кислотах* (холодная соляная кислота растворяет кальцит, горячая – доломит). Породы, содержащие карбонаты (мрамор, мел, известняк, лесс), вскипают от соляной кислоты. Растворимые в воде соли имеют свой *вкус*. Специфический *запах* имеет сера и желваки фосфорита. *Магнитными* свойствами обладает магнитный железняк, а *электропроводностью* - некоторые рудные минералы.

3.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНЫХ ПОРОД

Сочетание минералов, образовавшееся в результате геологических процессов, называется горной породой. По происхождению горные породы подразделяются на магматические (образовавшиеся при застывании магмы в глубинах Земли - интрузивные, либо на поверхности Земли - эффузивные), осадочные (образовавшиеся при разрушении и переотложениях других пород на поверхности Земли) и метаморфические (образовавшиеся при изменении магматических и осадочных пород под действием высоких температур и давлений).

Для классификации магматических пород применяется такой химический критерий, как содержание кремния в породе. Для этого определяют валовой состав породы, т.е. процентное содержание всех элементов, входящих в состав породы, выраженных в виде оксидов. Сумма всех элементов в виде оксидов составляет 100%. Содержание SiO₂ является диагностическим критерием для классификации породы. Породы,

содержащие более 65% SiO₂, называются кислыми, от 52 до 65% SiO₂ - средними, от 45 до 52% - основными, а менее 45% - ультраосновными. Для щелочных пород диагностическим является специфический минералогический состав: наличие фельдшпатоидов, щелочных амфиболов и/или щелочных пироксенов. В целом химический состав горных пород тесно связан с их минералогическим составом. Интрузивные и эффузивные породы могут иметь одинаковый химический и минералогический состав, но всегда отличаются по структуре. Главнейшие магматические породы :

Таблица 9 - Основные представители магматических горных пород

Породы	Содержание SiO ₂	Интрузивные	Эффузивные
Кислые	> 65%	Гранит	Липарит
Средние	52-65%	Диорит	Андезит
Основные	45-52%	Габбро	Базальт
Ультраосновные	<45%	Перидотит	Пикрит
Щелочные		Сиенит	Трахит

Из интрузивных пород более всех распространен гранит, из эффузивных - базальт. Подробная характеристика структуры, текстуры и минералогического состава магматических пород содержится в лабораторной работе по определению горных пород.

Осадочные породы значительно более разнообразны по минералогическому составу, поскольку многие из них сформировались на поверхности Земли и включают минералы экзогенного происхождения или вовсе состоят из таковых. Осадочные породы подразделяют на обломочные, глинистые и хемобиогенные.

Обломочные породы подразделяются по размеру слагающих их частей на:

- псефиты (крупнообломочные породы размером от 2 мм до нескольких метров),
- псаммиты (пески, размером от 0,1 до 2 мм), и
- алевриты (пылеватые породы, размером от 0,01 до 0,1 мм).

Псефиты подразделяются по окатанности и размерам обломков, слагающих эти породы (Табл. 10.)

Таблица 10 - Классификация обломков горных пород по размерам и окатанности

Размер	Окатанные обломки	Неокатанные обломки
> 100 мм	Валуны	Глыбы
10-100 мм	Галька	Щебень
2-10 мм	Гравий	Дресва

Если породы, состоящие из окатанных обломков, сцементированы, они называются конгломератом (галечниковый конгломерат - сцементированная порода, состоящая из окатанных обломков размером от 10 до 100 мм). Если сцементирована порода, состоящая из неокатанных обломков, она называется

брекчией (порода, состоящая из сцементированных обломков размером более 100 мм, называется глыбистой брекчией).

Псаммиты также подразделяются по размерам:

- грубозернистые - 1-2 мм,
- крупнозернистые - 0,5-1 мм,
- среднезернистые - 0,25-0,5 мм, и
- мелкозернистые - 0,1-0,25 мм.

Сцементированные пески называются песчаники. Песчаник, содержащий много глинистых частиц, называют грауваккой.

Алевриты по размерам разделяют на:

- крупнозернистые - 0,05-0,1 мм,
- мелкозернистые - 0,01-0,05 мм, и
- тонкозернистые - 0,005-0,01 мм.

Сцементированная пылеватая порода называется алевролит.

Хемобиогенные породы образуются только на дне водоемов за счет высадки из растворов различных солей и за счет выпадения на дно отмерших организмов. Они подразделяются только по минералогическому составу. Выделяются следующие хемобиогенные породы:

- карбонатные (известняк, мел, доломит, мергель),
- кремнистые (диатомит, трепел, опока),
- галоидные и сульфатные (каменная соль, гипс, ангидрит),
- железистые породы (болотные руды),
- фосфористые породы (фосфорит),
- каустобиолиты (ископаемый уголь, торф).

Метаморфические породы ещё разнообразнее по минералогическому составу и облику, поскольку образуются как из магматических, так и из осадочных пород. Именно условия образования метаморфических пород ответственны за формирование большинства их своеобразных текстур и структур, а также характерных минералов, являющихся диагностическими для метаморфических пород. Главными представителями метаморфических пород являются гнейсы, амфиболиты, глинистые сланцы, мрамор и кварциты.

3.3. СТРУКТУРЫ И ТЕКСТУРЫ ГОРНЫХ ПОРОД

Помимо минералогического состава, каждая горная порода характеризуется такими показателями, как структура и текстура.

Структура горной породы отражает строение минерального агрегата, характеризуемое:

- 1) степенью кристалличности,
- 2) абсолютной величиной минералов,
- 3) относительной величиной минералов,
- 4) формой минералов,
- 5) степенью огранки минералов.

Текстура горной породы - это сложение минерального агрегата, обусловленное способом заполнения им пространства, расположения и распределения его частей и формой отдельностей. Например, если все минералы распределены в агрегате равномерно, текстуру называют массивной, а если тёмные и светлые минералы чередуются полосами, то текстуру называют полосчатой.

Структуры магматических пород

1. По степени кристалличности породы делятся на *голокристаллические*, в которых различимы отдельные кристаллы, и *стекловатые*, в которых вещество сплавлено в единую, напоминающую стекло массу.

2. По абсолютной величине минералов породы делятся на:

- гигантозернистые (размер кристаллов выражается в дециметрах и метрах),
- крупнозернистые (размер кристаллов > 5 мм),
- среднезернистые (размер кристаллов 1-5 мм),
- мелкозернистые (размер кристаллов < 1 мм, но они хорошо различимы невооруженным глазом),
- микрозернистые (кристаллы плохо различимы невооруженным глазом).

3. По относительному размеру зерен минералов породы делятся на *равномернозернистые*, где кристаллы имеют соотносимый размер (т.е. не отличаются по размерам более чем в 2-3 раза), и *порфировые*, где отдельные крупные кристаллы (*фенокристы*) включены в мелко- или микрозернистую массу (*базис*). Интрузивные породы застывают в глубинах Земли, поэтому кристаллизация минералов из расплава идет медленно и все минералы сравнительно хорошо окристаллизованы. Поэтому для интрузивных пород характерны равномернозернистые структуры. Эффузивные (изверженные) породы застывают на поверхности Земли, кристаллизация минералов протекает быстро и неравномерно. Поэтому для эффузивных пород характерна порфировая структура.

4. По форме кристаллов правильно классифицировать породу можно в большинстве случаев только с применением специального петрографического микроскопа. Выделяются зернистая, призматическая, игольчатая и прочие структуры.

5. По степени огранки минералов породы разделяются исключительно с применением микроскопа.

Степень огранки минералов зависит от скорости и условий кристаллизации минералов из магмы.

Структуры осадочных пород

Осадочные породы существенно отличаются по структуре от магматических. В них структура определяется прежде всего их

происхождением и размером частиц, слагающих породу; фактически название структуры часто повторяет название породы. У обломочных и глинистых осадочных пород выделяются *грубообломочная*, *песчаная*, *иловатая*, *глинистая* и *смешанная* структуры. У пород химического происхождения выделяются по размерам зёрен *крупнокристаллическая* ($> 1,0$ мм), *среднекристаллическая* (0,1-1,0 мм), *скрытокристаллическая* (0,01-0,1 мм) и *пелитоморфная* ($< 0,01$ мм) структуры. У органогенных пород выделяется *биоморфная* (если организмы, из которых сформирована порода, хорошо сохранились) и *детритусовая* (состоящая из обломков скелетов организмов) структуры.

Структуры метаморфических пород

Структуры метаморфических пород в целом сходны со структурами магматических и осадочных пород, из которых они образовались. По многим метаморфическим породам легко установить, из каких пород они произошли. Так, мрамор - это продукт метаморфизации известняков и доломитов, кварцит - продукт метаморфизации песчаников и т. п.

Текстуры горных пород

Для всех горных пород выделяются следующие текстуры:

- массивная (самая распространенная, при которой распределение минералов в агрегате совершенно неупорядочено),
- сферическая (текстура, при которой часть минералов ориентирована вокруг неких центров),
- флюидальная (текстура, при которой поверхность породы напоминает застывший поток),
- слоистая (характерная для осадочных пород, при которой минералы распределены слоями),
- сланцеватая (разделяемая на собственно сланцеватую, полосчатую, стебельчатую и т. д., в зависимости от того, какой формы слои образуют темные или светлые минералы).

Также по наличию или отсутствию пор и отдельностей выделяются текстуры:

- компактные (не имеющие пор и отдельностей),
- пористые (имеющие поры),
- миндалекаменные (имеющие заполненные поры - отдельности).

Таблица 11 - Диагностические признаки горных пород

Порода	Структура	Текстура	Главные минералы	Второстепенные минералы
Интрузивные магматические породы				
Гранит	Равномерно-зернистая	Массивная компактная	Кварц, калиевый полевой шпат	Роговая обманка, биотит, мусковит
Диорит	Равномерно-зернистая	Массивная компактная	Плагиоклаз, роговая обманка, пироксен	Кварц, биотит
Габбро	Равномерно-зернистая	Массивная компактная	Плагиоклаз, пироксен	Оливин, роговая обманка
Перидотит	Равномерно-зернистая	Массивная компактная	Пироксен, оливин	Роговая обманка
Сиенит		Массивная компактная	Калиевый полевой шпат, нефелин, роговая обманка	Плагиоклаз, биотит, пироксен
Эффузивные магматические породы				
Липарит	Порфировая	Массивная компактная	Кварц, калиевый полевой шпат, плагиоклаз	Роговая обманка, биотит, мусковит
Андезит	Порфировая	Компактная или пористая	Плагиоклаз, биотит, роговая обманка	Пироксен, кварц
Базальт	Порфировая или равномерно-зернистая	Компактная или миндалекаменная	Плагиоклаз, пироксен	Роговая обманка, оливин
Трахит	Порфировая или равномерно-зернистая	Пористая или компактная	Плагиоклаз, калиевый полевой шпат, нефелин	Биотит, роговая обманка, пироксен
Метаморфические породы				
Гнейс	Равномерно-зернистая	Полосчатая	Плагиоклаз, калиевый полевой шпат, роговая обманка	Кварц, биотит, мусковит, гранат
Амфиболит	Равномерно-зернистая к порфировой	Компактная массивная	Роговая обманка, гранат	Плагиоклаз
Глинистый сланец	Равномерно-зернистая	Сланцеватая	Хлорит, мусковит, серпентин	Роговая обманка, биотит
Мрамор	Равномерно-зернистая	Массивная компактная	Кальцит, доломит	
Кварцит	Равномерно-зернистая	Массивная компактная	Кварц	Гематит (редко)

Существует три способа образования минералов.

Эндогенный процесс - это процесс образования минералов в недрах Земной коры. Магма попадая в земную кору застывает, образуя горные породы. Горная порода - это совокупность минералов. Водные и газовые растворы переносят химические вещества из горных пород, в трещины, пустоты образуя там минералы.

Слово «эндогенный» образуется из двух слов: «ЭНДО» - от греческого

«внутри» и «ГЕН» - происхождение, род, породить, т.е. минералы порожденные в недрах Земли.

Экзогенный процесс - процесс образования минералов на поверхности Земли, связан с разрушением горных пород и минералов, вследствие которых образуются другие породы и минералы. Слово «экзогенный» образуется из двух слов: «ЭКЗО» - нечто внешнее, находящееся снаружи и «ГЕН» - происхождение, род, породить, т.е. минералы, порожденные на поверхности Земли.

ЭНДО - внутри, ЭКЗО - снаружи, ГЕН - происхождение. Запомнив эти слова, можно легко вспомнить название 2-х процессов образования минералов.

Метаморфический процесс - это процесс преобразования минералов, сформировавшиеся от эндогенного и экзогенного процесса, в результате движения Земной коры. Из-за движения минералы могут попасть в более глубокие зоны литосферы, и подвергаться изменению. Отсюда и название - метаморфический процесс, МЕТАМОРФИЗМ - означает «подвергаюсь превращению, преображаюсь».

В земной коре образуется минералы путем ЭНДОгенного процесса. Попадая на поверхность Земли минералы, изменяются путем ЭКЗОгенного процесса. По итогам двух этих процессов, за счет движения земной коры, минералы снова попадают в Земную кору и более глубокие слои литосферы, преобразуясь и образуя новые виды путем МЕТАМОРФического процесса.

Метаморфизмом горных пород называется совокупность процессов, происходящих ниже зоны выветривания и вызывающих изменения горных пород под действием давления, температуры и химически активных веществ. Различают три основных типа метаморфизма: динамометаморфизм, контактовый и региональный (динамотермальный).

Динамометаморфизм, или дислокационный метаморфизм, - это изменение горных пород при низких температурах под действием высокого давления, возникающего при складкообразовательных процессах.

Контактовый метаморфизм представляет собой изменение горных пород под воздействием магмы, а также выделяющихся из нее летучих веществ и гидротермальных растворов. Различают контактовый метаморфизм: без привноса вещества - термальный и с привносом вещества - аддитивный. Последний подразделяют на пневматолитовый и гидротермальный.

Пневматолитовый метаморфизм приводит к изменению горных пород под воздействием раскаленных газов магмы, при этом происходит полная или частичная замена минералов. К числу вновь образованных минералов относятся мусковит, топаз, молибденит, турмалин и др.

Гидротермальный метаморфизм - это процесс химического изменения горных пород под действием горячих водных растворов, которые образуются при конденсации водяных паров, выделяющихся из магмы и несущих с собой летучие химические вещества

Региональный метаморфизм - это процессы, протекающие в геосинклинальных областях на больших глубинах в результате совместного воздействия на горные породы высокого давления и температуры, высокой температуры магмы и постмагматических растворов.

4. ЭНДОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

В геологии принято выделять эндогенные и экзогенные процессы. Первые связаны с внутренней энергией нашей планеты. Вторые - с энергией Солнца, органического вещества и гравитацией.

Источники внутренней энергии Земли. Внутренняя энергия Земли обусловлена существованием расплавленного ядра и обволакивающей его горячей твердо-вязкой мантии и другими менее значимыми источниками. Тепловая энергия передаётся путем диффузии и по крупным глубинным разломам (расколам) земной коры, литосферы и верхней мантии.

Другой тип внутренней энергии Земли получается от вращательного момента, который получился, когда формировалась планета примерно 5 млрд лет назад и раньше во время образования Солнечной системы и всей галактики, что было десятки млрд. лет назад.

Третий источник - энергия гравитирующих масс Солнца, Луны и других космических тел. Хорошо известны лунные приливы. Существуют приливно-отливные энергетические электростанции. Это за счёт Луны - она максимально приближается к Земле и вода океанов и морей к ней притягивается, и наоборот.

Четвертый тип внутренней энергии - энергия фазовых переходов в мантии. Фазовые переходы это изменения внутреннего кристаллического строения одних и тех же химических соединений. Считается, что мантия состоит в основном из Mg_2SiO_4 и AlO_4 . Их кристаллы могут быть построены весьма плотно или менее и меняться. Такие твёрдофазные переходы сопровождаются изменением объема и выделением тепла.

Пятый вид внутренней энергии Земли представлен теплом радиоактивного распада природных урана и тория.

В результате действия внутренних сил нашей планеты изменяется состав и строение Земной коры и поверхность Земли. Проявления эндогенных источников энергии неравномерны в пространстве. За счет неравномерных выделений тепла и блокового строения Земной коры и литосферы получают разломы, вертикальные и горизонтальные перемещения, образуются магматические очаги. В участках глубинных разломов Земной коры и магматических расплавов имеются повышенные потоки эндогенного тепла, высокая сейсмичность и активный вулканизм.

Проявления эндогенной энергии во времени сложно периодические. В истории геологического развития нашей планеты, составляющей порядка 4,5-5,0 млрд. лет были эволюционные и революционные (катастрофические) события, которые также влияли на жизнь. Всё живое на планете Земля

приспособилось к этим циклам; к изменению магнитных полюсов, к изменениям фазовых переходов, гравитирующих масс, изменениям скорости вращения Земли, прецессии, лунным приливам, циклам активности Солнца. Например, лунный цикл жизни любого организма.

Эндогенными (внутренними) процессами называются такие геологические процессы, происхождение которых связано с глубокими недрами Земли. Вещество земного шара развивается во всех своих частях, в том числе и в глубинных. В недрах Земли под внешними ее оболочками происходят сложные физико-механические и физико - химические преобразования вещества, в результате которых возникают мощные силы, воздействующие на земную кору и коренным образом преобразующие последнюю. Эти преобразующие процессы называются эндогенными процессами.

Наиболее ярко эндогенные процессы выражаются в явлениях вулканизма, под которыми понимаются процессы, связанные с перемещением магмы, как в верхние слои земной коры, так и на ее поверхность.

Магма, внедряясь в земную кору, очень часто не достигает поверхности, а застывает где-то на глубине, образуя при этом глубинные, интрузивные горные породы (гранит, габбро и др.). Явления внедрения магмы в земную кору получили название глубинного вулканизма, или плутонизма.

Вторым видом эндогенных процессов являются землетрясения, проявляющиеся в определенных участках земной поверхности в виде кратковременных толчков или сотрясений. Кроме кратковременных и сильных колебаний типа землетрясений, земная кора испытывает колебания, при которых одни участки ее опускаются, а другие поднимаются. Движения совершаются очень медленно со скоростью нескольких сантиметров или даже миллиметров в столетие, они недоступны непосредственным наблюдениям без приборов. Но так как эти движения совершаются повсеместно и непрерывно в течение многих миллионов лет, то конечные результаты их весьма существенны.

Вследствие этих колебательных движений, многие области, ранее бывшие сушей, оказались дном океана и, наоборот, некоторые участки земной поверхности, сейчас возвышающиеся на сотни и даже тысячи метров над уровнем моря, сохраняют свидетельство того, что когда-то они были под водой. Интенсивность колебательных движений неодинакова: на одних, участках земной коры опускания или поднятия более значительны, на других менее значительны.

Одним из самых ярких проявлений внутренних сил являются складчатые и разрывные деформации земной коры. Осадки морей и океанов, выпадая из воды, ложатся обычно ровными горизонтальными пластами. Вследствие же складкообразования эти горизонтально залегающие пласты оказываются собранными в различного вида складки, а иногда разорванными

или надвинутыми друг на друга.

Явление смятия и разрыва пластов способствует образованию возвышенностей и гор, впадин и котловин. Многие ученые приписывали явлению складчатых деформаций главную роль в образовании гор, считая, что породы, сминаясь в складки, вспучивают земную поверхность и образуют возвышенности. Этот процесс получил название орогенеза («орос» - по-гречески возвышенность, «генез» - образование). В настоящее время установлено, что в образовании гор колебательные движения играют не меньшую роль, чем складчатые, поэтому термин «орогенез», утратив свое первоначальное значение, стал употребляться реже.

Складчатые деформации проявляются только в определенных, наиболее подвижных и наиболее проницаемых для магмы участках земной коры, именуемых геосинклиналями. В противоположность им устойчивые, со слабой тектонической активностью, области называются платформами.

Складчатые деформации, землетрясения и особенно вулканизм способствуют существенному изменению горных пород, слагающих земную кору. Вследствие сдавливания они становятся более плотными и твердыми, а под действием высокой температуры обжигаются и даже переплавляются. Действие паров и газов, выделяемых из магмы, способствует образованию в горных породах новых минералов. Все эти явления преобразования горных пород под действием эндогенных процессов носят название метаморфизма («метаморфизм» - по-гречески означает превращение) и также связаны с глубинными силами.

Эндогенные процессы коренным образом меняют характер земной коры и, в частности, ее поверхности; они приводят к созданию основных форм рельефа поверхности Земли - горных стран и отдельных возвышенностей, огромных впадин - вместилищ океанической и морской воды и др. Формы рельефа, созданные эндогенными силами, в свою очередь подвергаются действию экзогенных сил. Возвышенности размываются реками, развеваются ветрами; у подножия возвышенностей накапливаются мощные пролювиально-делювиальные шлейфы, впадины заполняются осадками, берега впадин размываются волнами. Эндогенные силы стремятся к расчленению и усложнению рельефа земной поверхности, а экзогенные силы денудируют, т. е. выравнивают поверхность Земли. Во взаимодействии экзогенных и эндогенных процессов происходит развитие земной коры и ее поверхности.

В любом случае во всей планете и в земной коре происходили и происходят тектонические процессы. Они в основном определяют сейсмическую активность, рельеф поверхности планеты и магматизм. Первый тектонический процесс - это мантийные поднятия и прогибы, увеличение или уменьшение объема мантии. В какой-то части Земли поднимается мантийный материал и он растягивает и раскалывает литосферу и земную кору.

В тектонике, науке о деформациях Земли и их причинах, существует две парадигмы: плюм-тектоника и плейт-тектоника или тектоника плит. Ядро неоднородно, вследствие чего из него в некоторых местах происходят выбросы вещества - плюмы. Скорее всего, это водородные потоки, т.к. у водорода колоссальная проникающая способность. Они доходят до мантии, начинают её перерабатывать и обуславливают образование магматических очагов. Эти выбросы вещества, тепла и энергии происходят из-за турбулентных процессов, происходящих в расплавленном неоднородном ядре. Об этом свидетельствуют данные сейсмотомографии.

Данные космической геодезии и магнитометрии позволяют оценить скорость раздвигания океанических хребтов до нескольких сантиметров в год. Рифтовые долины считаются зонами спрединга - расширения дна мирового океана. Альтернативный ему процесс сжатия и подвига получил название субдукции. Тяжелая базальтовая океаническая плита подвигается и погружается под легкую гранитную кору континента (рис. 16).

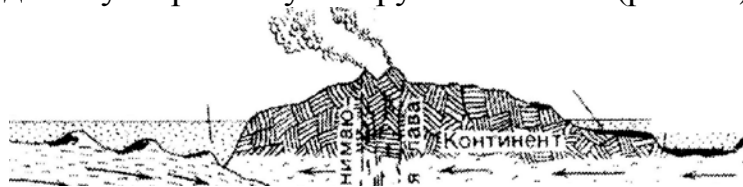


Рис.16. Схема спрединга и субдукции.

В зонах субдукции в результате огромного трения и срывов часты сейсмические явления и активен магматизм и вулканизм.

Предполагают ещё процесс обдукции. Это процесс конвективных поднятий и опусканий поверхности мантии. Процессы конвекции - это процессы перераспределения масс по плотности за счёт теплового различия. Поднятия мантии могут быть не обязательно за счёт увеличения планеты. Обдукция - это процесс, происходящий без изменения объёма Земли, просто это волнообразные поднятия и прогибы мантии. Процесс обдукции близок появлению полигональных форм при остывании расплавов (ячейки Бенара). Этот процесс можно рассматривать как структурирование беспорядка. Русский профессор Иван Пригожин разработал термодинамику открытых систем. Все природные процессы диссипативные, т.е. открытые. Пригожин пришёл к выводу, что хаос должен структурироваться, и затем снова переходить в беспорядок и описал это математически.

Поднятия и прогибы блоков земной коры могут быть обусловлены и изменениями их масс. Например, таяние мощных многокилометровых материковых ледников должно обусловить поднятие территории. Аналогично должны «всплывать» и массы гранитоидов над плотными базальтами. Такой механизм получил название изостазии.

К эндогенным относят редко встречающиеся космоударные явления. Космоударные структуры выделяются в виде колец с валами, нарушенных радиальными формами. Они известны в Европейской части России: Воротиловская в районе Нижнего Новгорода, Калужский купол, район

Мишиной горы в Псковской области. Гигантский в диаметр более 100 км Попигайский кратер найден в Восточной Сибири. Шарики из расплавленного стекла, образованные во время космических ударов, называемые тектитами, находят даже в древних льдах Арктики.

При тектонических явлениях и ударных деформациях происходят вязкопластические и хрупкие деформации горных пород за счёт горизонтальных и вертикальных сжатий и растяжений. При хрупких деформациях формируются разломы, а при вязкопластических - складки. Разломы могут получаться из-за растяжения, сжатия или срезания горных пород (твёрдых тел). Одна из разновидностей хрупких нарушений это сдвиги, в которых есть горизонтальная составляющая перемещений. При приложении сдвиговых срезающих деформаций надо в три раза меньше усилий, чем при простом сжатии или растяжении твёрдых тел. Смещения блоков пород по сдвигам в основном обуславливают землетрясения. Места сдвиговых зон можно дешифровать на космических снимках.

При поднятии горячих мантийных масс, при снижении давления, при мощном трении в зонах субдукции, при мощных космоударных явлениях может происходить явление магматизма. Магматические очаги представляются некими изометричными "мешками", наполненными алюмосиликатными расплавами. Температура их колеблется от 500-600 до более 2000° С. Очаги магм предполагают в мантии на глубинах до 600 км и в земной коре на 40 - 60 км (нижнекоровые) и выше вплоть до первых километров от поверхности (внутрикоровые и верхнекоровые). В составе нижнекоровых и мантийных очагов преобладают расплавы ультраосновного и основного состава, в верхнекоровых - гранитного. Напомним, что расплавление, перемещение, застывание магм и их кристаллизация, происходящие внутри земных оболочек называются интрузивным магматизмом. Если же магматические расплавы достигают поверхности Земли и в приповерхностных обстановках остывают и превращаются в породы, то такие процессы называются вулканическими. Магматические и вулканические явления всегда связаны с повышенной сейсмической тектонической активностью. Сегодня мы переживаем пик повышенной сейсмической активности.

Для образования гранитных очагов может быть ещё одна причина - погружение масс, пород на большие глубины и рост давления. При глубинах 10 - 20 км и температуре около 500-700° С может получиться легкоплавкий расплав гранитного состава. Такие условия связывают с метаморфизмом, который также относят к эндогенным процессам. Метаморфизм это процесс любых изменений горных пород в условиях высоких давлений и температур. Различают разные метаморфические процессы. Метаморфизм погружения или региональный, происходящий при значительном погружении породных массивов. Метаморфизм нагревания, когда породы изменяются за счет тепла остывающего магматического очага. Контактный метаморфизм или термометаморфизм, при котором происходят изменения пород у края

интрузии. Динамометаморфизм, происходящий в зонах крупных разломов. При этом в зоне разлома сталкиваются, перемещаются и изменяются породные блоки. Отмеченный выше космоударный метаморфизм.

Опасные следствия эндогенных процессов. Основные геоэкологические следствия эндогенных процессов следующие. Во-первых, эндогенные процессы весьма масштабны и могут быть опасны для жизни в областях активных сейсмотектонических и магматических и особенно вулканических проявлений в горных странах, районах крупных сдвигов, зон субдукции и рифтогенеза. Во-вторых, предсказать эти явления весьма трудно. Катастрофические явления нельзя предсказать, небольшие изменения - можно. В-третьих, управлять эндогенными катастрофическими явлениями вулканизма, землетрясений нельзя. Они неподвластны сегодняшним техническим возможностям.

5. ЭКЗОГЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Экзогенные процессы - геологические процессы, обусловленные внешними по отношению к Земле источниками энергии (преимущественно солнечное излучение) в сочетании с силой тяжести. Э. п. протекают на поверхности и в приповерхностной зоне земной коры в форме механического и физико-химического её взаимодействия с гидросферой и атмосферой. К ним относятся: Выветривание, геологическая деятельность ветра (эоловые процессы, Дефляция), проточных поверхностных и подземных вод (Эрозия, Денудация), озёр и болот, вод морей и океанов (Абразия), ледников (Экзарация). Главные формы проявления Э. п. на поверхности Земли: разрушение горных пород и химическое преобразование слагающих их минералов (физическое, химическое, органическое выветривание); удаление и перенос разрыхлённых и растворимых продуктов разрушения горных пород водой, ветром и ледниками; отложение (аккумуляция) этих продуктов в виде осадков на суше или на дне водных бассейнов и постепенное их преобразование в осадочные горные породы (Седиментогенез, Диагенез, Катагенез). Э. п. в сочетании с эндогенными процессами участвуют в формировании рельефа Земли, в образовании толщ осадочных горных пород и связанных с ними месторождений полезных ископаемых. Так, например, в условиях проявления специфических процессов выветривания и осадконакопления образуются руды алюминия (бокситы), железа, никеля и др.; в результате селективного отложения минералов водными потоками формируются россыпи золота и алмазов; в условиях, благоприятствующих накоплению органические вещества и обогащенных им толщ осадочных горных пород, возникают горючие полезные ископаемые.

Экзогенные процессы включают ряд последовательных действий: разрушение горных пород (выветривание и эрозия); накопления осадков (аккумуляция или седиментация); преобразования рыхлых осадков в

осадочные горные породы (диагенез или экзодиагенез); преобразования осадочных пород на больших глубинах (катагенез).

Экзогенные процессы целесообразно рассмотреть согласно изменениям рельефа и климата (рис. 17).

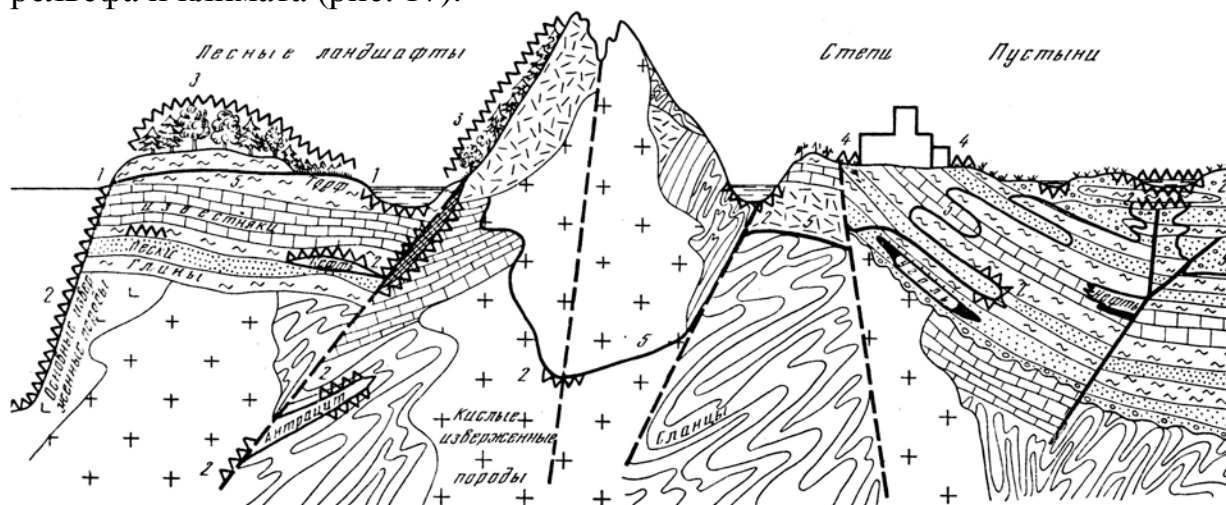


Рис. 17. Представления об обстановках в гипергенезе .

Цифрами обозначены обстановки, где преобладают процессы массообмена: 1 - механические; 2 - физико-химические; 3 - биогеохимические; 4 - техногенные. Секущая граница на разрезе - глубина проникновения кислородных вод в породы земной коры.

В целом в экзогенных условиях происходит активная миграция вещества (массообмен) (рис. 18). В корях выветривания формируются потоки растворенных веществ, на водоразделах образуются механические взвеси. В долинах происходит временное накопление осадков. По долинам рек и ледников вещество спускается в озерные и морские котловины, где происходит окончательное накопление.

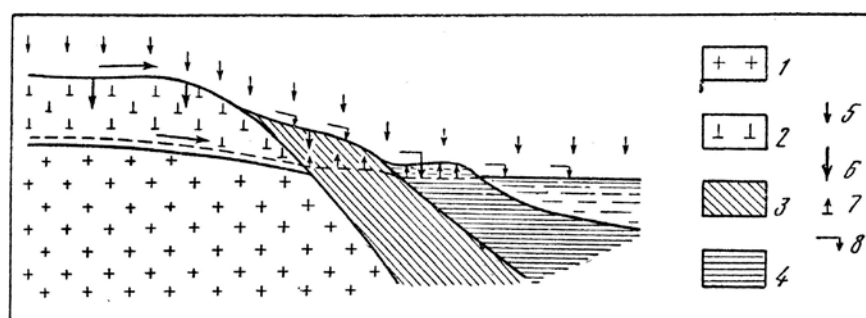


Рис. 18. Схема миграции веществ в экзогенных процессах.

1 - коренная порода; 2 - кора выветривания; 3 - делювиальные отложения; 4 - аллювий; 5 - поступление из атмосферы; 6 - вынос из коры выветривания; 7 - накопление из подземных вод; 8 - аккумуляция веществ в водоемах.

Рассмотренные условия осадконакопления были и в древние геологические эпохи. В соответствующих отложениях формировались различные месторождения полезных ископаемых (табл.12).

Таблица 12. Древние обстановки осадконакопления и связанные с ними месторождения полезных ископаемых

<i>Древние отложения</i>	<i>Месторождения</i>
Речные и пролювиальные	Нефть, уран, медь, серебро, золото, платина, алмазы, уголь
Эоловые	Редкие месторождения газа и нефти, строительное сырье, мелкие россыпи золота
Озерные и лагунные	Нефтепродуцирующие толщи, угли, торф, лигниты, битуминозные сланцы, сапропель, чистые каолиновые глины, диатомит (биогенный SiO_2), сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), трона ($\text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), галит (NaCl), бишофит ($\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), гипс ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), железные руды, мелкие россыпи, фосфориты, уран, редкие земли.
Ледниковые	Строительное сырье (песчано-гравийные смеси), флювиогляциальные пески, мелкие россыпи, в том числе погребенные
Дельтовые	Уголь, нефть, газ, торф, россыпи
Береговые песчаные бары, пересыпи и пляжи	Россыпи касситерита (SnO_2), рутила (TiO_2), ильменита (FeTiO_3), циркона (ZrSiO_4), магнетита (Fe_2O_3), монацита (YPO_4), алмазов и янтаря; нефть и газ
Карбонатные бары и рифы	Нефть и газ, цементное сырье, бокситы, глауконит, желваковые фосфориты
Пелагические	Железо-марганцевые конкреции, оолитовые руды железа и марганца, слоистые бариты (BaSO_4), металлоносные илы, зернистые фосфориты, мел, газогидрат, диатомиты, трепела и опоки (биогенный кремнезем)

После преобразования осадков в диагенезе на дне водоемов или в экзодиагенезе на суше получается осадочная горная порода. Условия диагенеза сохраняются в пачке мощностью от метров до первых сотен метров. В случае последующего погружения осадочной породы на глубины во многие сотни и тысячи метров она преобразуется в условиях повышенных давлений и температур (катагенез). При этом порода уплотняется, изменяется состав слагающих ее минералов и поровой воды, преобразуется органическое вещество. Высвобождаются водные растворы и газы (метан, углекислый газ, сероводород, водород). Преобразование органического вещества приводит к формированию бурых и затем каменных углей и в некоторых условиях нефти и битумов.

Месторождения нефти и газа, подземных вод, часть руд меди, свинца, цинка, урана и редких металлов относятся к вторичным (эпигенетическим)

образования. Нефтяные, газовые и газоконденсатные залежи локализуются в проницаемых породах (коллекторах) под экранами (флюидоупорами) в так называемых ловушках (рис. 19).

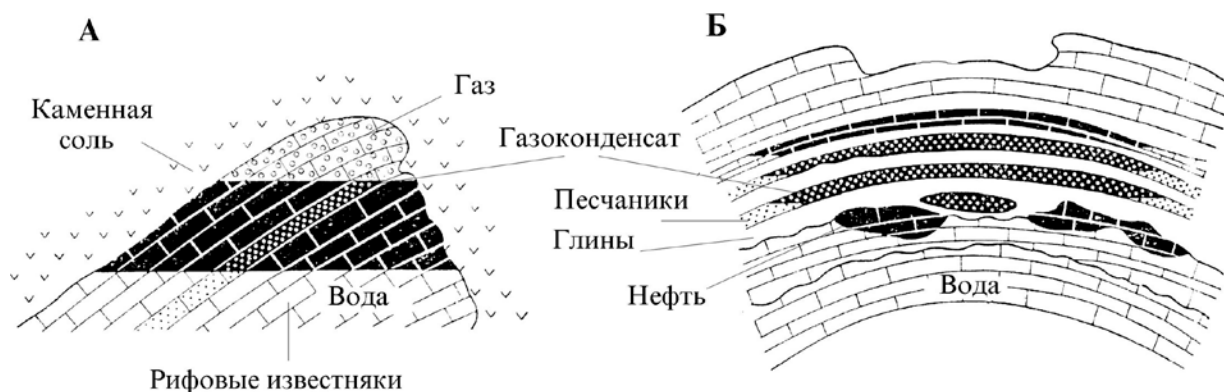


Рис. 19. Схематические вертикальные разрезы, показывающие локализацию залежей углеводородов в литологической ловушке типа рифовых известняков (А) и антиклинального типа (Б)

Формирование редкометально-урановых месторождений в осадочных толщах связывают с окислительно-восстановительными условиями, образующимися в нисходящих потоках подземных вод, которые двигаются в проницаемых породах, имеющих восстановители урана. Такие руды эффективно разрабатываются путем сернокислотного выщелачивания урана и сопутствующих компонентов. При этом в одну скважину закачивают кислоту, а из другой после определенной экспозиции выкачивают продуктивный раствор, ценные металлы из которого осаждают на ионно-обменных смолах.

В экологическом смысле опасными являются следующие экзогенные процессы и явления: катастрофические сдвигения ледников, лавины, сели, оползни, просадки грунтов, особенно в лессах, солифлюкция, морозное пучение, талики, смерчи, наводнения и засухи, заболачивание и опустынивание, цунами, абразия и сильные шторма.

На водоразделах, особенно интенсивно на плоских, идет процесс выветривания (разрушения и преобразования) коренных пород. Выветривание разделяют на механическое, химическое и биохимическое. Механическое выветривание, главным образом, связано с феноменом увеличения объема замерзающей воды и соответствующего раздвигания трещин и разрушения пород. Химическое выветривание заключается в процессах окисления, растворения, выщелачивания, гидратации и образовании глинистых, гидрооксидных минералов и некоторых других минералов. Биохимическое выветривание выражается в разрушении пород живыми организмами. Особенно интенсивно происходит микробиальное выветривание.

6. ОБРАЗОВАНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

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

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

6.1. МАГМАТИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

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

Для классификационных целей большое удобство представляет также деление магматических пород (интрузивных и эффузивных) по кварцевой основе, т. е. по среднему валовому содержанию SiO_2 как самой важной составной части. По этому признаку различают пять групп магматических пород.

6.2. ОСАДОЧНЫЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

Так называются породы, образовавшиеся в результате осаждения или химических солевых минералов в водных бассейнах, или органического материала в виде остатков растений, или землистых масс из суспензии текучих вод и т.д. Все осадочные горные породы относятся к вторичным образованиям. Особенно большая группа осадочных пород, представленная землистыми массами, образовалась в результате физического выветривания плотных магматических и метаморфических горных пород, неоднократного последующего физического разрушения (выветривания) и переотложения минеральной массы ветром, морем, реками, ледниками, ледниковыми, тальми и дождевыми водами. В зависимости от состава, строения и сложения осадочных пород, с учетом процессов образования выделяют три их группы; обломочные, химические и органогенные. Осадочные обломочные смешанные породы имеют для почвоведения особое значение. Так как на них сформировались почвы, они называются *почвообразующими* или *материнскими*. Большинство почвообразующих пород образовалось в последнее геологическое время — в четвертичный период, поэтому они называются *четвертичными*. Более древние породы, залегающие под

четвертичными, в почвоведении относят к *коренным* породам, но при выходе их на поверхность они тоже становятся почвообразующими.

6.3. МЕТАМОРФИЧЕСКИЕ ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

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

В целом в земной коре на долю магматических пород приходится около 95 %, а на осадочные — около 5 %. Если же рассматривать только гипергенную зону (включая гидросферу), то осадочных пород окажется около 70—75 %, а магматических — около 20—25 %. Метаморфические породы в данный расчет не входят; они причислены к тем породам, из которых образовались.

6.4. КЛАССИФИКАЦИЯ, РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ОСНОВНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД

На равнинных территориях России преобладают почвообразующие породы ледникового и водно-ледникового происхождения. Их образование связано с оледенениями суши в четвертичный период, которые неоднократно повторялись (Лихвинское, Днепровское и Валдайское оледенения).

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

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

Пересортировка делювиальными водами четвертичных отложений и коренных пород, находившихся на дневной поверхности, привела к отложению на нижних частях склонов массы более мелкоземистых

минеральных обломков, называемых *делювием*. На повышенных же элементах рельефа осталась более крупноземистая минеральная масса породы, получившая название *элювий*.

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

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

6.5. ФОРМЫ РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Рельеф — (фр. *relief*, от лат. *relevo* — поднимаю), совокупность неровностей суши, дна океанов и морей, разнообразных по очертаниям, размерам, происхождению, возрасту и истории развития. Слагается из положительных (выпуклых) и отрицательных (вогнутых) форм. Рельеф образуется главным образом в результате длительного одновременного воздействия на земную поверхность эндогенных и экзогенных процессов. Основными формами рельефа являются гора, котловина, хребет, долина. На крупномасштабных топографических и спортивных картах рельеф изображают горизонталями, числовыми отметками и дополнительными условными знаками. На мелкомасштабных топографических и физических картах рельеф обозначается цветом (зеленый - равнина, коричневый-горы).

Элементы рельефа:

Поверхности, линии и точки, составляющие формы рельефа. Поверхности могут быть горизонтальными, наклонными, выпуклыми, вогнутыми и сложными. Линии являются пересечением двух поверхностей. Различают водоразделительную, водосливную и подошвенную линии. Водоразделительная – идёт по вершинам и разделяет водослив двух противоположных склонов. Водосливная линия идёт по дну балок, долин оврагов и рек. Подошвенная линия ограничивает основания гор и возвышенностей.

Формы рельефа - отдельные неровности поверхности литосферы:

- выпуклые - положительные формы рельефа;
- вогнутые - отрицательные формы рельефа.

Формы рельефа различаются:

- по размерам: планетарные формы, мегарельеф, макрорельеф, мезорельеф, микрорельеф;
- по происхождению: тектонические, вулканические, водно-эрозионные, ледниковые, карстовые, эоловые и др.;
- по возрасту и другим признакам.

Формы рельефа обычно сопряжены между собой и группируются в

типы рельефа, составляющие в совокупности рельеф Земли.

Равнины — участки поверхности суши, дна морей и океанов, для которых характерны: небольшое колебание высот (до 200 м) и незначительный уклон местности (до 5°). Равнины занимают 64 % территории суши. Крупнейшая равнина мира: Амазонская низменность (свыше 5 млн. км²). В зависимости от абсолютных высот различают: низменные (до 200 м); возвышенные (200—500 м); нагорные или высокие (более 500 м) равнины. По структурному признаку выделяют равнины платформенных и горных областей. По преобладающим внешним процессам можно выделить: денудационные и аккумулятивные равнины. Денудационные образованы в результате разрушения возвышенных форм рельефа. Аккумулятивные образовались путём накопления осадочных отложений.

Горный рельеф – это крупные возвышенности с высотой более 200-300 м. По высоте горы делят на:

- высокие – это более 2-3 тысяч метров (Карпаты, Кавказ);
- средневысокие – 700-2000 тыс. метров;
- низкие – менее 700 метров.

Формы рельефа. Положительные формы рельефа - относительно повышенные участки поверхности литосферы различной высоты на суше или в пределах морского дна. К положительным формам рельефа относятся:

1) *Гора* - поднятые над равнинами и резко расчлененные участки земной поверхности со значительными перепадами высот (от нескольких десятков метров до нескольких километров). От прилегающих равнин горы отделены чётко выраженной линией подошвы склона или предгорьями. В зависимости от площадей, занимаемых горами, их строения и возраста выделяют горные пояса, горные системы, горные страны, горные хребты и поднятия более мелкого ранга. Горы формируются в тектонически активных областях; по происхождению горы делятся на тектонические, эрозионные, вулканические. Горы занимают 64 % Азии, 36 % Северной Америки, 25 % Европы, 22 % Южной Америки, 17 % Австралии и 3 % Африки. В целом, 24 % земной поверхности приходится на горы. 10 % всех людей живет на территории гор. В горах берут свое начало большинство рек Земли. Горы делятся на низкие (абсолютная высота 500—1000 м), средне-высокие (1000—2500 м), высокие (более 2500 м).

2) *Горный хребет* - хорошо выделенная единая осевая линия, образованная крупными складками местности (горами) и имеющая значительную протяжённость, с чётко выраженными гребнями и склонами, обращёнными в противоположные стороны. Форма, протяжённость и высота горного хребта зависят от эпохи возникновения и истории развития, а также от составляющих его пород. Горный хребет, как правило, образует линию водораздела. Совокупность горных хребтов образует горную систему.

3) *Горный кряж* – не высокий горный хребет с пологими склонами и плоскими вершинами

4) *Плоскогорье* — обширный участок горного рельефа высотой от 200 м над уровнем моря и более с преобладанием плоских или слабоволнистых водораздельных поверхностей. Плоскогорья образуются горизонтально залегающими слоями горных пород-пластов в условиях платформенного тектонического режима, испытывая общее поднятие и значительное эрозионное расчленение. Одним из самых больших и высоких плоскогорий является также Тибетское плоскогорье, которое получило название «крыша мира». Тибетское плоскогорье занимает площадь 2,5 млн км² и находится на высоте 5000 м над уровнем моря.

5) *Плато* (фр. *plateau*, от *plat* — «плоский») — возвышенная равнина с ровной или волнистой слабо расчленённой поверхностью, ограниченная отчётливыми уступами от соседних равнинных пространств.

6) *Холм* - небольшая возвышенность, в плане округлой или овальной формы, с пологими склонами и слабо выраженным подножием. Относительная высота до 300 м. На холмах часто строились города, поэтому многие из них имеют свои названия (например, Капитолий, Целий).

7) *Курган* – искусственный холм менее 50 метров

8) *Бугор* – изолированная возвышенность с плоской вершиной и крутизной склонов 10-15 градусов

Отрицательные формы рельефа - относительно пониженные участки поверхности суши или дна водоемов различной глубины.

1) *Котловина* - замкнутая впадина. Часто котловина бывает заполнена водой — образуется озеро. По происхождению котловины бывают тектонические (прогиб земной коры), ледниковые (понижения между моренными холмами) и другие.

2) *Впадина* - более или менее замкнутое понижение земной поверхности относительно окружающей местности в пределах суши, дна океанов и морей.

3) *Долина* – вытянутое понижение рельефа, имеющее уклон в одном направлении. В долине склоны могут быть и крутыми и пологими

4) *Балка* – вытянутое углубление значительной длины.

5) *Овраг* — форма рельефа в виде относительно глубоких и крутосклонных незадернованных ложбин, образованных временными водотоками.

Овраги возникают на возвышенных равнинах или холмах, сложенных рыхлыми, легко размываемыми породами, а также на склонах балок. Длина оврагов от нескольких метров до нескольких километров. Выделяют молодые (интенсивно развивающиеся) и зрелые овраги.

6) *Лощина* – небольшое углубление, глубиной не более 5 метров с пологими склонами.

7. ОСНОВЫ ГИДРОГЕОЛОГИИ

Гидрогеология - наука, изучающая происхождение, условия залегания, состав и закономерности движений подземных вод. Также изучается взаимодействие подземных вод с горными породами, поверхностными водами и атмосферой.

Грунтовые, или иначе, подземные воды появляются, когда под землю проникают атмосферные осадки либо вода из открытых водоемов - прудов, озер или рек. Такие воды называют инфильтрационными. Воды, которые образовались из-за конденсации атмосферного пара, называют конденсационными. Пласт породы, который при вскрытии дает воду называется водоносным. Если вода не в состоянии проникать через породу, такая порода называется водоупорной. Фактически, благодаря наличию пустот в любой породе, абсолютно водоупорных пород не существует.

7.1. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

Мировой океан, соленые воды 1120-1300млн. км³

Атмосфера 0.013 млн.

Подземные воды 60-100 млн.

Почвенные воды 50- 90 млн.

Ледники 20-30 млн.

Воды озер и рек 1-4 млн.

Воды в растениях и животных 0.006 млн.

Круговорот воды на земле

Круговорот воды в природе (гидрологический цикл) - процесс циклического перемещения воды в земной биосфере. Состоит из испарения, конденсации и осадков.

Моря теряют из-за испарения больше воды, чем получают с осадками, на суше - положение обратное. Вода непрерывно циркулирует на земном шаре, при этом её общее количество остаётся неизменным.

Главный энергетический двигатель круговорота воды - Солнце. Солнечные лучи нагревают воду, и она интенсивно испаряется. Молекулы воды оказываются в атмосфере, причем половина их сосредоточена в нижнем полуторакилометровом слое воздуха. С высотой температура воздуха постепенно падает, поэтому пары воды на определенной высоте насыщаются и конденсируются в капельки воды или кристаллы снега, формируя облака. Облака проливаются дождем или выпадают в виде снега. Этот процесс идет непрерывно. Испарившаяся вода находится в атмосфере всего 8-9 дней, затем снова возвращается в океан, озеро, болото, реку или недра Земли.

7.2. ВИДЫ ВОДЫ В ГОРНЫХ ПОРОДАХ

1. Вода в форме пара. Этот вид воды присутствует в воздухе, заполняющем трещины и пустоты между частицами породы.

2. Вода в форме льда. Лёд в почвах и породах может присутствовать как в виде отдельных кристаллов, так и в форме скоплений льда (линз, прослоев). Наиболее широко эта форма нахождения воды распространена в области развития многолетней мерзлоты.

3. Кристаллизационная и конституционная вода. Эти виды вод являются составными частями минералов, входя в их состав в виде молекул или (ОН)- групп, то есть находятся в химически связанном состоянии.

3.1. Кристаллизационная вода. Этот вид воды входит в состав минералов в виде молекул H_2O в постоянном для каждого минерала количестве.

3.2. Цеолитная вода. Цеолитная вода входит в состав минералов в виде молекул H_2O , число которых в составе минерала непостоянно и может меняться в широких пределах без нарушения физической однородности минерала. Этот вид воды характерен для минералов группы цеолитов, относящихся к каркасным алюмосиликатам. В зависимости от условий (температуры, влажности) количество молекул воды в составе минерала изменяется. Цеолитная вода часто рассматривается как разновидность кристаллизационной.

3.3. Конституционная вода. Присутствует в минералах не в молекулярной форме, а в форме гидроксильной группы (ОН)-, занимающей определенную позицию в кристаллической решетке минерала. Этот вид воды может быть выделен только с полным разрушением структуры минерала.

4. Физически связанная вода. Этот вид воды присутствует на поверхности частиц. Разделяется на две разновидности.

4.1. Прочносвязанная (гигроскопическая). Образуется при адсорбции частицами молекул воды из паров. Гигроскопическая вода окутывает поверхность частиц сплошной или прерывистой плёнкой и очень прочно удерживаемой на них (под давлением до 10000 атм).

4.2. Слабосвязанная (пленочная). Располагается поверх прочносвязанной, образуя на поверхности частиц «вторую плёнку». Сила связи между собственно пленочной водой и гигроскопической водой, окутывающей частицы пород, относительно слабая. В силу этого пленочная вода находится в жидком состоянии (обладая при этом повышенной вязкостью) и способна медленно передвигаться от частиц с большей толщиной плёнок к частицам с меньшей толщиной плёнок. Этот вид вод широко распространен в почвах.

Гигроскопическая, плёночная и гравитационная вода: а - частицы с неполной гигроскопичностью; б - частицы с полной гигроскопичностью; в, г - частицы с плёночной водой (вода движется от частицы с г к частице в); д - частицы с гравитационной водой

5. Свободная вода.

5.1. Капиллярная вода. Капиллярная вода располагается в тонких трещинах и порах пород и удерживается в них силами поверхностного натяжения.

5.2. Гравитационная вода. К этому виду относятся воды, перемещающиеся (фильтрующиеся) под действием силы тяжести и напорного градиента в толще пород по сообщающимся порам и трещинам. Образование гравитационных вод происходит при насыщении всех пор и трещин породы водой.

7.3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

В зависимости от происхождения выделяются подземные воды нескольких типов: 1) инфильтрационные, 2) конденсационные, 3) седиментогенные, 4) «ювенильные» (или магмогенные).

Инфильтрационные подземные воды образуются в результате просачивания (инфильтрации) в глубину атмосферных осадков, выпадающих на земную поверхность. Как известно, на земном шаре происходит непрерывный влагооборот, в котором принимают участие атмосферные, поверхностные и подземные воды. Вода океанов, морен, рек под влиянием солнечного тепла испаряется и насыщает парами воздух. Воздушные массы, непрерывно перемещаясь, переносят пары в пределы суши, где они при благоприятных условиях сгущаются и выпадают на поверхность Земли в виде атмосферных осадков. Здесь они расходятся по трем путям: одна часть стекает по склонам в ручьи и реки, которые несут свои воды в моря и океаны; вторая испаряется с поверхности Земли, а третья просачивается в глубину, где и происходит накопление подземных вод, которые движутся по направлению к рекам и морям. Одним из доказательств именно такого происхождения подземных вод (инфильтрации) может служить качественное и количественное изменение воды в колодцах во время дождливой погоды.

Конденсационные подземные воды. В некоторых климатических зонах, например в пустынях, наблюдаются явления, которые трудно объяснить инфильтрационной теорией происхождения подземных вод. При малом количестве атмосферных осадков с крайне неравномерным их распределением во времени (по несколько месяцев совсем не бывает дождя) и при огромном испаряемости в пустынях нет условий для пополнения подземных вод путем инфильтрации. Между тем на некоторой глубине от поверхности повсеместно в пустынях обнаруживается слой влажных пород или скопление подземной воды. Накоплением влаги в почве конденсационным путем можно объяснить то явление, что во многих случаях, несмотря на отсутствие дождей в течение длительного периода, посевы не гибнут. В это время почва с поверхности сильно иссушается, но растения получают влагу, накопившуюся конденсационным путем в более глубоких горизонтах, что и способствует сохранению их. Конденсация

протекает и в других климатических зонах - умеренных и влажных, но в смысле пополнения запасов подземных вод она имеет подчиненное значение в сравнении с инфильтрацией атмосферных осадков. Седиментогенные подземные воды (лат. *scdimentum* - осадок). Это воды морского генезиса, образовавшиеся в процессе накопления морских осадков в последующего их изменения. Морская вода с растворенными в пей солями всегда пропитывает иловые осадки, постоянно накапливающиеся на дне моря. В ходе прогибания земной коры и дальнейшего осадконакопления и диагенеза под влиянием все увеличивающегося давления эта вода начинает выжиматься вверх. Это особенно имеет место в алеврито-глинистых осадках. Благоприятные условия для формирования седиментогенных подземных вод создаются на большой глубине (несколько километров) при захоронении их мощными водонепроницаемыми или слабопроницаемыми слоями. Вместе с тем в ходе геологического развития под влиянием различных факторов седиментогенные воды претерпевают значительные изменения. Иногда происходит, смешение их с водами других генетических типов, или даже полное вытеснение их инфильтрационными водами.

«Ювенильные» (девственные) подземные воды. Многие источники подземных вод в областях современной или недавней вулканической деятельности молодых гор обладают повышенной температурой и содержат в растворенном состоянии необычные для поверхностных условий соединения и газовые компоненты.

Однако пары воды, выделившиеся из магмы на глубине, так же как и другие газообразные компоненты, проникая вверх по разломам в земной коре, могут встречаться и смешиваться с обычными подземными водами инфильтрационного происхождения и в таком случае поступают на поверхность в смешанном виде.

С другой стороны, инфильтрационные подземные воды при благоприятных условиях могут проникать на большую глубину, в область более высоких температур, где они нагреваются, обогащаются растворенными минеральными веществами и газами и существенно изменяют свой первоначальный состав.

По степени минерализации подземные воды подразделяют (по классификации В. И. Вернадского) на следующие группы:

пресные - воды с минерализацией до 1 г/л,

солончатые - от 1 до 10 г/л,

солёные - от 10 до 50 г/л,

подземные рассолы - более 50 г/л (в ряде классификаций принято значение 36 г/л, соответствующее средней солёности вод Мирового океана).

Происхождение вод. Инфильтрационные воды, образующиеся за счет поступления с поверхности, обычно имеют низкую минерализацию, по составу преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и магниевые, обогащённые кислородом. Конденсационные воды пресные. Содержащиеся в составе эндогенных вод летучие компоненты (CO₂, HCl, H₂S и др.) придают

им высокую агрессивность, способствующую выщелачиванию вмещающих пород и формированию сложного химического состава вод (например, известная группа Кавказских минеральных вод - «Ессентуки», «Новотерская» и др., связанных с областью внедрения неогеновых магматических пород).

Взаимодействие с вмещающими породами. Воды, фильтруясь через толщи пород, растворяют их, обогащаясь рядом элементов. Так при растворении соленосных толщ сложенных галитом воды приобретают хлоридный натриевый состав; при фильтрации через известняки - гидрокарбонатный кальциевый и т.д.

Условия водообмена определяют интенсивность участия подземных вод в гидрологическом цикле. В зоне интенсивного водообмена, где интенсивно протекают процессы круговорота вод («разбавление» вновь поступающими пресными инфильтрационными водами, разгрузка водоносных горизонтов родниками, относительно недолгое время взаимодействия с вмещающими породами) воды чаще гидрокарбонатные, богатые кислородом и азотом (газами воздушного происхождения), с низкой минерализацией. Зоне замедленного водообмена свойственны солоноватые воды многокомпонентного состава. Зона весьма замедленного водообмена, соответствующая нижней части артезианских бассейнов, представлена преимущественно солёными водами и рассолами (с минерализацией до 600 г/л), содержащим углеводородные газы и сероводород.

По условиям залегания выделяются три основных типа подземных вод: верховодка, грунтовые воды и напорные межопластовые, или артезианские, воды. Иногда выделяют межпластовые безнапорные воды.

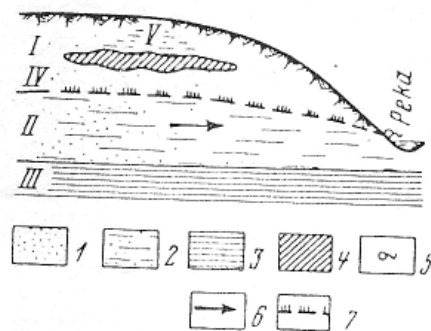


Рис. 20. Схема залегания грунтовой воды и соотношение ее с верховодкой:

- I - зона аэрации; II - зона насыщения водой (грунтовая вода);
- III - водоупорное ложе; IV - зона капиллярного поднятия; V - верховодка;
- 1 - песок; 2 - водонасыщенный песок; 3 - глина; 4 - тяжелый суглинок;
- 5 - источник; 6 - направление движения грунтовых вод; 7 - зеркало, или уровень, грунтовых вод

Верховодка. К верховодке относятся подземные воды, залегающие на небольшой глубине от поверхности земли в зоне аэрации. Отличие верховодки от грунтовых вод в основном заключается в том, что она располагается выше них и, кроме того, ограничена площадным распространением. Это периодически существующие локально развитые

подземные воды, не имеющие регионально выдержанного водоупора. Они накапливаются на поверхности небольших линз или перемежающихся слоев водонепроницаемых и полупроницаемых горных пород. Таковы, например, линзы морен в флювиогляциальных отложениях, погребенные почвенные горизонты в лёссовидных суглинках, глинистые линзы в песчаном аллювии и т. п. (рис. 20). Мощность верховодки (0,5-1, редко 2-3 м) и ее уровень подвержены значительным колебаниям, которые находятся в соответствии с климатическими изменениями. Наибольшей величины мощность верховодки достигает весной или осенью. Часто, при малом количестве осадков, верховодка совсем исчезает.

Грунтовые воды. Грунтовые воды пользуются большим распространением. Это воды первого от поверхности постоянного водоносного горизонта, залегающего на первом более или менее выдержанном водонепроницаемом слое. Они могут накапливаться как в рыхлых пористых антропогенных и доантропогенных породах, так и в трещиноватых твердых горных породах. Отсутствие водоупорной кровли обуславливает питание их на всей площади распространения, или, иначе, область питания грунтовых вод совпадает с областью их распространения.

В грунтовых водах следует различать верхнюю поверхность, или зеркало грунтовых вод, и водоупорное ложе (водонепроницаемая горная порода, подстилающая грунтовые воды). Порода, насыщенная водой, называется водоносным слоем или водоносным горизонтом.

Мощность водоносного слоя - расстояние от зеркала грунтовых вод до водоупорного ложа. Грунтовые воды по своим гидравлическим особенностям - безнапорные или обладающие небольшим местным напором. К зеркалу грунтовых вод примыкает капиллярная кайма, в которой поры породы лишь частично заполнены водой, поднимающейся по капиллярам.

Движение грунтовых вод. Зеркало грунтовых вод редко бывает горизонтальным. Часто оно повторяет, в несколько сглаженном виде, рельеф поверхности и имеет четко выраженный наклон в сторону пониженных мест. Происходит это вследствие того, что подземные воды находятся в непрерывном движении. Они двигаются в виде грунтового потока, подчиняясь силе тяжести, в направлении к оврагам, рекам, морям и другим понижениям рельефа, где происходит их разгрузка в виде источников. Эти области называются областями разгрузки, или областями дренирования. Грунтовые воды движутся по порам и нешироким трещинам в виде отдельных тонких струек, параллельных друг другу. Такой вид движения называется ламинарным. Скорость движения подземных вод зависит от водопроницаемости горных пород, а также от гидравлического уклона зеркала воды. Действительная скорость движения грунтовых вод в сравнении со скоростями течения рек относительно невелика. В песках мелкозернистых и однородных скорости движения воды при больших уклонах могут достигать 1-5 м/сут., в крупнозернистых гравийных песках - 15-20 м/сут., а в галечниках и сильно трещиноватых закарстованных известняках 100 м/сут., а иногда

значительно больше.

Режим грунтовых вод. Уровень, количество и качество грунтовых вод с течением времени меняется. Они чувствительно реагируют на изменение внешних гидрометеорологических условий, будучи тесным образом связаны с водным режимом Земли.

В многоводные годы, когда атмосферных осадков выпадает много, уровень грунтовых вод повышается, в маловодные годы, наоборот, понижается. Иногда колебания уровня имеют резко выраженный сезонный характер и в течение года достигают нескольких метров. На пространстве от поверхности Земли до водоупорного ложа отчетливо выделяются 2 зоны: 1) зона аэрации, располагающаяся над уровнем грунтовых вод, она не заполнена водой, и атмосферные осадки через нее лишь просачиваются в нижележащие, зоны; 2) зона периодического насыщения водой, расположенная между минимальным уровнем подземных вод, соответствующим засухливым периодам, и наивысшим, устанавливающимся в многоводные периоды.

В районах с влажным и умеренным климатом реки, как правило, дренируют грунтовые воды, зеркало которых наклонено к реке. Во время паводков в реке, когда уровень воды в ней резко повышается, происходит поднятие уровня грунтовых вод в прибрежной полосе и возникает обратный уклон его (от реки). При спаде уровня паводковых вод уровень грунтовых вод в прибрежной полосе также снижается.

В районах с засушливым климатом часто наблюдается обратная картина, уровень грунтовых вод понижается от реки и, следовательно, питание их происходит речными водами. При пересечении ими пустынных пространств, они теряют часть своего расхода на питание подземных вод.

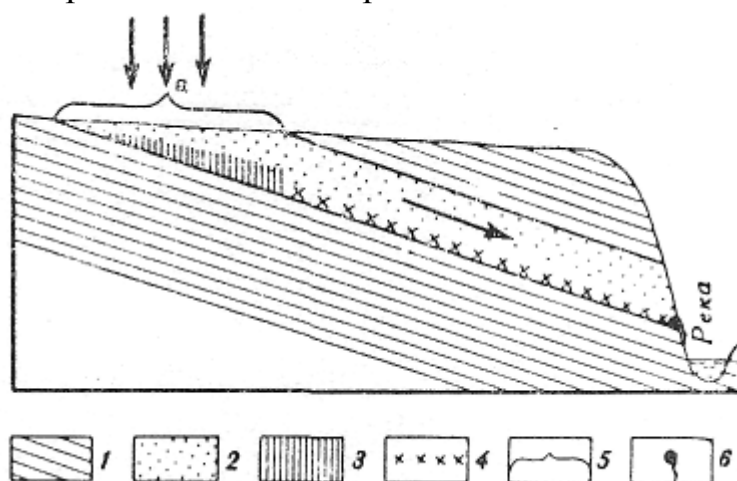


Рис.21. Схема залегания межпластовых ненапорных вод:

- 1 - водонепроницаемые породы; 2 - водопроницаемые породы;
3 - грунтовые воды; 4 - межпластовые воды; 5 - область питания; 6 – источник

Безнапорные межпластовые воды. Помимо грунтовых вод иногда выделяются безнапорные межпластовые воды, отличающиеся от грунтовых

вод тем, что находятся между двумя выдержанными водоупорными пластами (рис.21). Питание их происходит не на всей площади распространения водоносного слоя, а только в месте выхода его на поверхность.

На береговых склонах оврагов и рек часто образуются источники, или родники, при вскрытии контакта водоносных и водоупорных пород. Таким образом, межпластовые воды являются проточными и по условиям передвижения аналогичны грунтовым нисходящим водам.

Различные типы подземных вод тесно связаны с поверхностными водами (рис. 22).

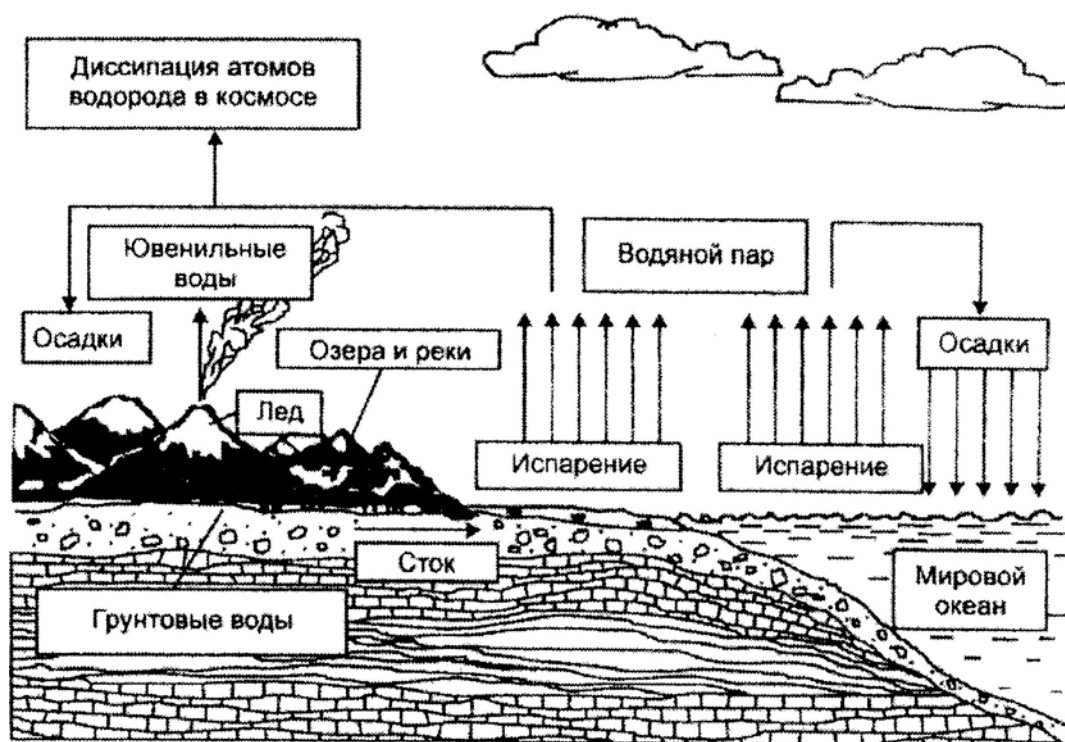


Рис.22. Взаимосвязь разных типов подземных и поверхностных вод.

Влагоёмкость горных пород и почв определяется количеством воды, которое они могут удержать. Она включает гигроскопичность - это явление осаждения в горной породе влаги из воздуха. По влагоёмкости выделяют три категории горных пород:

- влагоёмкие - торф, глины, суглинки;
- слабовлагоёмкие - лёссовые породы, некоторые супеси и суглинки;
- невлагоёмкие - пески, галечники, гравийники и скальные породы - известняки, доломиты, трещиноватые магматические и метаморфические породы.

В недрах подземные воды заполняют различные поры. Выделяют первичные и вторичные поры. Первичные или литогенные поры получают изначально во время образования горной породы. Например, в песке и песчанике (терригенные породы) всегда имеются поры между обломочными зёрнами. Вторичные поры образуются в результате выщелачивания или

растворения отдельных компонентов в каркасе горной породы при сохранении самой горной породы. Например, если пространство между песчинками заполнено кальцитом и в это место попадает кислый раствор, то при растворении карбоната образуются поры. Типичной вторичной пористостью обладают карстовые известняки и доломиты. Часто вторичные поры имеют тектоническое происхождение. Если горные породы подвергнуть сильному стрессу или ударному воздействию, например, при тектоническом раздвиге, сдвиге, сжатии или землетрясении или взрыве вулкана, то в них появляются трещины.

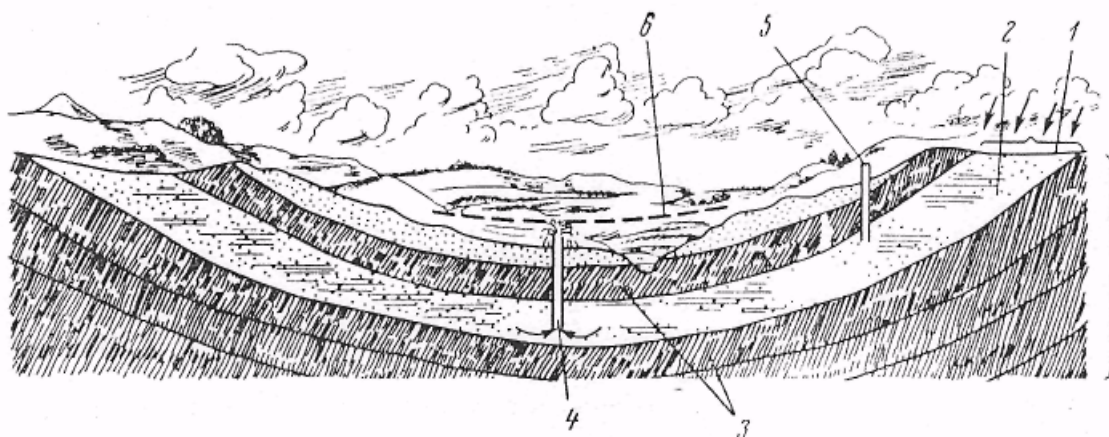


Рис. 23. Схема залегания артезианских вод:

- 1 - область питания; 2 - водоносный слой; 3 - водонепроницаемые слои; 4 - самоизливающийся колодезь; 5 - колодезь, в котором напорная вода не изливается; 6 - пьезометрический уровень напорных вод
(рис. Н. П. Костенко)

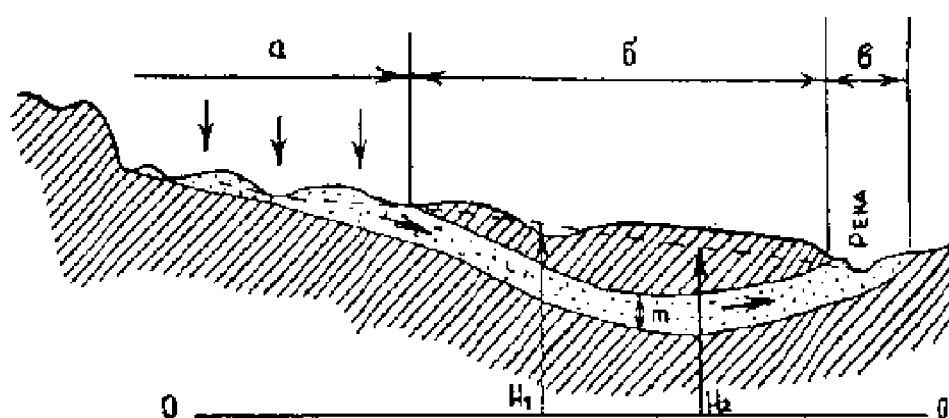
Напорные, или артезианские, межпластовые воды. К напорным водам относятся, воды, залегающие между двумя водонепроницаемыми пластами горных пород ниже базиса эрозии. Артезианские воды получили свое название от провинции Артуа (фр. artésien) во Франции, которая в древности называлась Артезия. Там впервые в Европе в 1226 г. при помощи трубчатых колодезев получена самоизливающаяся подземная вода.

Наиболее благоприятные условия для формирования напорных вод создаются в пределах различных прогибов земной коры. В первом случае водоносные слои изогнуты, в виде мульды или чаши. Областью питания подземных вод является место выхода водоносного слоя на поверхность. Атмосферные воды, поступая в водопроницаемые слои путем инфильтрации или инфлюации (лат. influo - втекаю), движутся к центральным частям мульды и заполняют весь водоносный слой, находясь под гидростатическим давлением (рис. 24). Если выкопать колодезь или пробурить скважины до водоносного слоя, то подземная вода после ее вскрытия поднимется на значительную высоту. Подземная вода может оказаться под гидростатическим напором и при моноклинальном, или односклонном, залегании пород, особенно в условиях частой смены пород, т. е. смены водопроницаемых пород водонепроницаемыми. Вода, поступившая из

области питания в водопроницаемые породы, постепенно передвигается по падению слоя и, наконец, достигает глин, не находя далее выхода. Происходит накопление ее в водоносном слое, и она оказывается под гидростатическим давлением. Если вскрыть воду колодцем, то она будет обладать напором и поднимется примерно до высоты питания. Подобные же скопления напорных вод возможны в районах тектонических сбросов, когда по линии сместителя водоносные слои оказываются в контакте с водонепроницаемыми породами.

При чередовании водопроницаемых и водонепроницаемых пород, или пород разной проницаемости, в таких структурах могут находиться несколько напорных водоносных горизонтов.

Положение верхних границ подземных вод в коллекторах называют пьезометрическим уровнем.



$$EE > EE3 +$$

Рис. 24. Схема строения артезианского бассейна инфильтрационного типа. а — область питания и создания напора; б — область распространения напора и падения гидростатического давления; в — область разгрузки; 1 — водоносные породы, 2 — водоупорные породы, 3 — пьезометрический уровень; 4 — уровень грунтовых вод; H_1 и H_2 — пьезометрические напоры в первом и втором сечениях; m — мощность артезианского водоносного горизонта (стрелками показано направление движения вод).

Разность уровней подземных вод в области питания и зоне разгрузки (Ah) называют гидростатическим напором. Его отношение к расстоянию между этими точками (Al) называется гидравлический градиент (уклон) $Ah/Al = i$. Он определяет гидростатический напор. Давление толщи вышележащих пород, в которых содержится вода, вместе с атмосферой определяет литостатический (геостатический) напор. По соотношению литостатического и гидростатического напоров выделяют артезианские бассейны трех гидродинамических типов - инфильтрационные, элизионные и смешанные (рис. 25).

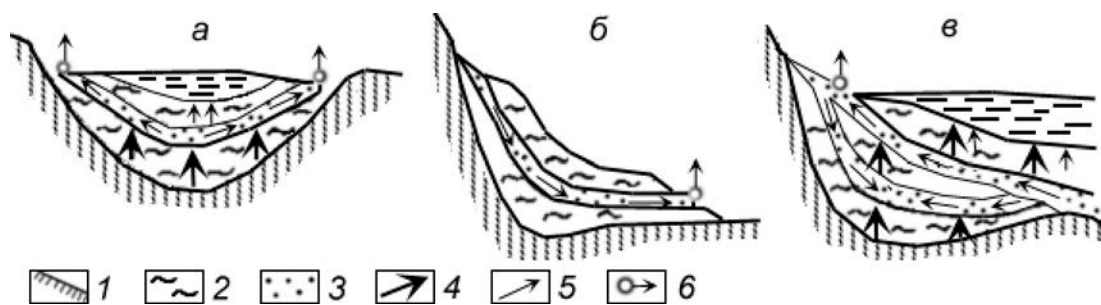


Рис. 25. Схемы строения различных артезианских бассейнов. а - элизионного типа; в - инфильтрационного типа; г - смешанного типа.

1 - породы фундамента; 2 - глины; 3 - песчаные породы; 4 - направления движения подземных вод; 5 - поверхностные воды озерного или морского бассейна.

В элизионных системах литостатическое давление преобладает над гидростатическим, в инфильтрационных наоборот. В смешанных артезианских бассейнах на верхних горизонтах существует инфильтрация и нисходящие потоки подземных вод, а на нижних - элизионный режим с восходящими потоками. Элизия - выжимание. В элизионном режиме за счет отжатия из глин седиментационных вод, происходит медленное их движение из центра бассейна к его крыльям (эксфильтрация). Она получается за счет преобладания в центральных частях артезианских бассейнов литостатического напора над гидростатическим. Морская вода, захваченная глинистым осадком, при его уплотнении и мощности вышележащей толщи (более 500 м) на 2/3, отжимается. Происходит это при преобладании диффузионного массообмена.

В инфильтрационном типе артезианских бассейнов метеорная вода двигается от крыльев бассейна (областей его питания) до региональных понижений рельефа - очагов разгрузки.

Длительность водообмена артезианских систем оценивается от сотен лет до десятков тысяч лет. За такое время эта, часто, сотниклометровая гидравлическая система полностью очищается. Метеорная вода путем инфильтрации прочищает коллектора. В связи с меньшей скоростью водообмена грунтовые воды гораздо быстрее очищаются, чем артезианские, хотя, как отмечено выше, и загрязняются легче.

7.4. ПОНЯТИЯ ДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

Метеорная дождевая и талая вода через почвы и грунты проникает в нижележащие горные породы. Она, прежде всего, питает первые от поверхности горизонты водопроницаемых отложений. Так начинается подземный круговорот воды. Безнапорные подземные воды называются грунтовыми водами (рис. 26).

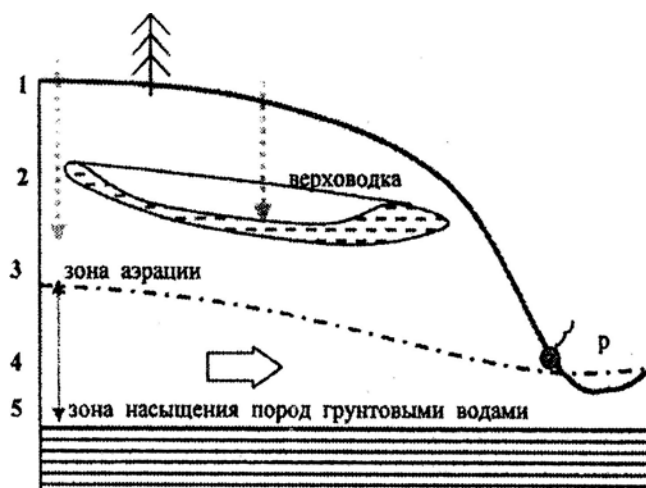


Рис. 26. Схема залегания грунтовых вод и верховодки.

Верхняя их граница получила название зеркала или уровня грунтовых вод. Оно разделяет залегающую сверху зону просачивания (инфильтрации или аэрации) и снизу - затрудненного водообмена. Существует два его положения - паводковый (высокий) и меженный (самый низкий). Этот горизонт представляет собой зону активного водообмена или истечения грунтовых вод. Зеркало грунтовых вод субпараллельно рельефу. Места, где находятся родники, т. е. выходы грунтовых вод на поверхность, получили название очагов их разгрузки. В периоды высокой влажности над уровнем грунтовых вод могут формироваться временные линзы подземных вод, получившие название верховодки.

Питание, обновление и очищение грунтовых вод сезонное. В большинстве районов мира дважды в год идёт интенсивный водообмен - во время весеннего половодья и осенних дождей (паводков) (рис. 27). Между ними уровни грунтовых вод существенно понижаются.

Степь

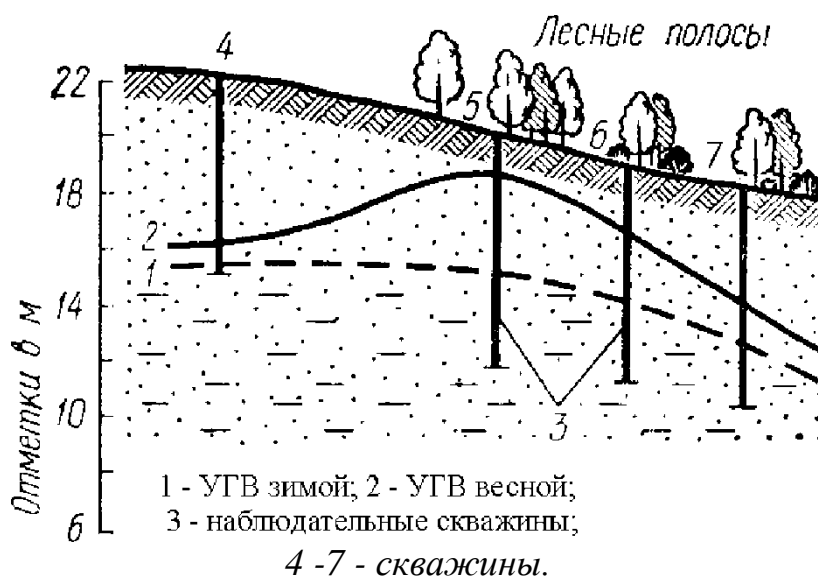


Рис. 27. Сезонное изменение уровня грунтовых вод (УГВ) на участках лесных полосащитных полос в Каменной Степи.

Базис эрозии (самая низкая точка рельефа) может быть местным или региональным. Очаги разгрузки грунтовых вод находятся либо вблизи местных, либо региональных базисов эрозии. Грунтовые воды - это основной источник водоснабжения небольших поселений и деревень. Грунтовые воды наименее защищены от поверхностного загрязнения. Грунтовые воды при движении очищаются. В последние десятилетия идёт аридизация климата. Соответственно понижаются уровни грунтовых вод.

7.5. ТЕХНОГЕННЫЕ НАРУШЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ВОД

К сожалению, хозяйственная деятельность человека приводит к загрязнению поверхностных и подземных вод. Выделяют различные загрязнения подземных вод. Тепловое, когда рост температуры воды обуславливает увеличение скорости химических реакций. Это вызывает усиление коррозии бетона и стали. Основным источником теплового загрязнения являются тепловые и атомные электростанции, сбрасывающие оборотную воду. В городах источником теплового загрязнения являются прорывы канализации.

Бактериальное загрязнение опасно в связи с желудочно-кишечными и инфекционными заболеваниями. Бактериальному загрязнению подвергаются грунтовые воды, в области питания которых (на водоразделах) находятся навозохранилища или септики. Также их могут загрязнять прорывы канализации. Опасность бактериального загрязнения обостряется во время весенних половодий, когда переполняются емкости со сточными водами.

Загрязнения тяжёлыми металлами (ртуть, мышьяк, кадмий, таллий, свинец, цинк, железо, марганец, молибден, серебро, стронций и др.) могут обусловить паталогические заболевания. Такое загрязнение отмечено в промышленных зонах и вблизи активных автомагистралей.

Радиоактивное загрязнение связано с поступлением в подземные воды естественных радиоактивных элементов (U, Th, Ra, Rn) и искусственных радионуклидов (радиоактивные изотопы Sr, Cs, J, Pu, Np, H и др.). Такое загрязнение возможно при нештатной эксплуатации урановых рудников и хвостохранилищ урановых горнообогатительных комбинатов, а также при авариях на АЭС и полигонов хранения и захоронения радиоактивных отходов.

В связи с техногенным загрязнением необходимо следить за чистотой в областях питания грунтовых и артезианских вод и охранять водозаборы. Если это водоносный горизонт с пористыми осадочными породами, то вода может при фильтрации в большой мере очиститься, но если это трещинные воды, вода очищается гораздо в меньшей мере.

Ещё одна опасность - подтопление подвалов за счёт нарушения уровня грунтовых вод. Они поднимаются по ряду причин:

а) перекрытия, уплотнения, или асфальтирования природных почв и прекращения естественного дренажа;

б) чрезвычайно большого полива газонов и незапланированных канализационных прорывов;

в) меньшего испарения, т.к. открытые грунты закрываются асфальтом и бетоном; вода под землёй конденсируется из-за отсутствия возможности испарения.

Существует система наблюдений в гидрорежимных скважинах. По ним следят, как колеблются уровни артезианских и грунтовых вод, как изменяется их состав. Это называется гидрогеологическим мониторингом.

8. ОПАСНЫЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

К опасным геологическим явлениям и процессам относятся землетрясения, активный вулканизм, наводнения, цунами, смерчи, карст, оползни, обвалы, многолетняя мерзлота, сейсмичность, сели, геохимические аномалии. В инженерно-геологической практике в первую очередь следует учитывать карст, оползни, обвалы, сели, изменения многолетней мерзлоты, промерзание, повышенную сейсмичность.

Карст - это совокупность геологических процессов и созданных ими явлений в земной коре и на ее поверхности, вызванных растворением горных пород. Он обуславливает образование пустот, разрушение, изменение структуры и состояния пород, возникновение особого вида движения подземных вод, типичных форм рельефа (воронки, провалы, поноры) и режиму рек (сухие части русел, сифоны и пр.). Карст наиболее неприемлем при возведении плотин, создании водохранилищ, каналов и туннелей. Защита от опасных последствий карста достигается созданием противофильтрационных завес, экранированием, искусственными кольматажами или приспособлением конструкции сооружений к природным условиям. Карстованию наиболее подвержены распространенные карбонатные породы и залежи каменных солей (соляной карст). Термокарстом называют неравномерное растопление многолетнемерзлых грунтов.

С нисходящими потоками подземных вод связана *суффозия* - явление механического вымывания части песчаных зерен из грунтов. В этой связи образуются суффозионные провалы и просадки. Карстовые и суффозионные явления чреваты тем, что несущая способность грунтов может катастрофически нарушиться. Карстово-суффозионные просадки рельефа, в том числе техногенные, бывают значительными. Например, после десятилетий эксплуатации месторождений нефти и газа в штате Техас США, просадка земной поверхности достигла 8 м.

Оползни и обвалы связаны с гравитационной устойчивостью склонов. Особенно это следует учитывать при строительстве дорог и сооружений в расчлененном рельефе в долинах рек, котловинах озер и прибрежных зонах. При строительстве гидротехнических сооружений плотин, туннелей, мостов, путепроводов существующие оползни и обвалы нередко активизируются или

возникают новые деформации склонов.

В естественных условиях формирование склонов происходит под воздействием ряда геологических процессов, из которых наибольшую роль играют смещение пород под влиянием силы тяжести. Для платформенных районов наиболее характерны оползни, развивающиеся преимущественно в глинистых породах или породах, содержащих глинистые прослои. Для горно-складчатых районов, сложенных в основном скальными породами, гравитационные деформации более разнообразны и представлены обвалами, оползнями, оползнями-обвалами, осыпями, каменными лавинами, селями.

Оползнем называется смещение горных пород, слагающих склон, представляющее собой скользящее движение вследствие механического разрушения ими течения пород склона или его основания. Оползни распространены практически повсеместно по берегам рек и оврагов. Значительные осложнения при проектировании гидротехнических сооружений вносят древние оползни, часто не выраженные в рельефе местности. Они не могут служить надежным основанием для дорог и сооружений. На участках древних оползней есть реальная опасность оживления деформаций при подрезке склона строительными выемками или при насыщении склона водой, а также при размыве берегов водохранилищ.

На склонах изменяется их устойчивость и напряженное состояние пород. В оползневом массиве и его основании значение напряжений и их распределение следует сопоставлять с прочностью пород. Если напряжения существенно ниже прочности пород, то это устойчивое состояние, а при превышении напряжений над прочностью неустойчивое. При примерном равенстве говорят об условно устойчивом состоянии оползневого массива.

Ещё одна опасность - образование плывунов.

Плывуны - это суспензионные потоки воды и песчано-алевритового или глинистого материала. Обводнённые глинистые и алевритовые грунты представляют собой неньютоновские жидкости, которые могут резко снижать вязкость при росте давления.

Многолетняя мерзлота широко распространена на восточных и северных районах России, занимая около 70% территории. Закономерностям ее строения, распространения, истории формирования и условиям освоения посвящена наука *мерзлотоведение*.

Многолетнемерзлыми (вечномерзлыми) называются любые породы, имеющие отрицательные или нулевую температуру и содержащие в своем составе лед, если они находятся в мерзлом состоянии более 3 лет. В распространении многолетнемерзлых толщ отчетливо выражена широтная зональность: на Крайнем Севере расположена зона их сплошного распространения, южнее она сменяется зоной прерывистого, еще южнее - островного развития мерзлых пород. Мощность мерзлых толщ изменяется от нескольких метров до нескольких сотен метров и зависит от общей климатической зональности территории, так и от местных физико-географических условий. В вертикальном разрезе многолетнемерзлых толщ

выделяются слои суточных колебаний температур.

Если среди мерзлых пород встречаются прослой талых, то такие толщи называются слоистыми. Талые породы или талики существуют за счет утепляющего действия поверхностных водотоков и водоемов, интенсивной фильтрации воды, притока ее из глубины по тектоническим трещинам и воздействия солнечного тепла. Среди таликов различают сквозные и замкнутые. Толщи многолетнемерзлых пород подстилаются не мерзлыми и перекрываются либо талыми, либо сезонно-талыми породами. В зависимости от последнего обстоятельства многолетнемерзлые толщи называются не сливающимися и сливающимися.

Температура толщ многолетнемерзлых пород находится в зависимости от широтного положения территории и изменяется от минус 10°C в зоне сплошной мерзлоты до -0,1°C в зоне островной мерзлоты. В течение года колебания температуры происходят до глубины 15-20 м. Эта граница называется подошвой слоя годовых колебаний температуры. Инженерно-геологические условия возведения и эксплуатации сооружений определяют свойства пород в период перехода из мерзлого состояния в талое и в протаявшем состоянии.

Изменение термического режима и влажности пород резко изменяет их физико-механические и фильтрационные свойства и приводит к возникновению и развитию неблагоприятных физико-геологических явлений термокарста, морозного пучения, солифлюкции (оплыванию склонов, включая весьма пологие), образованию наледей, заболачиванию.

Оттаивание супесчано-суглинистых пород, слагающих откосы, может сопровождаться оплыванием и обвалами; песчано - гравийных - осыпями; скальных пород - осыпями, обвалами, вывалами.

Повышенная *сейсмичность* имеет природную тектоническую основу. Однако масштабные техногенные явления (откачка подземных вод, нефти, газа, деятельность крупных карьеров и шахт, эксплуатация водохранилищ) могут повысить сейсмоопасность территорий.

Селевой поток - поток с очень большой концентрацией минеральных частиц, камней и обломков горных пород (до 50—60 % объема потока), внезапно возникающий в бассейнах небольших горных рек и сухих логов и вызванный, как правило, ливневыми осадками или бурным таянием снегов. Сель — нечто среднее между жидкой и твердой массой. Это явление кратковременное (обычно оно длится 1—3 ч), характерное для малых водотоков длиной до 25—30 км и с площадью водосбора до 50—100 км². Существуют классификации селей по высотному положению, геоморфологическому строению бассейнов, по причинам, вызывающим сели, по степени насыщенности наносами и их фракционному составу. Различают: грязевые, грязекаменные и водокаменные сели. Сели могут производить огромные разрушения. Борьба с селями ведется преимущественно путём закрепления почвенного и растительного покрова, строительства специальных гидротехнических сооружений.

Лавина (нем. *Lawine*, от позднелатинского *labina* — оползень) — масса снега, падающая или соскальзывающая со склонов гор. Наиболее благоприятны для лавинообразования склоны крутизной 25-45°, однако известны сходы лавин со склонов крутизной 15-18°. На более крутых склонах снег не может накапливаться в больших количествах и скатывается небольшими дозами по мере поступления. Объем снега в лавине может достигать до нескольких сотен кубических метров. Однако, опасными для жизни могут быть даже лавины объемом около 5 м³. Существуют несколько классификаций лавин, например:

- По объёму;
- По рельефу лавиносбора и пути лавины (осов, лотковая лавина, прыгающая лавина);
- По консистенции снега (сухая, мокрая).

Скорость движения сухих лавин обычно составляет 20-70 м/с (до 125 м/с) при плотности снега от 0,02 до 0,3 г/см³. Мокрые лавины движутся со скоростью 10-20 м/с (до 40 м/с) и имеют плотность 0,3-0,4 г/см³. Сход лавины из сухого снега сопровождается образованием воздушной волны, производящей значительные разрушения. Снежные лавины, в той или иной степени, распространены во всех горных районах России и в большинстве горных районов мира. В зимний период они являются основной природной опасностью гор.

9. ФИЗИЧЕСКОЕ И ХИМИЧЕСКОЕ ВЫВЕТРИВАНИЕ

Выветривание — совокупность сложных процессов качественного и количественного преобразования горных пород и слагающих их минералов, приводящих к образованию почвы. Происходит за счет действия на литосферу гидросферы, атмосферы и биосферы. Если горные породы длительное время находятся на поверхности, то в результате их преобразований образуется кора выветривания. Различают три вида выветривания: физическое (механическое), химическое и биологическое.

Физическое выветривание - это механическое измельчение горных пород без изменения их химического строения и состава. Физическое выветривание начинается на поверхности горных пород, в местах контакта с внешней средой. В результате перепадов температур в течение суток на поверхности горных пород образуются микротрещины, которые, со временем, проникают все больше вглубь. Чем больше разница температур в течение суток, тем быстрее происходит процесс выветривания. Следующим шагом в механическом выветривании является попадание в трещины воды, которая при замерзании увеличивается в объеме на 1/10 своего объема, что способствует еще большему выветриванию породы. Селевые потоки, ветер, сила тяжести, землетрясения, извержения вулканов содействуют физическому выветриванию горных пород. Механическое измельчение горных пород приводит к пропусканию и задерживанию породой воды и

воздуха, а также значительному увеличению площади поверхности, что создает благоприятные условия для химического выветривания. **Химическое выветривание** - это совокупность различных химических процессов, в результате которых происходит дальнейшее разрушение горных пород и качественного изменения их химического состава с образованием новых минералов и соединений. Важнейшими факторами химического выветривания являются вода, углекислый газ и кислород. Вода - энергичный растворитель горных пород и минералов. Основная химическая реакция воды с минералами магматических пород - гидролиз, приводит к замене катионов щелочных и щелочноземельных элементов кристаллической решетки на ионы водорода диссоциированных молекул воды.

9.1. СТРОЕНИЕ КОРЫ ВЫВЕТРИВАНИЯ

Кора выветривания, - это совокупность различных элювиальных образований верхней части литосферы. Выделяют два типа коры выветривания: автоморфную и вторичную (гидроморфную). Автоморфная кора выветривания сложена несмещенными элювиальными образованиями, в то время как происхождение гидроморфной связано с выносом из автоморфной коры ряда химических элементов. Изучая кору выветривания можно установить особенности климата данной местности в период ее формирования. Из коры выветривания полезные ископаемые извлекаются гораздо легче, чем из материнских невыветренных магматических пород.

Продукты изменения, оставшиеся на месте своего образования, называют остаточной корой выветривания, а перемещенные на небольшое расстояние, но не потерявшие связь с материнской породой - переотложенной корой выветривания. Выделяют также инфильтрационную кору выветривания, сформировавшуюся в результате инфильтрации железа, марганца, никеля, кальция, магния, кремния или других элементов, перешедших в раствор при выветривании и вновь отложенных в залегающих ниже выветрелых или невыветрелых породах. Некоторые геологи к коре выветривания относят продукты размыва и переотложения почв, остаточные коры выветривания и горные породы (т.н. аккумулятивная кора выветривания - делювий, пролювий, аллювий и т.д.).

Образование коры выветривания зависит от биоклиматических, геолого-структурных и геоморфологических особенностей, от состава исходных пород, гидрогеологических условий и длительности формирования. Огромное значение имеет климат. Распределение на поверхности Земли ресурсов тепла и влаги обуславливает широтную зональность размещения основных генетических типов коры выветривания, формирование латеритных поясов и провинций. Внутри поясов геолого-структурные и геоморфологические особенности определяют распространение различных фациальных типов коры выветривания, а от состава исходных пород зависит минеральный состав коры выветривания.

Наиболее благоприятны для формирования коры выветривания условия тёплого влажного климата в периоды относительного тектонического покоя. При этом на приподнятых и расчленённых пенепленах, обеспечивающих интенсивный дренаж, образуется мощная и проработанная кора выветривания. В умеренном влажном климате процессы выветривания проявляются в меньшей степени и проникают на незначительную глубину. В условиях аридного и холодного климатов интенсивность изменения пород минимальная. В сухом климате кальций далеко не выносится, и возникают карбонатная и гипсовая коры выветривания. В холодном климате образуется только обломочная кора выветривания малой мощности.

Вертикальные разрезы кор выветривания имеют закономерное зональное строение. Каждая зона отличается минеральным составом. Сверху вниз увеличивается количество первичных остаточных минералов

Наиболее интенсивно выветривание происходит в тропическом климате. Здесь по породам, обогащенным алюминием, развиваются латериты. В них находят месторождения бокситов - пород, обогащенных гидроксидами алюминия и содержащими гидроксиды железа, титана и остаточный кремнезем. Кроме алюминиевых, в элювии встречаются руды Fe, P, Au, редких элементов, залежи каолина и других полезных ископаемых. Латериты постепенно сменяются аллитами - глинистыми породами, содержащими каолинит и гидроксиды железа и алюминия. Ниже преобладают сиаллиты, сложенными преимущественно глинистыми породами, состоящими из гидрослюда.

Интенсивность выветривания во многом определяется климатом. Существует несколько типов климата:

1. гумидный - среднегодовая температура положительная, масса осадков, выпадающих на землю, превышает испаряющееся их количество; выделяется два типа гумидного климата: умеренный гумидный (тайга, лесостепи) и жаркий гумидный (зона тропических лесов).

2. нивальный или ледовый, где большую часть года вода находится в связанном состоянии и среднегодовая температура отрицательная, занимает Арктические и Антарктические районы, горных оледенений (ледовые шапки) и тундру.

3. аридный климат - испарение резко преобладает над выпадающей влагой, высокая положительная среднегодовая температура; различают экстрараидный климат центральных частей крупных пустынь, например, Сахары и семиаридный (полуаридный) климат саванн и степей.

4. прибрежно-морской;

5. вулканогенный климат.

Климатическая зональность бывает широтная и высотная. В зависимости от климата получаются разные по составу коры выветривания. В высоких горах преобладают ледниковые образования (собственно ледники, фирн - уплотненный снег, снежники). Мощность горных ледников достигает нескольких километров. Выделяют два типа ледников. Первые

дают шапки и плохо двигаются, вторые более активные. Именно активные ледники могут катастрофически спускаться по ущельям и V-образным долинам горных рек. Быстрое движение таких ледников происходит по их основанию, в котором имеется водоносный горизонт.

Такие ледники представляют реальную опасность. В высоких горах также опасны сходы снежных лавин, которые практически не предсказуемы. Для предгорных впадин страшны сели, которые представляют собой мощные грязекаменные водные потоки. Против них под определённым углом ставятся противоселевые дамбы. В предгорьях особенно в период затяжных дождей очень опасны оползни и обвалы.

В ледовом климате на равнинах формируется материковое оледенение типа Гренландского. Это оледенение представляет собой шапку мощностью до 3 км, которая захватывает территории в сотни тысяч квадратных километров. Материковые ледники при медленном движении выпахивают подстилающую поверхность и тащат с собой морену - глину, песок, разного размера обломки, включая глыбы и валуны. В долине ледника выделяют донную, передовую и боковые морены. На краю ледника, где он тает, формируются водно-ледниковые (флювиогляциальные) отложения. Они слагают песчаные бугры в сотни метров длиной и десятки метров высотой (озы, камы, друмлины). Много таких образований распространено на Европейском Севере России.

В результате деятельности флювиогляциальных потоков образовывались месторождения песчано-гравийных смесей, важных строительных материалов, широко распространенных в центральных и северных областях Европейской части России.

Если мы спустимся на равнину с гумидным климатом, то попадём в область долинных и плоско водораздельных ландшафтов. В увлажнённых условиях развиваются обширные болота (ветланды). Болота бывают нескольких типов: верховые водораздельные, долинные старичные, дельтовые и марши - прибрежные болота низких плоских побережий, легко затопляемых приливами. В них за сотни и тысячи лет образуется торф. Это полезное ископаемое используется для подстилки скоту, отопления и в качестве удобрения. В древних ветландах формировались залежи бурых и каменных углей.

Следующий ландшафт - озёрный, в котором накапливаются лимнические (озерные) отложения. В них формируется разные типы полезных ископаемых. В гумидных условиях могут формироваться залежи торфа и гажы (карбонаты, обогащённые органическим веществом). В озерах могут накапливаться чистые глины, которые являются сырьем для производства керамических изделий и кирпичей. Есть ещё один вид озерных полезных ископаемых - сапропель. Сапропели - аналоги торфа, но в озёрах. Сапропель - это тонкозернистое насыщенное водой (60-70%), микроорганизмами, глиной, иногда фосфатами и кремнеземом органическое вещество. Вообще существует два типа органических веществ: сапропелевое

в виде остатков планктона и водорослей и гумусовое - остатки высших растений.

В аридных условиях на равнинах, в озёрах и бессточных котловинах формируются залежи каменных солей, сильно солёные воды и солончаки. Соли, особенно калийные, очень полезны (пищевая соль - NaCl - галит, необходимая пищевая добавка и консервант, сильвин - KCl - важнейшие удобрения, гипс - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - вяжущее для строительных материалов). Формирование этих солей называется галогенезом. Воздух в залежах каменных солей стерилен для всей болезнетворной микрофлоры.

В любых климатических обстановках на равнинах распространены речные долины. Из-за вихревых (турбулентных) и ламинарных (линейных) движений в водных потоках образуются два типа эрозии - донная и боковая. Эрозией называют механическое вымывание грунтов текучей водой. Из-за боковой эрозии в плане реки формируют излучины - меандры. Аллювием называются речные отложения. В целом за счёт речной деятельности происходит эрозия, выравнивание рельефа и накопление аллювиальных отложений. При этом могут формироваться россыпи алмазов, золота, платины, олова, вольфрама, алмаза и других камнесамоцветов.

В аридных зонах в предгорьях образуются полосы сближенных конусов выноса - пролювиальных отложений. Пролувий - это осадки временных потоков. В пустынных областях, где отсутствует сплошной почвенный покров, распространены мелкозернистые (частицы размером 0,1-0,05 мм и менее) глинисто-алевритистые осадки. Они слагают плащевидные тела и обусловлены плоскостным смывом, который получил название делювиального процесса.

В песчаных пустынях за счет ветровой (эоловой) деятельности формируются барханы и опасные провалами зыбунные пески.

В районах развития многолетнемерзлых грунтов (вечная мерзлота) широко распространены процессы вязкого течения грунтов (солифлюкция) и их морозного выпучивания. Опасны внезапными просадками так называемые талики - места, где отсутствуют лед. В этой связи весьма затруднительно возводить и эксплуатировать здания и сооружения, строить дороги и нефте- и газопроводы. Вместе с тем, арктические районы позволяют на длительные зимние месяцы возводить дешёвые ледовые причалы, переправы через реки и зимние автодороги (зимники).

В результате процессов морозного (механического) выветривания, делювиального или эолового образуются приповерхностные мелкоземистые осадочные породы - лесс и лессовидные суглинки и супеси. Лесс это рыхлая порода, которая на 95% сложена алевритом - частицами кварца размерами 0,05 мм и на 5% - кальцитом (CaCO_3). Поэтому толщи лесса исключительно легко могут оседать (просаживаться). Поэтому любое строительство на лессах весьма затруднено. Достаточно растворить кальцит или небольшой встряски, чтобы быстро нарушилась связность частиц лесса, может провалиться крупный блок грунта. Лессовидные породы содержат 40-70%

алеврита, остальное - глина (размер частиц менее 0,05 мм), примесь песка (частицы более 0,05мм) и карбонатов.

9.2. ЭРОЗИЯ. ВОДНАЯ ЭРОЗИЯ

Эро́зия (от лат. «*erosio*» - разъедание) - разрушение горных пород и почв поверхностными водными потоками и ветром, включающее в себя отрыв и вынос обломков материала и сопровождающееся их отложением.

Эрозия почвы - разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов почвы в результате действия воды и ветра.

По скорости развития эрозию делят на *нормальную* и *ускоренную*. Нормальная имеет место всегда при наличии сколько-либо выраженного стока, протекает медленнее почвообразования и не приводит к заметным изменениям уровня и формы земной поверхности. Ускоренная идет быстрее почвообразования, приводит к деградации почв и сопровождается заметным изменением рельефа.

По причинам выделяют *естественную* и *антропогенную* эрозию. Водная эрозия - процесс разрушения почвенного покрова под действием талых, дождевых или ирригационных вод. Эрозия наблюдается при ливнях исключительной интенсивности и особенно весной при таянии снегов, когда оттаивает только верхняя часть почвы, а нижние слои находятся в замерзшем состоянии и воду еще не пропускают. На интенсивность эрозии влияет положение почвы в рельефе и форма рельефа. Эрозия усиливается на выпуклых, крутых и длинных склонах рек. На южных склонах, интенсивное таяние снегов определяет протекание эрозионных процессов. Участки, прилегающие к долинам рек, сильно изрезаны сетью оврагов, логов и балок, что является следствием водной эрозии и способствует ее дальнейшему развитию и формированию смытых почв и образованию намытых почв на днищах овражно-балочных комплексов. Различают природные и антропогенные условия развития эрозии. К природным факторам водной эрозии относится климат (количество, интенсивность и величина капель дождевых осадков, мощность снегового покрова и интенсивность его таяния), рельеф (крутизна, форма и экспозиция склона), почвенные условия (гранулометрический состав, структурность) и растительный покров (наличие дернины, подстилки, проективное покрытие). К антропогенным условиям водной эрозии относится неправильное использование земель человеком, удаление естественного растительного покрова. Водная эрозия подразделяется на поверхностную и линейную. Поверхностная эрозия – смыв верхнего слоя почвы под влиянием стекающих по склону дождевых или талых вод. Пахотный горизонт со временем все больше теряет материал исходного верхнего горизонта и дополняется путем припашки нижних менее плодородных горизонтов. Так формируются смытые почвы. Линейная эрозия – смыв почв в глубину мощной струей воды, стекающей по склону. На первой стадии образуются глубокие струйчатые размывы (до 25-35 см).

Дальнейшее их развитие приводит к образованию оврагов и полному уничтожению почвы. По темпам развития принято различать геологическую (нормальную) эрозию и ускоренную. Геологическая эрозия – медленный процесс смыва с поверхности почвы, покрытой естественной растительностью. Ускоренная эрозия связана с удалением естественной растительности, неправильным использованием почвы, в результате чего темп эрозии резко возрастает.

Плоскостной смыв - удаление верхнего слоя почвы или продуктов выветривания горных пород дождевыми и тальными водами, более или менее равномерно стекающими по склонам без постоянных русел. Под влиянием плоскостного смыва склоны становятся положе, так как смываемые сверху частицы откладываются в нижних частях склонов (происходит аккумуляция). По мере движения вниз по склону малые струи воды сливаются в более крупные, способные образовывать эрозионные борозды, промоины и т.п. - дают начало линейным эрозионным формам.

Линейная эрозия - это размыв почвы с образованием вначале небольших промоин, развивающихся впоследствии в громадные овраги. Некогда ценные сельскохозяйственные угодья расчленяются многочисленными рытвинами и оврагами и переходят в разряд бросовых земель. Линейная эрозия развивается вслед за плоскостной и охватывает незначительную площадь, но более заметна, чем эрозия плоскостная. Разрушение почвы текущими водами наблюдается и в условиях орошаемого земледелия. Здесь оно проявляется в систематическом выносе почвенных частиц оросительными водами, за что этот вид эрозии и получил название ирригационный.

9.3. ЭЛЮВИЙ И ДЕЛЮВИЙ

Элювий (элювиальные отложения) (лат. eluo - «вымываю») - рыхлые геологические отложения и почвы, формируемые в результате выветривания поверхностных горных пород на месте первоначального залегания или в результате выветривания и последующей аккумуляции его продуктов под действием силы тяжести. Элювиальные отложения формируются на горизонтальных или слабонаклонных поверхностях. Процесс выноса вещества из геологического или почвенного горизонта называется элювиацией. Существует разница в использовании этого термина в геологии и почвоведении. В почвоведении под элювиацией понимается вызываемый прохождением водных осадков через горизонты почвы перенос разрушенных веществ из верхних слоев почвы в нижние. Накопление этих веществ (иллювиальных отложений) в нижних слоях называется иллювиацией. В геологии, элювиальные отложения - это то, что осталось на месте в результате выветривания, а унесенный материал рассматривается как часть другого процесса.

Делювий (делювиальные отложения, делювиальный шлейф; от лат.

deluo - «смываю») - скопление рыхлых продуктов выветривания горных пород у подножия и у нижних частей возвышенностей. Выделяется также из коллювиальных отложений как коллювий смывания.

Делювий распространён очень широко и образуется в результате переноса этих продуктов дождевыми потоками, талыми водами (плоскостного смыва). Немаловажную роль в этом играет сила тяжести, перемещающая частицы грунта. Таким образом, вследствие делювиальных процессов грунты в верхней части склона разрушаются, в нижней же, напротив, происходит аккумуляция материала.

9.4. ОВРАГИ

Овра́г - форма рельефа в виде относительно глубоких и крутосклонных незадернованных ложбин, образованных временными водотоками. Овраги возникают на возвышенных равнинах или холмах, сложенных рыхлыми, легко размываемыми породами, а также на склонах балок. Длина оврагов от нескольких метров до нескольких километров. Выделяют молодые (интенсивно развивающиеся) и зрелые овраги.

Овраги наносят большой вред сельскому хозяйству, расчленяя и уничтожая поля. Для предупреждения овражной эрозии эффективны агротехнические приёмы, которые устраняют или уменьшают поверхностный сток и способствуют задержанию влаги на полях. На территории с развивающимися оврагами применяют гидротехнические устройства: водозадерживающие валы, валы-террасы, водоотводные каналы, запруды, подпорные стенки и др., а также производят посадку приовражных и прибалочных лесных полос, облесение и залужение склонов и дна оврагов, благодаря которым прекращается развитие овражной сети

При организации борьбы с оврагами следует исходить из того, что образование и рост оврагов вызывается концентрированными потоками воды, поступающей с водосборной площади. Применение комплекса организационных, агротехнических, луголесомелиоративных и гидротехнических мероприятий на водосборной площади в состоянии радикально повлиять на сокращение интенсивности эрозионных процессов и предупреждение образования и роста оврагов.

Образование оврагов происходит в процессе линейной эрозии, когда отдельные струйки воды сосредотачиваются в общие временные потоки. Если овраг вскрыет грунтовые воды, возникает постоянный водоток - ручей. Овраг имеет 4 стадии жизни:

- 1) промоина (небольшая рытвина), ее поперечный профиль имеет V-образный вид,
- 2) врезание оврага вершиной (овраг растет вверх),
- 3) выработка профиля равновесия,
- 4) стадия затухания (балка).

В верхней части оврага происходит размыв дна (линейная эрозия), в средней части – перенос продуктов размыва, в нижней части – аккумуляция отложений в виде овражного аллювия.

Характеристика оврагов. Овраги чаще распространены на Северном Кавказе, в ЦЧО, Поволжье, где сеть рыхлые поверхностные отложения, а осадки выпадают в виде ливней. Их глубина может быть до 30-40 м и даже до 70-100 м, а скорость роста до 50-80 м/год.

10. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОЗЕР И БОЛОТ

Озеро — замкнутое углубление суши, в которое стекают и накапливаются поверхностные и подземные воды. Озёра не являются частью Мирового Океана. Озёра регулируют сток рек, задерживая в своих котловинах полые воды и отдавая их в другие периоды. В водах озёр происходят химические и биологические реакции. Одни элементы переходят из воды в донные отложения, другие — наоборот. В ряде озёр, главным образом не имеющих стока, в связи с испарением воды повышается концентрация солей. Результатом являются существенные изменения минерализации и солевого состава озёр.

Озёрные котловины по происхождению делятся на тектонические, ледниковые, речные (старицы), приморские (лагуны и лиманы), провальные (карстовые, термокарстовые), вулканические (в кратерах потухших вулканов), завально-запрудные, искусственные (водохранилища, пруды).

Геологическая деятельность озер. Характеризуется как разрушительной работой, так и созидательной, т.е. накоплением осадочного материала.

Абразия берегов осуществляется только волнами и редко течениями. Естественно, что в крупных озерах с большим водным зеркалом разрушительное действие волн сильнее. Но если озеро древнее, то береговые линии уже определились, профиль равновесия достигнут и волны, накатываясь на неширокие пляжи, только переносят песок и гальку на небольшие расстояния. Если же озеро молодое, то абразия стремится срезать берега и достигнуть профиля равновесия. Поэтому озеро как бы расширяет свои границы. Подобное явление наблюдается в недавно созданных крупных водохранилищах, в которых волны срезают берега со скоростью 5-7 м в год. Как правило, озерные берега покрыты растительностью, что уменьшает волновое воздействие. Осадконакопление в озерах осуществляется как за счет приноса обломочного материала реками, так и биогенным, а также хемогенным путями. Реки, впадающие в озера, как и временные водные потоки, несут с собой различный по размеру материал, который откладывается у берега, либо разносится по озеру, где взвесь выпадает в осадок.

Органогенное осадконакопление обусловлено обильной растительностью на мелководьях, хорошо прогреваемых Солнцем. Берега

покрыты разнотравьем. А под водой растут водоросли. Зимой, после отмирания растительности она скапливается на дне, образуя слой, богатый органикой. В поверхностном слое воды развивается фитопланктон, цветение которого происходит летом. Осенью, когда водоросли, трава и фитопланктон. Погружаются на дно, там образуется илистый слой, насыщенный органикой. Т.к. на дне в застойных озерах кислорода почти нет, то анаэробные бактерии превращают ил в жирную, желеобразную массу – *сапрпель*, содержащую до 60-65% углерода, которую используют как удобрение или лечебную грязь. Сапрпелевые слои имеют мощность в 5-6 метров, хотя иногда достигают 30 и даже 40 м, как, например, в Переяславском озере на Русской равнине. В некоторых озерах формируются невыдержанные слои известняков – ракушечников или диатомитов, образующихся из диатомовых водорослей, имеющих кремневый скелет. Многие озера в наши дни подвергаются большой антропогенной нагрузке, что изменяет их гидрологический режим, уменьшает прозрачность вод, резко увеличивается содержание азота и фосфора. Техногенное влияние на озера заключается в сокращении площадей водосборов, перераспределении потоков грунтовых вод, использовании озерных вод как охладителей для электростанций, в том числе АЭС.

Хемогенные отложения особенно характерны для озер аридных зон, где вода интенсивно испаряется и поэтому происходит выпадение в осадок поваренной и калийной солей (NaCl), (KCl, MgCl₂), соединений бора, серы и других. В зависимости от наиболее характерных хемогенных осадков озера подразделяются на сульфатные, хлоридные, боратные. Последние характерны для Прикаспийской низменности (Баскунчак, Эльтон, Арал).

Болото — участок суши (или ландшафта), характеризующийся избыточным увлажнением, сточными или проточными водами, но без постоянного слоя воды на поверхности. Для болота характерно отложение на поверхности почвы неполно разложившегося органического вещества, превращающегося в дальнейшем в торф. Слой торфа в болотах не менее 30 см, если меньше, то это просто заболоченные земли. Болота чаще встречаются в Северном полушарии, чаще в лесах. В России распространены на севере Европейской части, в Западной Сибири, на Камчатке. Исследования природы болот начал ещё М. В. Ломоносов, большой вклад внёс советский ботаник В. С. Доктуровский, создатель руководства по болотоведению.

Болота возникают двумя основными путями: из-за заболачивания почвы или же из-за зарастания водоёмов. Непременным условием образования болот является постоянная избыточная влажность. Одна из причин избыточной увлажнённости и образования болота состоит в особенностях рельефа — наличие низин, куда стекаются воды осадков и грунтовые воды; на равнинных территориях отсутствие стока тоже ведет к застою воды и образованию болота; кроме того к образованию болота приводит застой воды близ поверхности

могут быть свойства самой почвы и подстилающих её пород: плотные, непроницаемые для воды субстраты (глины), водоупорные слои известняков и т. д. Наконец, большую роль в образовании болот играет климат: в странах, где выпадает большое количество осадков, воздух влажен, а испарение идёт медленно, заболоченность развита сильнее.

Различают верховые, низинные и переходные болота. По преобладающей растительности различают лесные, кустарничковые, травяные, моховые болота; по микрорельефу различают бугристые, плоские и выпуклые болота.

Болотные почвы - почвы, формирующиеся в условиях длительного или постоянного избыточного увлажнения (заболачивания) под влаголюбивой болотной растительностью. Обычно болотные почвы формируются в лесной зоне умеренных поясов. После осушения на болотных почвах выращивают сельскохозяйственные культуры, добывают торф. Болотные почвы распространены в РФ, Белоруссии, Украине, Канаде, США, Бразилии, Аргентине, Индонезии и др. Болотные почвы подразделяются на торфяные и торфяно-глеевые.

Болотные воды - воды, содержащиеся в болотах. Болотные воды обогащены природными органическими веществами. Болотный массив - часть земной поверхности, занятая болотом, границы которой представляют

замкнутый контур и проведены по линии нулевой глубины торфяной залежи.

Болотный микроландшафт - часть болотного массива, однородная по характеру растительного покрова, микрорельефу поверхности и водно-физическим свойствам деятельного горизонта и представленная одной растительной ассоциацией, группой близких по флористическому составу и структуре растительных ассоциаций или комплексом различных растительных ассоциаций, закономерно чередующихся в пространстве.

Болота по своим гидрологическим свойствам отличаются и от водоемов, и от суходолов. Гидрологически болото характеризуется двояко: это или озеро, но со связанной водой, или суша, но содержащая более 90% воды и менее 10% сухого вещества.

Эта двойственная природа болот вызывает интерес к ним специалистов многих научных дисциплин (болотоведов, геоботаников, почвоведов, геологов, гидрологов, гидрогеологов, географов, экологов, и др.). Этим же в основном и объясняется большое количество определений понятия «болото». Наиболее емкое из них и отражающее суть болотообразовательного процесса, следующее: «...болото есть растущий торфяник».

Его характеристики: 1) обильное застойное или слабопроточное увлажнение верхних горизонтов почвогрунтов; 2) специфическая болотная растительность с господством видов, приспособленных к условиям обильного увлажнения и недостатка кислорода в почвенном субстрате; 3) процесс накопления торфа и толщина отложившегося торфа такова, что живые корни основной массы растений не достигают подстилающего

минерального грунта».

Болото рассматривается как своеобразный живой организм, который, пока происходит процесс торфонакопления, растёт и развивается, увеличиваясь в размерах. Прекращается процесс торфонакопления, и болото «умирает», превращается в торфяник (месторождение торфа).

Процессы водообмена и физические закономерности движения воды на болотах изучает гидрология болот. Исследуются сток и испарения с болот, водный баланс болотных массивов, их водно-тепловой режим.

11. ГРАВИТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ

ГРАВИТАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ - процессы изменения поверхности Земли под действием силы тяжести. К ним относятся обвалы, камнепады, снежные лавины, оползни, медленное сползание и течение грунтов. Обваливание и осыпание происходят на склонах, крутизна которых более угла «естественного откоса» (35-38°). В горах обвалы достигают крупных размеров - до 1-1,5 км³. Осыпание - постоянный процесс, пульсирующий по интенсивности (обычно увеличивается весной при снеготаянии, а также при землетрясениях). Скорость денудации при осыпании в зависимости от крутизны склонов (за длительный отрезок времени) изменяется в пределах 1,5-0,05 мм в год. Гравитационные процессы оказывают решающее влияние на формирование рельефа, иногда на образование месторождений полезных ископаемых - солей, нефти и т.д. Проявление гравитационных процессов учитывается при расчёте углов откоса в карьерах, определении устойчивости сводов подземных выработок, при строительстве насыпей, дамб. Возможное нежелательное проявление гравитационных процессов вынуждает применять специальные меры — различные виды крепи в выработках, покрытие связующими растворами, посадка определённого вида растений на участках, создающих опасность для ведения горных работ.

КЛАССИФИКАЦИЯ - процесс разделения (сепарации) измельчённых материалов в жидкой или воздушной среде на основе различия в скоростях падения (оседания) частиц разного размера, формы и плотности. Цель - получение продуктов различного гранулометрического состава и плотности. По принципу разделения выделяют классификацию: гравитационную (с разделением частиц в поле силы тяжести) и центробежную (с разделением в поле центробежных сил).

11.1. ОПОЛЗНИ

Оползни - это смещение масс горных пород вниз по склону под действием силы тяжести. Они образуются в различных породах в результате нарушения их равновесия и ослабления их прочности и вызываются как естественными, так и искусственными причинами. К естественным причинам

относятся увеличение крутизны склонов, подмыв их оснований морскими и речными водами, сейсмические толчки и т.п. Искусственными, или антропогенными, т.е. вызванными деятельностью человека, причинами оползней являются разрушение склонов дорожными выемками, чрезмерный вынос грунта, вырубка леса и т.п. Оползни можно классифицировать по типу и состоянию материала. Некоторые из них полностью состоят из скального материала, другие - только из материала почвенного слоя, а третьи представляют собой смесь льда, камня и глины. Снежные оползни называются лавинами. Например, оползневая масса состоит из каменного материала; каменный материал - это гранит, песчаник; он может быть прочным или трещиноватым, свежим или выветрелым и т. д. С другой стороны, если оползневая масса образована обломками горных пород и минералов, то есть, как говорят материалом почвенного слоя, то можно назвать это оползнем почвенного слоя. Он может состоять из очень тонкой зернистой массы, то есть из глин, или более грубого материала: песка, гравия и т. д.; вся эта масса может быть сухой или водонасыщенной, однородной или слоистой. Оползни можно классифицировать и по другим признакам: по скорости движения оползневой массы, масштабам явления, активности, мощности оползневого процесса, месту образования и др.

С точки зрения воздействия на людей и на проведение строительных работ скорость развития и движения оползня является единственно важной его особенностью. Трудно найти способы защиты от быстрого и, как правило, неожиданного движения крупных масс горных пород, и это часто приносит вред людям и их имуществу. Если оползень движется очень медленно в течение месяцев или лет, то он редко вызывает несчастные случаи, и можно принять предупредительные меры.

Скорость развития явления обычно определяет возможность предсказать это развитие, например можно обнаружить предвестники будущего оползня в виде трещин, которые возникают и расширяются в течение какого-то времени. Но на особенно неустойчивых склонах эти первые трещины могут образоваться так быстро или в таких недоступных местах, что их не замечают, и резкое смещение большой массы пород происходит внезапно. В случае медленно развивающихся движений земной поверхности можно еще до крупной подвижки заметить изменение особенностей рельефа и перекося строения и инженерных сооружений. В этом случае есть возможность, не дожидаясь разрушений эвакуировать население. Другой процесс также вызывающий иногда быстрое движение поверхностных горных пород, - это подмыв подножия склона морскими волнами или рекой. Удобно провести классификацию оползней по скорости движения. В самом общем виде быстрые оползни или обвалы происходят в течение секунд или минут; оползни со средней скоростью развиваются в течение промежутка времени, измеряемого минутами или часами; медленные оползни формируются и движутся в течение периода продолжительностью от нескольких дней до нескольких лет. По масштабу оползни подразделяются

на крупные, средние и мелкомасштабные. Крупные оползни вызываются, как правило, естественными причинами. Крупные оползни вызываются, как правило, естественными причинами и образуются вдоль склонов на сотни метров. Их толщина достигает 10-20 м и более. Оползневое тело часто сохраняет свою монолитность. Средние и мелкомасштабные оползни характерны для антропогенных процессов. Оползни могут быть активными и неактивными, что определяется степенью захвата коренных пород склонов и скоростью движения. На активность оползней оказывают влияние породы склонов, а также наличие в них влаги. В зависимости от количественных показателей присутствия воды оползни делятся на сухие, слабовлажные, влажные и очень влажные. По месту образования оползни подразделяют на горные, подводные, снежные и оползни, возникающие в связи со строительством искусственных земляных сооружений (котлованов, каналов, отвалов пород и т.п.). По мощности оползни могут быть малыми, средними, крупными и очень крупными и характеризуются объемом смещающихся пород, который может составлять от нескольких сотен кубических метров до 1 млн. м³ и более. Оползни могут разрушать населенные пункты, уничтожать сельскохозяйственные угодья, создавать опасность при эксплуатации карьеров и добыче полезных ископаемых, повреждать коммуникации, туннели, трубопроводы, телефонные и электрические сети, водохозяйственные сооружения, главным образом, плотины. Кроме того, они могут перегородить долину, образовать завальное озеро и способствовать наводнениям. Таким образом, наносимый ими народнохозяйственный ущерб может быть значительным.

Условия и причины возникновения оползней. Оползание происходит в рыхлых слабосцементированных породах вследствие того, что крутой и высокий склон по мере подрезания его рекой, водохранилищем, морем теряет свою устойчивость, и значительные горные массы крупными блоками начинают смещаться вниз по склону. Оползневое движение всегда связано с наличием грунтовых вод. Оползни редко отмечаются на склонах крутизной менее 10-12 градусов. Оползни могут быть вызваны действием разных факторов. Земная поверхность состоит главным образом из склонов. Некоторые из них устойчивы, другие в силу различных условий становятся неустойчивыми. Это происходит тогда, когда изменяется угол наклона откоса склона или если склон отягощён рыхлым материалом. Тем самым сила тяжести оказывается больше силы связности грунта. Склон становится нестабильным и при сотрясениях. Поэтому каждое землетрясение в условиях горного рельефа сопровождается смещениями по склону. Образованию оползней особенно благоприятствует такое залегание пород, при котором падение кровли водоупорных пород совпадает с направлением уклона поверхности. Водоупорный горизонт при этом служит поверхностью скольжения, по которой более или менее значительный блок породы соскальзывает вниз по склону. Неустойчивости склона способствует и повышение обводнённости грунтов, рыхлых отложений или горных пород.

Вода заполняет поры и нарушает сцепление между частицами грунта. Межпластовые воды могут действовать подобно смазке и облегчать скольжение.

Признаки оползневых процессов: 1) бугристая поверхность, 2) трещины отрыва в верхней части, 3) валы выдавливания в нижней части, 4) террасовидные уступы, 5) заболоченность склонов, 6) пьяный лес. В оползне выделяют следующие элементы: 1) оползневое тело, 2) поверхность скольжения, которая может быть цилиндрической, волнистой, плоской, 3) бровка срыва, там, где произошел отрыв оползневого тела от коренного массива пород, 4) террасовидные уступы или оползневые террасы, 5) вал выпучивания, разбитый трещинами, 6) подошва оползня – место выхода на поверхность плоскости скольжения, оно может быть выше, ниже или на уровне поверхности склона.

Факторы (причины и условия) образования оползней: 1) высота, крутизна и форма склона, 2) геологическое строение, свойства грунтов, 3) гидрогеологические условия (гидродинамическое давление).

Устойчивость оползневого склона определяется соотношением сил, стремящихся столкнуть массу пород вниз по склону, и сил, которые сопротивляются этому процессу. Степень устойчивости определяется коэффициентом устойчивости $K_{уст}$, который может быть меньше 1,0, равен 1,0 и более 1,0.

Классификация оползней: 1) собственно оползни – смещение земляных масс по поверхности скольжения глубиной многие метры, 2) сплывы – небольшие смещения переувлажненного грунта толщиной до 1 м; 2) оползни-обвалы – смещение по типу скольжения и обвала, типичны для крутых склонов.

Противооползневые мероприятия: 1) водозащитные – нагорные канавы, дренажные прорезы, вертикальные дрены, штольни для осушения, планировка местности; 2) подпорные стенки, глубокие фундаменты, сваи, электрохимическое закрепление, 3) контрбанкеты, 4) съем (удаление) оползневых масс, 5) сохранение растительности.

12. ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛЮВИАЛЬНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Аллювиальные отложения делятся на две большие группы - русловые формы и морфологические элементы междуруслового пространства.

- Морфологические формы в руслах
- Аллювий русловых островов и отмелей (баров)
- Продольные русловые бары
- Прикрепленные к берегу бары
- Поперечные бары
- Песчаные отмели
- Русловые дюны
- Меандры

- Аллювиальные конусы выноса
- Морфологические формы междуруслового пространства
- Прирусловые валы
- Поймы
- Террасы

Древние аллювиальные отложения

Принадлежность отложений к континентальным аллювиальным обычно диагностируется по характерному набору признаков:

- отсутствие морской фауны
- наличие красноцветных пород
- наличие типичных русловых форм
- однонаправленность палеотечений, особенно в крупнозернистых пластах песчаников и конгломератов
- признаки субаэральной экспозиции - палеогрунты и трещины усыхания (десквамация), особенно в глинистых отложениях

Из аллювиальных отложений известны и надежно идентифицированы отложения мезозойского возраста, и только отложения нижнего течения равнинных рек датируются возрастом начиная со среднего палеозоя.

В гидрогеологии (поиске и разведке подземных вод) аллювиальным отложениям уделяют особое внимание, поскольку в пределах древних террас и в долинах рек крупнозернистый аллювий (от гальки до песка) всегда водонасыщен и является хорошим коллектором питьевых подземных вод.

13. ПРИРОДНЫЕ ВОДЫ

Природные воды на Земле и гидрологические процессы изучает комплекс наук, объединяемых общим понятием гидрология. Термин «гидрология» образован из латинских слов «гидро» - вода и «логос» - наука. Однако гидрология занимается изучением не воды как таковой (физического вещества или химического соединения), а изучением распространения и режима природных вод на Земле. Термин «гидрология» впервые появился в 1694 г. в книге, содержащей «начала учения о водах», изданной Мельхиором во Франкфурте-на-Майне.

Общая гидрология по объектам исследования подразделяется на три большие части: гидрологию морей (синоним - физическая океанология), занимающуюся изучением океанов и морей; гидрологию суши, или точнее гидрологию поверхностных вод суши (часто называемую просто гидрологией), изучающую водные объекты суши, реки, озера, водохранилища, болота, ледники; гидрологию подземных вод, изучающую воды, находящиеся в свободном состоянии в верхней части земной коры.

В специальных разделах гидрологии могут быть выделены подразделы, относящиеся к водным объектам разных типов, например физика океана, химия океана, комплекс дисциплин, имеющих отношение к физике речного потока, динамика русловых потоков, теория русловых процессов, а также

гидрофизика рек, гидрофизика озер; гидрохимия рек, гидрохимия озер; гидробиология рек и т. д. Специальные разделы гидрологии входят одновременно разделами в физику, химию, биологию.

Изменение количества воды на земном шаре. За большую часть истории Земли, по мнению геологов, в результате дегазации мантии выделялось в среднем не более $0,5-1 \text{ км}^3$ воды в год. Полагают, что и в настоящее время из недр Земли поступает приблизительно столько же воды.

С метеоритами и космической пылью на Землю ежегодно попадает в виде льда около $0,5 \text{ км}^3$ воды, т. е. величина в сравнении с полным объемом вод на планете ничтожная. Приблизительно столько же воды рассеивается с Земли в космическое пространство.

С течением времени происходит периодическое перераспределение воды в самой гидросфере, причем главными элементами такой изменчивой системы оказываются Мировой океан и ледники. В межледниковые периоды ледники тают и увеличивают объем воды в Мировом океане, в ледниковые периоды происходит обратный процесс - влага в виде льда аккумулируется в ледниках, уменьшая объем Мирового океана. Ряд исследователей полагают, что в ледниковые эпохи уровень Мирового океана может понизиться на 110-120 м ниже современного, а в межледниковье - подняться на 10-15 м выше современного. Если бы растаяли все покровные ледники Земли, то уровень Мирового океана поднялся бы по сравнению с современным на 64 м. Это привело бы к затоплению огромных прибрежных территорий площадью около 12 млн. км^2 (8 % поверхности суши).

За последние 18 тыс. лет уровень Мирового океана повысился не менее чем на 100 м, что соответствует приращению объема вод в Мировом океане на огромную величину - $37,5 \text{ млн. км}^3$. В последние 5-6 тыс. лет уровень Мирового океана в целом стабилизировался при небольшой тенденции к повышению. Стабилизировался в целом и объем воды в водных объектах суши. Однако более детальные исследования свидетельствуют о том, что небольшое перераспределение воды между водными объектами разных типов все же происходит.

13.1. КРУГОВОРОТ ВОДЫ НА ЗЕМЛЕ

Круговорот воды на земном шаре - замечательная особенность гидросферы Земли и природных условий планеты в целом. Круговорот воды создает основной механизм перераспределения на Земле вещества и энергии, объединяет в единое целое не только водные объекты, но и разные части планеты. Круговорот воды на Земле - основа возобновляемости водных ресурсов.

В круговороте воды на земном шаре (глобальном гидрологическом цикле) проявляется единство природных вод Земли и их связь с атмосферой, литосферой, биосферой. В. И. Вернадский писал: «Любое проявление природной воды - глетчерный лед, безмерный океан, река, почвенный

раствор, гейзер, минеральный источник - составляют единое целое, прямо или косвенно, но глубоко связаны между собой, с земной атмосферой и с живым веществом».

Физической причиной круговорота воды на земном шаре служат солнечная энергия и сила тяжести. Солнечная энергия - это причина нагревания и последующего испарения воды. Неравномерное распределение по Земле солнечной энергии приводит к неравномерному распределению атмосферного давления, вызывает воздушные потоки - ветры, переносящие испарившуюся влагу (водяной пар) и создающие ветровые течения в океане. Неравномерное распределение солнечной энергии приводит также к неравномерному распределению плотности воды в океане и, как следствие, к возникновению плотностных течений.

Сила тяжести вынуждает сконденсировавшуюся в атмосфере при благоприятных условиях влагу выпадать в виде атмосферных осадков, а также все поверхностные и подземные воды стекать сначала к дренирующим местностям рек, а в конечном счете к океану. Естественно, что стекание вод под действием силы тяжести объясняется наклоном поверхности Земли и слоев в земной коре, что, в свою очередь, создается тектоническими и геоморфологическими процессами.

В круговороте воды на земном шаре проявляются закономерности сохранения вещества и водного баланса. В уравнениях водного баланса Земли в целом и океана и суши, в частности, не учитывались ничтожные объемы водообмена Земли с космическим пространством, а также затраты воды в процессе фотосинтеза и незначительное поступление воды вследствие дегазации мантии.

Глобальный круговорот воды (гидрологический цикл). В глобальном круговороте воды (рис. 28) выделяют два звена: океаническое звено, представляющее собой многократно повторяющийся цикл: испарение с поверхности океана - перенос водяного пара над океаном - осадки на поверхность океана - океанические течения - испарение и т. д. (А на рис. 28); материковое звено, представляющее собой многократно повторяющийся цикл: испарение с поверхности суши - перенос водяного пара - осадки на поверхность суши - поверхностный и подземный сток - испарение и т. д. (Б и В на рис. 28). Оба звена связаны между собой переносом водяного пара с океана на сушу и, наоборот, поверхностным и подземным стоком с суши в океан.

С океана ежегодно испаряется в среднем 505 тыс. км^3 , возвращается в океан в виде атмосферных осадков 458 тыс. км^3 . Испаряется с океана, таким образом, больше, чем возвращается с осадками.

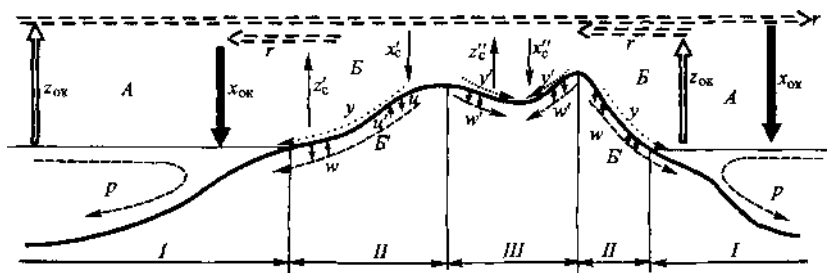


Рис. 28. Схема глобального круговорота воды:

А - океаническое звено, Б, Б - материковое звено с поверхностной Б и подземной Б частями: -океан (z_{OK} - испарение, x_{OK} - осадки), II- области внешнего стока суши (z_c - испарение, X_c -осадки, y - поверхностный сток, w -подземный сток), III- области внутреннего стока суши ($г$ -испарение, $х$ - осадки, - - поверхностный сток, w - подземный сток), $г$ -перенос влаги в атмосфере, $р$ - океанические течения, $и$ -инфильтрация, подъем и испарение вод в грунтах

Разность в 47 тыс. км^3 составляют воды, которые переносятся с океана на сушу в виде водяного пара. Таким образом, в океаническое звено круговорота воды на Земле вовлечено 458 тыс. км^3 воды в год.

На поверхность суши ежегодно выпадает в среднем 119 тыс. км^3 атмосферных осадков. Они слагаются из воды, испарившейся с поверхности суши (72 тыс. км^3), и влаги, принесенной с океана (47 тыс. км^3). Таким образом, в материковом звене круговорота воды на Земле принимает участие 72 тыс. км^3 в год. Из 72 тыс. км^3 испаряющейся ежегодно с поверхности суши воды 30 тыс. км^3 (42 %) приходится на транспирацию растительным покровом.

Переносимая с океана влага возвращается в него с равным ей по величине материковым стоком. Материковый сток (47 тыс. км^3 воды в год) слагается из поверхностного ($44,7 \text{ тыс. км}^3$ в год) и подземного, не дренируемого реками ($2,2 \text{ тыс. км}^3$ в год). Поверхностный сток, в свою очередь, включает водный сток рек, впадающих в океан ($41,7 \text{ тыс. км}^3$ в год), и ледниковый сток ($3,0 \text{ тыс. км}^3$ в год). Наибольшую часть ледникового стока дает Антарктида ($2,3 \text{ тыс. км}^3$ в год).

Рассмотренная схема круговорота воды на земном шаре в действительности более сложна. Во-первых, перенос влаги с океана на сушу в размере 47 тыс. км^3 в год - это результирующий влагоперенос через границу океан - суша. По данным аэрологических измерений установлено, что полный перенос влаги с океана на сушу равен 101 тыс. км^3 в год. В обратном направлении - с суши на океан - переносится около 54 тыс. км^3 в год. Полагают, что из этих 54 тыс. км^3 воды одна часть (19 тыс. км^3) - результат испарения океанической воды, выпавшей над сушей в виде осадков, а другая - 35 тыс. км^3 - та же океаническая вода, прошедшая над сушей «транзитом».

Во-вторых, при исследовании гидрологических процессов на суше очень важно учитывать, что суша подразделяется на две части - области

внешнего стока, откуда выпавшие атмосферные осадки так или иначе поступают в Мировой океан, и области внутреннего стока (бессточные области), не дающие стока в Мировой океан. На долю областей внешнего стока приходится 80 % площади суши, на долю областей внутреннего стока (бессточных) - 20 %.

Главный водораздел земного шара делит всю сушу на два склона: первый - со стоком рек в Атлантический и Северный Ледовитый океаны и второй - со стоком рек в Тихий и Индийский океаны. Главный водораздел проходит по Южной и Северной Америке от мыса Горн по Андам, Скалистым горам до Берингова пролива, по восточному нагорью Азии в широтном направлении, продолжается вдоль восточной окраины Африки к ее южной оконечности. К бассейну Северного Ледовитого океана относится 15% всей площади суши, Атлантического - 34, Тихого - 17, Индийского - 14%.

К наиболее обширным областям внутреннего стока (бессточным областям) относятся: в Европе - водосборный бассейн Каспийского моря; в Азии - Туранская низменность, пустыни Алашань, Гоби, Такла-Макан, часть Аравийского полуострова и др.; в Африке - пустыни Сахара, Ливийская, Нубийская, Калахари, водосборы озер Чад, Рудольф и др.; в Северной Америке - пустыня Большого Бассейна, включая район Большого Соленого озера и др.; в Южной Америке - водосборы озер Титикака - Поопо, полупустынные плато Патагонии и др.; в Австралии - западная и центральная части материка (более 50 % всей его площади).

В областях внешнего стока ежегодно выпадает 110 тыс. км³ осадков, а испаряется 63 тыс. км³. Разница (47 тыс. км³) и составляет материковый сток в океан. В областях внутреннего стока выпадает в общей сложности 9 тыс. км³ осадков в год, и весь этот объем воды в конечном счете испаряется.

Все крупнейшие реки мира дренируют области внешнего стока. Но и в областях внутреннего стока (бессточных областях) имеются довольно крупные реки с суммарным стоком около 1 тыс. км³ в год. Среди этих рек Волга, Амударья, Сырдарья, Или. На долю Волги приходится около 1/4 стока всех рек бессточных областей. Реки в бессточных областях несут свои воды в замкнутые бессточные озера, где эти воды и испаряются.

13.2. ТИПЫ ЛЕДНИКОВ

Ледники на Земле подразделяются на две основные группы: покровные и горные.

Покровные ледники размещаются на материках или крупных островах: к ним относятся ледники Антарктиды, Гренландии, арктических островов (Земля Франца-Иосифа, Новая Земля и др.). Форма покровных ледников в меньшей степени, чем у горных, зависит от рельефа подстилающей поверхности земли и в основном обусловлена распределением снегового питания ледника.

Покровные ледники подразделяются на ледниковые купола (выпуклые

ледники мощностью до 1000 м); ледниковые щиты (крупные выпуклые ледники мощностью более 1000 м и площадью поверхности свыше 50 тыс. км²); выводные ледники (быстро движущиеся ледники, через которые осуществляется основной расход льда покровных ледников; выводные ледники обычно заканчиваются в море, образуя плавучие ледниковые языки, дающие начало многочисленным айсбергам небольшого размера); шельфовые ледники (плавающие или частично опирающиеся на морское дно ледники, являющиеся продолжением наземных ледниковых покровов; они движутся с берега к морю и образуют крупные айсберги).

Горные ледники подразделяются на три подгруппы. Это ледники вершин, лежащие на вершинах отдельных гор, хребтов и горных систем, в кальдерах вулканов; ледники склонов, занимающие депрессии (впадины, кары) на склонах горных хребтов; долинные ледники, располагающиеся в верхних и средних частях горных долин. Самый крупный горный ледник - ледник Беринга на Аляске длиной 203 км и площадью 5700 км².

В России покровное оледенение занимает наибольшие площади на Новой Земле (23,64 тыс. км²), Северной Земле (18,32 тыс. км²), Земле Франца-Иосифа (13,75 тыс. км²). Горные ледники в России расположены на Кавказе, Алтае, в Саянах, на Северном Урале, в горах Бырранга и Путорана, на хребте Черского, Карякском нагорье, на Камчатке. В пределах СНГ горные ледники имеют наибольшую площадь на Тянь-Шане (8313 км²), Памиро-Алае (9821 км²), Большом Кавказе (1424 км²). Самые крупные горные ледники в СНГ - ледники Федченко площадью 652 км² и длиной 77 км на Памире и Южный Иньльчек площадью 567 км² и длиной 60,5 км на Тянь-Шане.

На протяжении геологической истории площадь оледенения на Земле существенно изменялась. Так, площадь ледников в последнюю ледниковую эпоху достигала 34 млн. км² (в 2 раза больше современной), а в эпоху максимума четвертичного оледенения - 55 млн. км² (в 3,4 раза больше современной).

13.3. ОБРАЗОВАНИЕ И СТРОЕНИЕ ЛЕДНИКОВ

На каждом леднике можно выделить две области: верхнюю, где идет накопление снега, фирна и льда, и нижнюю, где лед, переместившийся из первой области, тает. Эти области называют соответственно областью питания (аккумуляции) и областью абляции (расхода).

Выпадающий на поверхность ледника и поступающий с прилегающих склонов снег постепенно накапливается, уплотняется под давлением вышележащих слоев и под влиянием рекристаллизации и частичного таяния и замерзания просочившейся (инфильтрующейся) воды превращается сначала в зернистый снег, а затем в фирн, или зернистый лед, представляющий собой конгломерат бесформенных зерен льда крупностью 0,5-5 мм. Свежевыпавший снег может иметь очень малую плотность (до 100

кг/м³). По мере уплотнения и рекристаллизации его плотность возрастает до 200-400 кг/м³. Фирн имеет уже плотность порядка 450-800 кг/м³ (в среднем около 650 кг/м³).

Дальнейшее уплотнение фирна и рекристаллизация приводят к образованию ледникового (глетчерного) льда плотностью 800-920 кг/м³ в зависимости от типа образования. Плотность чистого льда без пузырьков воздуха при нормальном атмосферном давлении около 917 кг/м³. На большой глубине в толще ледника плотность ледникового льда под влиянием давления может увеличиться до 925 кг/м³.

Движению масс льда способствуют большая мощность ледника, значительные уклоны его поверхности и ложа, относительно повышенная температура воздуха (и льда), так называемая «водяная смазка» у ложа. Мощные ледники двигаются быстрее маломощных (считается, что заметное движение ледника начинается при его толщине, превышающей 15-30 м); крутопадающие ледники двигаются быстрее пологопадающих; днем, летом и в фазу наступания ледник движется быстрее, чем ночью, зимой и в фазу отступания. Движение масс льда в леднике благодаря деформациям сжатия и растяжения (приводящим часто к разрывам сплошности льда) существенно отличается от движения воды в водотоках и водоемах. Обычно скорости движения ледников незначительны и измеряются сантиметрами в сутки или метрами в год. Наибольшая скорость движения свойственна краевым частям мощных покровных ледников Антарктиды и Гренландии и крупным горным ледникам. Временное ускорение движения ледника называют подвижкой ледника.

Движущиеся ледники производят огромную эрозионную, транспортирующую и рельефоформирующую работу. Движущийся лед «полирует» скалы, переносит большие массы обломочного материала, включая огромные валуны, «выпахивает» долины.

По скорости движения ледники подразделяются на три основные группы. Ледники первой группы имеют небольшую (обычно не более 100-200 м/год), мало изменяющуюся в течение года скорость движения. Это большинство горных ледников, ледниковые щиты. Ледники второй группы имеют практически постоянно весьма большую скорость движения (1-2 км/год и более, иногда до 5-7 км/год). Это некоторые выводные ледники Антарктиды и Гренландии. Ряд крупных горных ледников движется со скоростью до 1 км/год. Наконец, ледники третьей группы (так называемые пульсирующие ледники) в обычное время имеют незначительные скорости движения, но в отдельные непродолжительные периоды резко ускоряют свое движение (до 300 м/сут.). Периоды пульсаций могут составлять от нескольких лет до столетий.

13.4. РОЛЬ ЛЕДНИКОВ В ПИТАНИИ И РЕЖИМЕ РЕК

Роль горных ледников в питании рек в целом невелика. В среднем на земном шаре величина ежегодного ледникового питания рек составляет 412 км^3 , т. е. менее 1 % общего объема речного стока, равного $41,7 \text{ тыс. км}^3$ в областях внешнего стока и около $1,0 \text{ тыс. км}^3$ в областях внутреннего стока. Из формирующегося ежегодно на территории СНГ речного стока объемом около 4500 км^3 на долю ледникового питания приходится лишь не более 25 км^3 , т. е. менее 0,6 %.

14. ГИДРОЛОГИЯ РЕК

Река - это водоток сравнительно крупных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло. К рекам обычно относят лишь водотоки с площадью бассейна не менее 50 км^2 . Водотоки меньшего размера называют ручьями.

Реки - это, как правило, постоянные водотоки, текущие в течение всего года. Однако встречаются реки, которые могут в течение некоторого непродолжительного периода времени перемерзнуть или пересыхать. Если же водоток пересыхает большую часть года (как, например, сухие долины в пустынях - вади), то такой водоток рекой не считают. Единновременно во всех реках земного шара находится в среднем 2115 км^3 воды, или всего лишь 0,0002 % объема вод гидросферы. Несмотря на такой малый объем речных вод роль рек как путей сосредоточенного стока в круговороте вещества и энергии на земном шаре очень велика. Реки связывают между собой материковое и океаническое звенья глобального круговорота воды на Земле. Если, по образному выражению географов, вода - это кровь ландшафта, то реки - это кровеносная система ландшафта, переносящая вещество и энергию и преобразующая сам ландшафт.

В этой связи важнейшее значение приобретает понятие «сток». Сток - это процесс стекания воды с водосборов вместе с содержащимися в ней веществами и теплотой. Поэтому речной сток - важнейший элемент материкового звена глобального круговорота воды и веществ, а также главнейший фактор, определяющий взаимосвязь между различными объектами суши и гидросферы.

14.1. РЕКИ И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ НА ЗЕМЛЕ

Наибольшую среди всех рек площадь бассейна имеет Амазонка, наибольшую длину - Нил; Амазонка также самая водоносная река мира (на ее долю приходится 16,6 % стока всех рек). Наиболее крупные реки находятся в Южной Америке, Африке, Азии. На территории России более 2,5 млн рек. Из них почти 95 % имеют длину менее 25 км. 2833 рек (0,1 % всех рек) имеют

длину от 101 до 500 км и лишь всего 0,008 % рек (их всего 214)-длину более 500 км. По величине площади бассейна самые крупные реки России - это Обь, Лена, Енисей, Амур и Волга; по длине - Енисей, Обь, Лена, Амур. Самые водоносные реки России - это Енисей, Лена, Обь.

Реки типизируют по различным признакам, например по размеру, условиям протекания, источникам (видам) питания, водному режиму, степени устойчивости русла, ледовому режиму и т. д.

По размеру реки подразделяют на большие, средние и малые. К большим обычно относят реки с площадью бассейна более 50 000 км², к средним - с площадью бассейна в пределах 2000-50 000 км², к малым - с площадью бассейна менее 2000 км². Нижняя граница площади бассейна (50 км²), отделяющая малые реки от ручьев, весьма условна.

По условиям протекания реки подразделяют на равнинные, полугорные и горные. У равнинных и полугорных рек наблюдается спокойный характер движения воды, у горных - бурный.

По источникам (видам) питания реки подразделяют на различные типы в зависимости от вклада снегового, дождевого, ледникового и подземного питания в формирование речного стока.

По водному режиму, т. е. характеру внутригодового распределения стока, выделяют реки с весенним половодьем, с половодьем в теплую часть года, с паводочным режимом.

По степени устойчивости русла можно выделить, например, реки устойчивые и неустойчивые, а по ледовому режиму - реки замерзающие и незамерзающие.

Выделяют также реки промерзающие (перемерзающие) и пересыхающие. Промерзание - это замерзание всей толщи воды до дна на большом протяжении реки. Перемерзание - это образование ледяных перемычек лишь на отдельных мелководных участках русла (например, на перекатах). Промерзают или перемерзают обычно малые и средние реки во время суровых зим, когда поверхностное питание отсутствует, а подземное истощается из-за промерзания грунтовых вод.

14.2. МОРФОЛОГИЯ РЕКИ И ЕЕ БАСЕЙНА

Водосбор и бассейн реки. Следует различать водосбор и бассейн реки. Водосбор реки - это часть земной поверхности и толщи почв и грунтов, откуда данная река получает свое питание. Поскольку питание рек может быть поверхностным и подземным, различают поверхностный и подземный водосборы, которые могут не совпадать (рис. 29). Бассейн реки - это часть суши, включающая данную речную систему и ограниченная орографическим водоразделом.

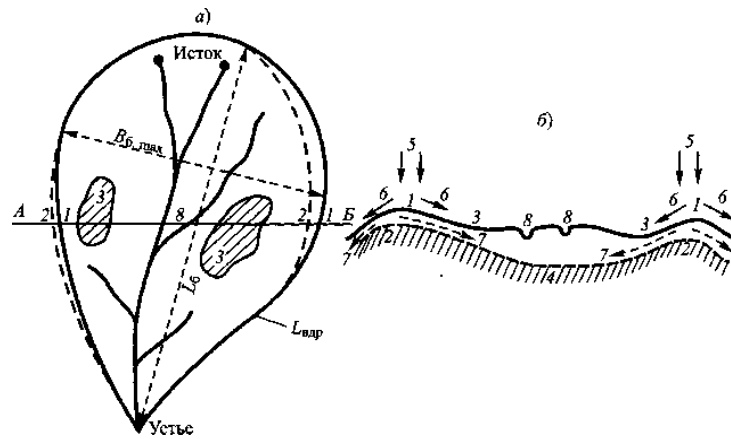


Рис. 29. Схема бассейна и водосбора реки в плане (а) и в поперечном разрезе (б) по линии А - Б:

- 1 - граница бассейна и поверхностного водосбора реки (орографический водораздел);
- 2 - граница подземного водосбора (подземный водораздел); 3 - бессточные области, не входящие в водосбор реки; 4 - водоупор; 5 - осадки;
- 6 - поверхностный сток; 7 - подземный сток; 8 - русла рек

Обычно водосбор и бассейн реки совпадают. Однако нередки случаи и их несовпадения. Так, если в пределах речного бассейна часть территории оказывается бессточной, то она, оставаясь частью бассейна, в состав водосбора реки не входит (см. рис. 29). Выделяют бессточные области земного шара, откуда находящиеся там реки не доносят воду до Мирового океана, например, бассейны Каспийского и Аральского морей, включающие бассейны Волги, Урала, Терека, Куры, Амударьи, Сырдарьи.

Русла рек по форме в плане подразделяются на прямолинейные, извилистые (меандрирующие), разделенные на рукава, разбросанные (блуждающие) (рис.30).

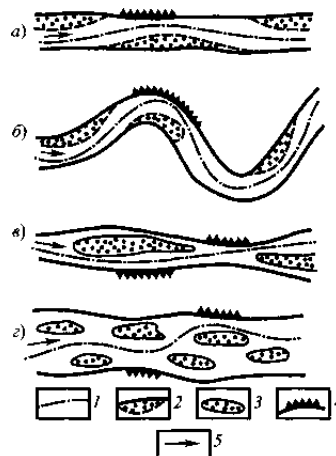


Рис. 30. Типы речных русел:

- а - прямолинейное; б - извилистое; в - разделенное на рукава; г - разбросанное; 1 - линия наибольших глубин; 2 - отмель; 3 - осередок или остров; 4 - размываемый участок берега; 5 - направление течения

Основные морфологические элементы русла следующие: излучины (меандры), затопляемые подвижные повышения дна - осередки и более высокие, более стабильные и закрепленные растительностью острова, глубокие и мелкие участки русла - плесы и перекаты, донные гряды различного размера. Полоса в русле реки с глубинами, наиболее благоприятными для судоходства, называется фарватером. Линии на дне речного русла, соединяющие точки с одинаковыми глубинами, называют изобатами. Межень - это фаза водного режима, ежегодно повторяющаяся в один и тот же сезон, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня и возникающая вследствие уменьшения питания реки. В межень реки обычно питаются только за счет подземных вод. На многих реках России выделяют два периода пониженного стока - летнюю и зимнюю межень. В зоне избыточного и достаточного увлажнения реки обычно имеют устойчивое фунтовое питание, обеспечивающее достаточно высокий сток летней межени. Зимой же малые реки в этих зонах могут иногда промерзнуть до дна.

14.3. РЕЧНОЙ СТОК

Сток воды (водный сток) - это одновременно и процесс стекания воды в речных системах и характеристика количества стекающей воды. Сток воды - один из важнейших физико-географических и геологических факторов; изучение стока воды - главная задача гидрологии суши. Сток наносов - это процесс перемещения наносов в речных системах и характеристика количества перемещающихся в реках наносов. Сток наносов состоит из стока взвешенных наносов (наносов, переносимых в толще речного потока во взвешенном состоянии) и стока влекомых наносов (наносов, переносимых потоком по речному дну во влекомом состоянии). Сток растворенных веществ - это процесс переноса в речных системах растворенных в воде веществ и характеристика их количества. Растворенные в речных водах вещества - это ионы солей, биогенные и органические вещества, газы и др. Тепловой сток - это процесс переноса вместе с речными водами теплоты и его количественная характеристика.

Главнейшая характеристика стока воды реки - это расход воды, т. е. объем воды, протекающей через поперечное сечение потока в единицу времени (Q , м³/с). Измерениями определяют лишь средний расход воды в данном гидрометрическом створе за время измерения (на больших реках это может быть интервал времени, измеряемый часами). Для расчета средних суточных величин расхода воды в практической гидрологии обычно используют графики связи уровней, измерение которых трудностей не представляет, и эпизодически измеренных расходов воды. По таким графикам (их называют «кривыми расходов») расходы воды могут быть определены по данным об уровнях для любого дня вне зависимости от того, измерялся в этот день сам расход воды или нет. К числу характерных

расходов воды относят расходы различных фаз водного и ледового режима реки, например максимальные (пиковые) расходы воды половодья и паводков, минимальные расходы воды межени, расходы воды в начале весеннего ледохода и т.д.

В гидрологии рек существуют два основных подхода при анализе их изменений. При первом - генетическом - анализируют причины изменения стока, выявляют связь колебаний стока с определяющими, в основном климатическими факторами. При втором - вероятностном - оценивают вероятность наступления на данной реке тех или иных расходов воды: чем больше отличается расход воды реки в данный момент в большую или меньшую сторону от некоторой средней величины («нормы»), тем меньше вероятность такого явления. В гидрологии разработана целая система специальных методов статистической и вероятностной оценки колебаний речного стока при наличии, недостатке и отсутствии данных наблюдений.

14.4. ДВИЖЕНИЕ ВОДЫ В РЕКАХ

Распределение скоростей течения в речном потоке. Для рек характерен турбулентный режим движения воды, и скорость течения в любой точке речного потока подвержена турбулентным пульсациям, причем тем большим, чем больше скорость течения. Большинство гидрометрических приборов (вертушек для измерения скоростей течения) фиксируют продольную составляющую скорости, осредненную за некоторый интервал времени.

Эти местные осредненные во времени скорости течения распределены в речном потоке неравномерно: наибольшие скорости наблюдаются на поверхности потока над наиболее глубокой частью русла, наименьшие - у дна и берегов. Линии, соединяющие точки с одинаковыми скоростями течения - изотакхи. Продольная (вдоль русла) линия наибольших скоростей течения называется динамической осью потока, или стрежнем.

14.5. ДВИЖЕНИЕ РЕЧНЫХ НАНОСОВ

Главными источниками поступления наносов в реки служат поверхность водосборов, подвергающаяся эрозии в период дождей и снеготаяния, и сами русла рек, размываемые речным потоком. Эрозия водосборов - процесс очень сложный, зависящий как от эродирующей способности стекающих по его поверхности дождевых и талых вод, так и от противоэрозионной устойчивости почв и грунтов водосбора. Эрозия поверхности водосборов обычно тем больше, чем сильнее дожди и интенсивнее снеготаяние, чем больше неровности рельефа, рыхлее грунты (наиболее легко подвергаются эрозии лёссовые грунты), менее развит растительный покров, сильнее распаханность склонов. Эрозия речных русел тем сильнее, чем больше скорости течения в реках и менее устойчивы

грунты, слагающие дно и берега. Часть наносов поступает в русло рек при абразии (волновом разрушении) берегов водохранилищ и речных берегов на широких плесах. Наносы, слагающие дно рек, называют донными отложениями, или аллювием.

14.6. РУСЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ

Физические причины и типизация. Мезоформы речного русла и их изменения. Наиболее типичным видом мезоформы речного русла является крупная русловая гряда - перекат. Перекаты вместе с расположенными между ними понижениями дна - плесами образуют на реках системы плес - перекат. Эти системы, как и другие русловые формы, медленно смещаются вдоль русла; этот процесс сопровождается обратимыми русловыми деформациями. Скорость смещения таких систем обычно не превышает нескольких сотен метров в год. Перекат представляет собой крупную русловую гряду, пересекающую русло под углом 20-30°.

Наибольшая скорость перемещения характерна для перекатов на прямолинейных участках русла. Она возрастает с уменьшением крупности наносов. На подъеме половодья происходит намыв переката, на спаде половодья и в межень - размыв. Размыв переката объясняется возрастанием уклонов водной поверхности и сопутствующим увеличением скоростей течения. В целом в период половодья уклоны на перекате меньше, чем в межень. Для плесов характерны, наоборот, размыв в половодье и намыв в межень.

Макроформы речного русла и их изменения. В относительно прямолинейных руслах вниз по течению смещаются как мезоформы (перекаты, осередки), так и микроформы (донные гряды различного размера). Во многих случаях смещающиеся побочни перекатов предохраняют коренные или пойменные берега прямолинейного русла от размыва.

Весьма своеобразны русловые деформации в извилистых (меандрирующих) руслах. Такие деформации представляют собой циклические процессы постепенного увеличения извилистости русла благодаря размыву его вогнутых берегов, развороту и смещению излучин (меандров), завершающиеся прорывом перешейка со спрямлением русла (рис. 31). Затем процесс развития излучин повторяется.



Рис. 31. Схема смещения и изменения формы излучины: 1 - участок размыва берега; 2 – старица

В процессе развития излучин происходит обмен наносами между руслом и поймой. Нередко и сама пойма формируется в результате образования излучин, их смещения и прорыва. На поймах часто остаются следы бывших участков русла старицы.

Своеобразные русловые деформации наблюдаются в руслах, разветвленных на рукава. Различают пойменную и русловую многорукавность. Пойменные рукава обычно более стабильны по сравнению с внутрирусловыми. При русловой многорукавности в пределах русла находятся упорядоченные острова: либо одиночные острова, либо закономерные цепочки островов, расположенные в шахматном порядке или тяготеющие к одному из берегов.

15. СЕЙСМИЧНОСТЬ. ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Землетрясение - заметные колебания земной коры, происходящие от действия внутренних сил. Различают медленные, слабо заметные колебания и быстрые разрушительные перемещения пластов земной коры. Последние известны под землёй в тесном смысле, причины землетрясения: смещение, оседание пластов земной коры, провалы вследствие размывов и вообще действия воды и вулканические явления. Для изучения Земли устроены особые станции (сейсмические) с приборами (сейсмометрами), отмечающими быстроту распространения колебаний земной коры.

Эпицентр-точка земной поверхности, лежащая над центром возникновения толчков и ударов при землетрясениях

Причины: Существуют две основные причины землетрясений:

Одной из них являются процессы поверхностного характера, которые вызывают незначительные землетрясения. Эти процессы заключаются в том, что плиты, дрейфующие вдоль таких великих разломов, как, например, разлом Сан-Андреас в Калифорнии или Альпийский разлом в Новой Зеландии, действуют подобно ножницам, разрушая края плит друг друга.

Вторая причина отражает более глубокие процессы, происходящие в зонах вдоль краёв смещающихся плит, где рёбра этих масс земной коры погружаются в земную мантию и на глубине около 500 км повторно всасываются, поглощаются. По этой причине происходят уже более крупные землетрясения.

Симптомы: Землетрясение, как правило, происходит глубокой ночью или на рассвете и начинается с легкого дрожания земли, сопровождающегося сильным подземным гулом. Вслед за этим, порой стремительно, возникает серия сильных толчков, способных вызвать извержение вулкана, камнепад и даже разрывы земной поверхности. Участки земли могут подниматься и опускаться, провоцируя, в свою очередь, оползни и цунами - гигантские приливные волны, внезапно обрушивающиеся на прибрежные зоны (они ещё называются сейсмическими волнами). И наконец, в завершающей стадии землетрясения наблюдается уменьшение силы вибрации (из-за которой у

многих начинается сильное недомогание и «морская болезнь на суше»).

Предупреждающие знаки: Необычно жутко воют, лаят и рычат собаки; сбегают из домов кошки; грозный гул, грохот, треск; земля дрожит и колыхается; беспричинное беспокойство.

За последние 4000 лет землетрясения и возникшие в их результате пожары, оползни, наводнения и иные последствия унесли жизни более 13 млн. человек.

Ежегодно сейсмологи регистрируют примерно 500 тысяч землетрясений различной силы. Из них 100 тысяч ощущаются людьми и 1000 причиняют ущерб. Немногие из грозных явлений природы могут сравниться по разрушительной силе и опасности с землетрясениями. Их летопись насчитывает миллионы жертв, сотни погибших городов. Глагол «трястись» абсолютно точно описывает происходящее с земной поверхностью во время землетрясения: она вздымается, колеблется, вибрирует и даже раскалывается.

Вот как очевидец описывает землетрясение: «Земля вздрогнула; ее первая судорога длилась почти 10 секунд: треск и скрип оконных рам, звон стекол, грохот падающих лестниц разбудили спящих. Как бумажный разрывался потолок в темноте все казалось падало. Земля глухо гудела. Вздрогнув и пошатываясь, здания наклонялись, по их белым стенам, как молнии, змеились трещины, и стены рассыпались, заваливая улицы и людей среди них тяжелыми грудями острых кусков камня». Частота колебаний некоторых сейсмических волн бывает такой, что они становятся слышны человеку; животные же могут воспринимать звук в значительно более широком диапазоне. В различных описаниях звуки, сопровождающие землетрясение, сравниваются с сильным ветром, шумом скорого поезда, отдаленным орудийным раскатам. Рассказы некоторых очевидцев свидетельствуют, что во время землетрясения бывают вспышки света. Землетрясения представляют собой движение земной поверхности, вызванные воздействием сейсмических волн (по-гречески «сеймос» - землетрясение). Сейсмические волны обычно ощущаются как сильные, интенсивные движения поверхности. Иногда наблюдаются земные волны в буквальном смысле слова: волны движутся по земле как по озеру. При калифорнийском землетрясении 1906 года в отдельных местах отмечались земные волны высотой до 1 м. Они особенно опасны. Они раскалывают строения, встряхивая их так, что рушатся даже прочные стены. В городских районах здания вибрируют настолько сильно, что распадаются на части. При этом часто возникают пожары, так как разрушаются газовые магистрали и происходят замыкания в электрических цепях. Если и водопроводная сеть оказывается поврежденной, город сможет сгореть, и предотвратить это почти невозможно. Бывали случаи, когда от подземных толчков люди подлетали так высоко, что, падая, разбивались насмерть. Для землетрясений характерно множество сопутствующих явлений, которые увеличивают число жертв, - это гигантские трещины, разрушительные морские волны цунами, крупные

обвалы и снежные лавины, грязевые потоки - сели, оползни.

Наиболее широко известным фактом является возникновение в земле трещин, которые согласно некоторым описаниям поглощали людей, животных, дома и даже целые деревни. Так, например, во время землетрясения 1783 г. в Калабрии (Италия) образовалось огромное число трещин, причем некоторые из них достигали почти 70 м в глубину. Во время землетрясений бывают резкие опускания больших участков, которые могут сопровождаться мгновенным затоплением. Во время землетрясения 1811 г. в долине реки Миссисипи было обширное погружение участков вдоль долин реки местами более чем на 6 м.

Разрушительными последствиями землетрясений являются оползни, сели, снежные лавины. Землетрясение 1920 г. на севере Китая, вызвало сотни оползней. Число погибших составило 100 тысяч человек.

В прибрежных районах к одним из самых страшных явлений, сопутствующих землетрясениям, относятся цунами. Так, например, в 1755 г. сильное землетрясение и сопровождавшие его цунами разрушили г. Лиссабон. На берег обрушилась волна высотой в 12 м. Погибло 50 тыс. человек.

15.1. СЕЙСМИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

Сейсмические явления, наблюдаемые при землетрясениях на поверхности Земли со времен академика Б.Б. Голицина, принято делить на два типа – микросейсмические и макросейсмические. Первые это те, которые обнаруживаются только по записям приборов – это и микросейсм (сейсмический шум, колебания в прямую не связанные с землетрясениями), и слабые колебания от далеких землетрясений – расстояние до эпицентров которых может исчисляться тысячами и десятками тысяч километров. Сюда надо отнести и неощутимые микроземлетрясения. Вторые, это колебания которые непосредственно ощущаются человеком, вызывают разрушение и сильные деформации земной поверхности.

К сейсмическим явлениям относятся и те, которые сопровождают возникновение землетрясений. Они делятся на события, которые происходят перед землетрясением, в момент и наблюдаются после него. Изучение землетрясений вобрало в себя буквально почти все разделы естествознания – от поведения животных до теории нелинейных стохастических процессов, теории рисков и информатики.

Вертикальные подвижки приводят к резкому опусканию или поднятию пород. Обычно смещение составляет лишь несколько сантиметров, но энергия выделяемая при движениях горных масс весом в миллиарды тонн, даже на малое расстояние, огромна! На дневной поверхности образуются тектонические трещины. По их бортам происходят смещения относительно друг друга обширных участков земной поверхности, перенося вместе с собой и находящиеся на их поля, сооружения и многое другое. Эти перемещения

можно увидеть невооруженным глазом, и тогда связь землетрясения с тектоническим разрывом в недрах земли очевидна.

Значительная часть землетрясений происходит под морским дном, практически также как и на суше. Некоторые из них сопровождаются цунами. Цунами,- морские волны, возникающие в результате сдвига вверх или вниз крупных участков дна при сильных подводных или прибрежных землетрясениях и, изредка, при вулканических извержениях. Высота волн в эпицентре может достигать пяти метров, у берегов – до десяти, а в неблагоприятных по рельефу участках побережья – до 50 метров. Они могут распространяться со скоростью до 1000 километров в час. Более 80% цунами возникают на периферии Тихого океана. В России, США и Японии в 1940-1950 годы созданы службы предупреждения о цунами. В каталоге известных сильных цунами их более тысячи, из них – более ста с катастрофическими последствиями для человека. Они вызвали полное уничтожение, смыв сооружений и растительного покрова в 1933 году у берегов Японии, в 1952 году на Камчатке и многих других островах и прибрежных районах в зоне Тихого океана. Однако землетрясения возникают не только в местах разломов – границ плит, но и в центре плит, под складками – горами образующимися при выгибании пластов вверх в виде свода (места горообразования). Одна из самых быстрорастущих складок в мире находится в Калифорнии вблизи Вентуры. Примерно, аналогичный тип имело и Ашхабадское землетрясение 1948 года. В этих складках действуют сжимающие силы, когда такое напряжение горных пород снимается за счет резкой подвижки, то и возникает землетрясение. Эти землетрясения, в терминологии американских сейсмологов Р. Стейна и Р. Йетса (1989 год), получили название скрытых тектонических землетрясений.

Формы проявления тектонических землетрясений достаточно разнообразны. Одни вызывают протяженные разрывы пород на поверхности Земли, достигающие десятков километров, другие сопровождаются многочисленными обвалами и оползнями, третьи практически никак не «выходят» на земную поверхность, соответственно ни до, ни после землетрясений визуально эпицентр определить почти не возможно. Существование подобных землетрясений таит в себе скрытую угрозу при освоении новых территорий. Так, в кажущихся пустынными и неопасными местах зачастую размещают могильники и захоронения токсичных отходов и сейсмический толчок может нарушить их целостность, вызвать заражение местности далеко вокруг.

Большинство землетрясений происходит на глубине до 70 километров от поверхности Земли, меньше до 200 километров. Но бывают землетрясения и на очень большой глубине. Например, подобное землетрясение произошло в 1970 году с магнитудой 7.6 в Колумбии на глубине 650 километров.

Иногда очаги землетрясения регистрируются и на большой глубине – более 700 километров. Максимальная глубина гипоцентров – 720 километров

зарегистрирована на территории Индонезии в 1933, 1934 и 1943 годах.

По современным представлениям о внутреннем строении Земли на таких глубинах вещество мантии под действием тепла и давления переходит из хрупкого состояния, при котором оно способно разрушаться, в тягучее, пластическое. Везде, где глубокие землетрясения случаются достаточно часто, они «вырисовывают» условную наклонную плоскость, названную по именам японского и американского сейсмологов зоной Вадати – Бенъеффа. Она начинается вблизи земной поверхности и уходит в земные недра, до глубин порядка 700 километров. Зоны Вадати – Бенъеффа приурочены к местам, где сталкиваются тектонические плиты – одна плита подвигается под другую и погружается в мантию. Зона глубоких землетрясений как раз и связана с такой опускающейся плитой. Морское землетрясение 1996 года в Индонезии, было наиболее сильным глубоким землетрясением с очагом на глубине в 600 километров. Это была редкая возможность для просвечивания глубин Земли до пяти тысяч километров. Однако это происходит нечасто даже в масштабах планеты. Очаги почти всех глубоких землетрясений расположены в зоне Тихоокеанского кольца состоящего из островных дуг, глубоководных желобов и подводных горных хребтов. Изучение глубокофокусных землетрясений, неопасных для человека, представляет большой научный интерес – оно позволяет «заглянуть» в машину геологических процессов, понять природу постоянно происходящей в недрах Земли трансформации материи и вулканических явлений. Так, после анализа сейсмических волн от глубокофокусного землетрясения в Индонезии 1996 года сейсмологами Северо-западного Университета США и французской Комиссии по ядерной энергии было доказано, что ядро Земли является твердым шаром из железа и никеля с диаметром в 2400 километров.

Техногенные – антропогенные землетрясения связаны с воздействием человека на природу. Проводя подземные ядерные взрывы, закачивая в недра или извлекая оттуда большое количество воды, нефти или газа, создавая крупные водохранилища, которые своим весом давят на земные недра, человек, сам того не желая, может вызвать подземные удары. Повышение гидростатического давления и наведенная сейсмичность вызываются закачкой флюидов в глубокие горизонты земной коры. Достаточно спорные примеры подобных землетрясений (может быть произошло наложение как тектонических сил, так и антропогенной деятельности) – Газлийское землетрясение, произошедшее на северо-западе Узбекистана в 1976 году и землетрясение в Нефтегорске на Сахалине, в 1995 году.

Слабые и даже более сильные «наведенные» землетрясения могут вызывать крупные водохранилища. Накопление огромной массы воды приводит к изменению гидростатического давления в породах, снижению сил трения на контактах земных блоков. Вероятность проявления наведенной сейсмичности возрастает с увеличением высоты плотины. Так, для плотин высотой более 10 метров наведенную сейсмичность вызывали только 0,63%

из них, при строительстве плотин высотой более 90 метров – 10%, а для плотин высотой более 140 метров – уже 21%.

Увеличение активности слабых землетрясений наблюдалось в момент заполнения водохранилищ Нурекской, Токтогульской, Червакской гидроэлектростанций. Интересные особенности в изменении сейсмической активности на западе Туркменистана автором наблюдались при перекрытии стока воды из Каспийского моря в залив Кара-Богаз-Гол в марте 1980 года, а затем, при открытии стока воды 24 июня 1992 года. В 1983 году залив перестал существовать как открытый водоем, в 1993 году в него было пропущено 25 кубических километров морской воды. Благодаря высокой и без того сейсмической активности этой территории, быстрое перемещение водных масс «наложилось» на фон землетрясений региона и спровоцировало некоторые его особенности.

Быстрая разгрузка или нагрузка территорий, которые сами по себе отличаются высокой тектонической активностью, связанной с деятельностью человека может совпасть с их естественным сейсмическим режимом, и даже, спровоцировать ощутимое людьми землетрясение. В Индии, 11 декабря 1967 года в районе плотина Койна, возникло землетрясение с магнитудой 6.4, от которого погибло 177 человек. Оно было вызвано заполнением водохранилища.

Землетрясения – одно из наиболее страшных природных катастроф, уносящих десятки и сотни тысяч человеческих жизней и приносящих огромный материальный ущерб. От землетрясений за историческое время погибло 13 млн. человек (что намного меньше погибших в войнах). Примеры: Ашхабад (5.10.1948 г.) – более 100 тыс. чел.; Спитак (7.12.1988) – 28854 чел. (неофициально 55 тыс. чел.); Нефтегорск на Сахалине (1995) – 2 тыс. чел. Для сравнения: Китай (1920) – 200 тыс. чел, Токио и Йокогама (1923) – 150 тыс. чел., Токио (1703) – 200 тыс. чел., японский город Неддо (1730) – 137 тыс. чел., Италия (1980) – 3100 чел., Иран (1981) – 2500 чел.

Продолжительность землетрясений от 5-6 сек до 5-6 мин. Ежегодно регистрируются сотни тысяч землетрясений, но только около 100 из них можно отнести к разрушительным.

Причины землетрясений. Любое землетрясение – это мгновенное высвобождение энергии за счет образования разрыва горных пород, возникающего в некотором объеме, границы которого не могут быть определены достаточно строго и зависят от структуры и напряженно-деформированного состояния горных пород в данном конкретном месте. Деформация пород происходит скачкообразно с образованием упругих волн. Объем пород определяет силу сейсмического толчка и выделившуюся энергию. Чем меньше объем очага, тем слабее толчки. **Гипоцентром**, или **фокусом** землетрясения называют условный центр очага на глубине, а **эпицентром** – проекцию гипоцентра на поверхность земли.

В зависимости от глубины гипоцентра различают: 1) *мелкофокусные землетрясения* – до 70 км, 2) *среднефокусные* – 70-300 км,

3) *глубокофокусные* – 300-700 км. Чаще очаги землетрясений находятся на глубине 10-30 км, т.е. в нижней части литосферы. Главному толчку часто предшествуют локальные *форшоки*, а после главного удара следуют *афтершоки*.

Из гипоцентра распространяются упругие колебания – продольные и поперечные волны. *Продольные* называются Р-волны (primary – первоначальный, т.к. они приходят первыми). Это волны сжатия, они распространяются в любой среде со скоростью от 500-1000 м/сек в песках до 5-7 км/сек в гранитах, в воде – 1,5 км/сек, в воздухе – 330 м/сек. Р-волны при выходе на поверхность земли создают звуковые волны при частоте более 15 Гц.

Поперечные волны при своем распространении сдвигают частицы под прямым углом к направлению своего пути. Они не распространяются в жидкостях и газах, т.к. их модуль сдвига равен 0. Скорость V_s в 1,7 раза меньше V_p . Период волн от долей сек до 5 сек.

Кроме этих объемных волн, на поверхности земли возникают *поверхностные* волны, они подобны ряби на поверхности воды, скорость их в 2 раза ниже V_s . Они затухают быстрее на расстоянии, но не менее опасны. Все эти волны не всегда понятным образом воздействуют на сооружения. Очаг излучает широкий спектр колебаний с периодами от долей секунды до десятков сек. Колебания распространяются во все стороны в недрах Земли и быстрее спутника (примерно за 20 мин) достигают противоположной точки Земного шара. Колебания сильно ослабевают при удалении от очага. Удаление в 2 раза снижает энергию в 10-20 раз, а удаление в 10 раз снижает энергию в тысячи раз. Соответственно, с расстоянием убывает и амплитуда колебаний. Даже при очень сильных землетрясениях (10-12 баллов) на расстоянии 200-500 км нет угрозы зданиям и населению.

Оценка силы землетрясения производится при помощи сейсмографов. Первые сейсмографы появились более 100 лет назад. Большой вклад в сейсмологию (науку о землетрясениях) внес Б.Б. Голицын. Принцип работы сейсмографа основан на неподвижности маятника, который подвешен на тонкой пружине. Маятник имеет рамку, которая находится в поле постоянного магнита, и чувствительный гальванометр-самописец, колебания которого записывает самописец. Получается непрерывная сейсмограмма, отражающая перемещения грунта в какой-то одной плоскости. Для записи колебаний в 3-х направлениях нужны 3 сейсмографа с разными рамками. Расшифровка сейсмограмм заключается в фиксировании точного времени прихода различных волн Р, S, L, R (Лява и Релея) и их интерпретации, т.к. они приходят не только с разной скоростью, но и с разных сторон. Определив время прихода разных волн и зная скорость их распространения, можно определить расстояние до очага-гипоцентра землетрясения. Существующая мировая сеть сейсмостанций со многими сотнями сейсмографов позволяет немедленно регистрировать землетрясения в любой точке Земли.

Но случались и казусы. Самое сильное землетрясение в истории человечества произошло в Индии (г. Ассам) 15 августа 1950 года – 9 баллов по шкале Рихтера, при этом погибло 1000 человек. Но мощь землетрясения вызвала путаницу: американцы решили, что землетрясение произошло в Японии, а японцы – в Америке. У нас тоже не установили очаг землетрясения 1996 года, указав очаг от Армавира до Светлогорода.

Интенсивность сейсмического эффекта выражают **в баллах** или **в магнитуде**. Для строительных целей в России с 1952 года применяют 12-балльную шкалу MSK-64 (Медведев – Шпонхойнер - Карник). До недавнего времени действовал ГОСТ 6249-52 для оценки силы землетрясений в баллах. Каждый балл шкалы соответствует определенному сейсмическому ускорению α :

Таблица 13.

Балл	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
α , мм/сек ²	2,5	2,5-5	5-10	10-25	25-50	50-100	100-250	250-500	500-1000	1000-2500	2500-5000	>5000

Сейсмическое ускорение определяют по формуле:

$$\alpha = A \cdot 4\pi^2 / T^2, \text{ где}$$

α – сейсмическое ускорение, мм/сек²; A - амплитуда колебаний, мм; T – период колебаний сейсмической волны, сек. По величине α вычисляют коэффициент сейсмичности $K_S = \alpha/g$, где g - ускорение силы тяжести, мм/сек².

Коэффициент сейсмичности K_S необходим для расчета добавочных горизонтальных сил Q при оценке прочности сооружения: $Q = K_S \cdot P$, где P - вес сооружения.

Землетрясения 1-3 балла считаются **слабыми**, 4-5 баллов – **ощутимыми**, 6-7 баллов – **сильными** (разрушаются ветхие постройки), 8 баллов - **разрушительными** (частично разрушаются прочные здания, падают фабричные трубы), 9 баллов – **опустошительными**, разрушается большинство зданий, в грунтах образуются трещины до 10 см, 10 баллов – **уничтожительными**, разрушаются мосты, образуются большие оползни, обвалы, трещины в грунтах до 1 м, 11 баллов, **катастрофическими**, разрушаются все сооружения, изменяется ландшафт, 12 баллов – **сильная катастрофа**, то же, но на более обширной территории.

Магнитуда характеризует энергию в центре землетрясения. Для этого Чарльз Рихтер в 1935 г. предложил шкалу энергии землетрясений, которую пользуют сейсмические службы. Шкала балльности служит для строительных расчетов и при районировании территорий. Идея Рихтера состоит в том, что принято «стандартное» (эталонное), очень слабое землетрясение с амплитудой $A^*=1\text{мк}$, которое еще фиксируют сейсмографы. Затем определяют амплитуду A , мк любого землетрясения, превышающего минимальное, и рассчитывают его магнитуду по формуле:

$$M = \lg A/A^*.$$

Землетрясения с $M=1-3$ очень слабые, т.к. их амплитуда всего в 10-1000 раз больше минимального. Сильнейшие землетрясения – Чилийское (1960) и Аляскинское (1964) имели магнитуду – 8,5-8,6. Это значит, что при таких землетрясениях амплитуда превышала стандартное почти в 1 млрд. раз. Землетрясения с магнитудой более 9 не известны. Атомная бомба имеет магнитуду $M=6,5$, водородная бомба – $M=8,5$, т.е. энергия водородной бомбы в 100 раз больше атомной.

Районирование территорий. Землетрясения происходят только в районах геосинклиналей, точнее в зонах, где литосферные плиты либо сталкиваются друг с другом, либо расходятся, наращивая образование новой океанической коры.

Первый высокосейсмичный регион – активные окраины Тихого океана, где океанические плиты погружаются под континентальные и напряжения, возникающие в холодной и тяжелой плите, разряжаются в виде многочисленных землетрясений, гипоцентры которых образуют наклонную сейсмофокальную зону, уходящую в верхнюю мантию до глубин в 600-700 км.

Второй регион сильных и частых землетрясений – *Альпийский горно-складчатый пояс*, простирающийся от Гибралтара через Альпы, Балканы, Анатолию, Кавказ, Иран, Гималаи в Бирму и возникший всего 10-15 млн. лет тому назад в результате столкновения грандиозных литосферных плит: Афро-Аравийской и Индостанской, с одной стороны, и Евразийской, с другой. Процесс сжатия (смятия) продолжается и в настоящее время, поэтому постоянно накапливающиеся напряжения непрерывно разряжаются в виде землетрясений. В пределах СНГ наиболее сейсмически активными регионами являются Восточные Карпаты, Горный Крым, Кавказ, Копетдаг, Тянь-Шань, Памир, Алтай, р-н оз. Байкал, Дальний Восток (особенно Камчатка, Курильские о-ва, о-в Сахалин). Все эти регионы обладают горным, часто высокогорным рельефом, свидетельствующим о том, что они в настоящее время испытывают активные тектонические движения, а вертикальный подъем превышает скорость эрозии (их разрушения). Подавляющая часть землетрясений относится к зонам сжатия (85%) и только 15% к зонам растяжения.

Карты сейсморайонирования в СССР впервые приведены в СНиП 1962 года. Методика их составления учитывает: 1) геологическое строение, тектонику, разломы и другие нарушения земной коры, 2) сведения о прошлых землетрясениях (в г. Ставрополе – с 1688 г.). Карты сейсморайонирования составляет Институт Физики Земли РАН. Кроме этих карт для отдельных территорий составлены карты ДСР (детального сейсморайонирования) масштаба 1:100000 – 1:500000 с выделением активных зон региона. И, наконец, для отдельных городов (КМВ, Ставрополь) составлены карты СМР (сейсмомикрорайонирования) м-ба 1:10000.

При СМР вводят понятие «среднего» грунта (плотные глины, плотные пески). Для слабых грунтов (плывунов, просадочных лессов, рыхлых песков и т. д.) добавляют 1 балл к среднему, фоновому баллу. Для прочных грунтов (скальных, галечников, мерзлых) уменьшают 1 балл. Балл строительной площадки можно снизить также укреплением грунтов основания.

Прогноз землетрясений включает в себя три элемента: место, величину и время землетрясения. Место сильных землетрясений сейчас определяют довольно точно. Величина (балл) также прогнозируются сравнительно хорошо. Нельзя дать прогноз времени землетрясения, хотя это и очень важно. Предвестниками землетрясений могут быть: изменение деформаций и наклонов земной поверхности (есть специальные деформаторы), изменение электросопротивления горных пород, которое можно измерять до глубины 20 км, вариации магнитного поля, колебания уровня грунтовых вод (УГВ), изменение содержания радона в подземных водах, беспокойство животных (в т. ч. рыбок в аквариумах) и т.д.

Надо помнить вывод академика Н.В.Короновского: *«Пока не установлены значимые связи с предвестниками землетрясений. Любой прогноз землетрясений носит вероятностный характер, и главная цель сейсмологии еще не достигнута».*

Строительство в сейсмических районах. Антисейсмическое усиление зданий начинается с 7-ми баллов. Большинство ученых считает, что основную опасность для зданий представляет явление резонанса, когда совпадают периоды колебаний здания и сейсмических волн. Новый взгляд на природу разрушения зданий высказал профессор МГСУ Сергей Борисович Смирнов, который считает, что модель резонанса придумали сейсмологи. По С.Б. Смирнову, характер разрушений не соответствует тем безобидным разрушениям грунта с малыми скоростями и ускорениями, которые сеймики пытаются выдать за причины всех сейсмических разрушений. Фактическая величина энергии в тысячи раз больше. Маятники сейсмографов и сейсмограммы замеряют не все колебания грунта. Реальные остаточные сейсмические смещения на огромных площадях достигают нескольких метров, а в сейсмограммах остаточные смещения всегда равны нулю. Импульсные сейсмические воздействия подобны выдергиванию ковра из-под ног. Волны сдвига не измеряются сейсмографами. Поэтому не должно быть жесткого контакта фундамента с грунтом. Это уже другая идея сейсмозащиты.

Таблица 14-Классификация землетрясений.

Тип землетрясения	Процент от общего числа	Диапазон магнитуд
Тектонические	Около 95%	До 9
Вулканические	До 5%	До 8
Обвальные (денудационные)	Менее 1%	Не более 5
Техногенные (антропогенные)	Менее 0.1%	Известны до 5

К примерам сочетания неблагоприятных факторов, на которое наложилось антропогенная деятельность человека можно отнести оползень случившийся в канадском городке Френк. В 1901 году небольшое землетрясение привело к потере прочности склонов горы Тартл. Вибрации горных склонов из-за взрывов производимых для добычи каменного угля и от движения составов по железной дороге проложенной у подножья горы постоянно воздействовали на горный массив. От добычи каменного угля в нем образовались большие пустоты – ежедневно здесь извлекалось до 1100 тонн. Землетрясение, антропогенная деятельность и образовавшиеся пустоты в недрах горы ослабили в конце концов устойчивость горных склонов.

29 апреля 1903 года, вершина горы Тартл на высоте 900 метров сдвинулась с места и вниз обрушилась лавина скальных пород объемом почти 30 миллионов кубометров. Скально-земляной вал высотой в 30 метров и шириной фронта в два с половиной километра в считанные секунды преодолел расстояние около четырех километров со скоростью в 160 км/час и похоронил под собой долину реки Кроузвест и шахтерский городок Френк. Погибло 70 жителей, а 16 шахтеров работавших в шахтах чудом спаслись, прокопав себе путь в слоях угля.

Обвальные землетрясения. На юго-западе территории Германии и других местностях, богатых известковыми породами, люди иногда ощущают слабые колебания почвы. Они происходят из-за того, что под землей существуют пещеры. Из-за вымывания известковых пород подземными водами образуются карсты, более тяжелые породы давят на образующиеся пустоты и они иногда обрушаются, вызывая землетрясения. В некоторых случаях, за первым ударом следует другой или несколько ударов с промежутком в несколько дней. Это объясняется тем, что первое сотрясение провоцирует обвал горной породы в других ослабленных местах. Подобные землетрясения называют еще – денудационными.

Сейсмические колебания могут возникать при обвалах на склонах гор, провалах и просадках грунтов. Хотя они носят локальный характер, но могут привести и к большим неприятностям. Сами по себе обвалы, сходы лавин, обрушение кровли пустот в недрах могут подготавливаться и возникать под воздействием различных, достаточно естественных факторов.

В 1974 году со склона хребта Викунаек в Перуанских Андах в долину реки Мантаро с высоты почти два километра обрушилось вниз почти полтора миллиарда кубометров горных пород, похоронив под собою 400 человек. Оползень с невероятной силой ударил по дну и противоположному склону долины, сейсмические волны от этого удара были зарегистрированы на удалении почти в три тысячи километров. Сейсмическая энергия удара составила эквивалент землетрясения с магнитудой более пяти по шкале Рихтера.

Сейсмический шум и микросейсмы. Еще более слабые толчки и трески - сейсмический шум и микросейсмы практически непрерывен. Он порождается целым комплексом явлений - от более сильных землетрясений

до атмосферных явлений на поверхности земли и уже относиться к микросейсмическим явлениям. На сейсмограммах чутких датчиков постоянно присутствуют слабые колебания - создавая впечатление, что Земля действительно дышит.

Сейсмический шум от самых различных источников «несет» в себе характеристики места, где он регистрируется - сведения о характерных частотах колебаний грунтов, их, как называют ученые, динамических свойствах - способности усиливать амплитуды колебаний, или, наоборот, уменьшать и многое другое.

За год на Земле происходит примерно:

1 землетрясение с магнитудой 8,0 и выше;

10 — с магнитудой 7,0—7,9;

100 — с магнитудой 6,0—6,9;

1000 — с магнитудой 5,0—5,9.

15.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Землетрясения – это подземные удары (толчки) и колебания поверхности Земли, вызванные процессами высвобождения энергии внутри нее. По разрушительным последствиям землетрясения не имеют себе равных среди стихийных бедствий.

По причине возникновения землетрясения разделяют на вулканические, метеоритные и тектонические, которые объясняет внутренне развитие планеты.

Падение на поверхность Земли крупных небесных тел может спровоцировать метеоритное землетрясение. Человечество не помнит подобных катастроф, но геологические исследования говорят, что такое случалось в истории Земли.

И ранее, и сегодня достаточно часто происходят землетрясения, связанные с извержениями вулканов. Их интенсивность может быть очень большой (до 8 – 10 баллов). Несмотря на то, что эти землетрясения чаще всего бывают очень разрушительными, они не распространяются далеко в разные стороны. Это связано с тем, что их эпицентр, или сейсмический очаг, обычно находится на небольшой глубине.

Самыми распространенными являются тектонические землетрясения. Они лидируют по своей мощности и разрушительной силе. Они происходят из-за того, что в недрах Земли на горные породы постоянно воздействуют глубинные тектонические силы, деформируя их. Слои пород начинают сминаться, а когда давление доходит до критической точки, рвутся, создавая разломы. Вдоль разлома проходит скопившаяся в недрах энергия, которая передается упругими волнами через толщу пород, достигая земной поверхности и приводя к разрушениям.

Землетрясения – важная составная часть окружающей нас среды, и ни один район земного шара нельзя считать полностью от них избавленным.

Сейсмология – это часть более широкой науки - геофизики, возникшей как пересечение и связующее звено двух более старых наук – геологии и физики.

15.3. РАННИЕ ОБЪЯСНЕНИЯ ПРИЧИН ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

В поисках причин землетрясений Аристотель обратился к недрам Земли. Он полагал, что атмосферные вихри внедряются в землю, в которой много пустот и сквозных щелей. Вихри, думал он, усиливаются огнем и ищут себе выхода, вызывая, таким образом, землетрясения, а иногда извержения вулканов. Эти представления просуществовали много веков, даже не смотря на то, что он не привел никаких аргументов в пользу своих гипотез, а просто дал волю своей бурной фантазии. Четырьмя веками позже Плиний писал: «Сотрясения земли случаются, лишь, когда море спокойно и небо столь недвижно, что птицы не могут парить, потому что нет поддерживающего их дыхания». Поскольку такие условия бывают при жаркой влажной погоде, такую погоду стали называть «сейсмоопасной погодой», полагая, что она сигнализирует о приближении землетрясений.

В мифологии разных народов наблюдается интересное сходство в представлениях о причинах землетрясений. Это будто бы движение некоего реального или мифического животного, гигантского скрытого где-то в глубинах Земли. У древних индусов это слон, у даяков Суматры – огромный вол. Древние японцы вину за землетрясения возлагали на сома, который сотрясал землю. Если бы он не был под надзором доброго бога, даймедзина то земля сотрясалась бы постоянно. Однако добрый дух время от времени утрачивал бдительность, и совесть злого сома отягощалась следующим землетрясением.

Землетрясения часто рассматривали как наказание, ниспосланное рассерженными богами. В греческой мифологии землетрясения вызывает разъяренный Посейдон, владыка морей. Нептун, его аналог в римских мифах, мог не только вселять страх в людей, вызывая землетрясение, но и насыпать на землю потопа, а на берега – огромные волны. В Европе XVIII в. духовенство пыталось привить людям моралистический взгляд на землетрясения. Вот что можно прочесть в одной лондонской газете за 1752 год: «Землетрясения обычно случаются в больших городах. Карающий бич направлен туда, где есть жители, т.е. цель для предостережения, а не на голые утесы и необитаемые берега». Знаменитое Лиссабонское землетрясение 1755г. произошло в День Всех Святых, в момент, когда люди были в церкви. Огромное число жертв было вызвано серией из некоторых толчков и гигантским цунами, обрушившимся на набережную. Положение усугубили пожары, разбушевавшиеся по всему городу. Те, кто верил в божью кару за грехи, видели в этом возмездие.

15.4. СОВРЕМЕННЫЕ ОБЪЯСНЕНИЯ ПРИЧИН ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

Наука о землетрясениях, сейсмология, хотя и молода, но сделала серьезные успехи в познании объекта своего исследования. Ценою усилий нескольких поколений исследователей специалисты теперь неплохо представляют, что происходит при землетрясении и как оно проявляется на поверхности Земли. Но ведь поверхностные явления – это результат того, что происходит в недрах. И основное внимание специалистов теперь сосредоточено на познании глубинных процессов в недрах Земли, процессов, приводящих к землетрясению, его сопровождающих и за ним следующих.

Теория землетрясений как геофизического процесса еще только разрабатывается.

Научная геология (ее становление относится к XVIII в.) сделала правильные выводы о том, что сотрясаются главным образом молодые участки земной коры. Во второй половине XIX в. уже была выбрана общая теория, согласно которой земная кора была подразделена на древние стабильные щиты и молодые, подвижные горные сооружения. Выяснилось, что молодые горные системы – Альпы, Пиренеи, Карпаты, Гималаи, Анды – подвержены сильным землетрясением, в то время как древние щиты (к ним относится Чешский массив) являются областями где сильные землетрясения отсутствуют.

К числу наиболее употребительных сейсмологических терминов, связанных с понятием «землетрясение», можно отнести следующие: очаг, гипоцентр, эпицентр, магнитуда, балл.

Под очагом тектонического землетрясения понимается замкнутый объем земного вещества, в котором достаточно короткого, до 1-3 минут, времени произошли разрушения. Как правило, в области очага происходит смещение (подвижка) одной части объема относительно другой. Место, в котором начинается подвижка, именуется гипоцентром. Проекция гипоцентра по вертикали на земную поверхность получила название эпицентра.

Понятие балла характеризует интенсивность сотрясения в точке наблюдения. В нашей стране с 1964 года используется 12-бальная шкала MSK – 64. Следует отметить, что несейсмологи в баллах зачастую характеризуют саму силу землетрясения в очаге. Это неверно, однако в газетных сообщениях встречается регулярно. Как правило, это касается шкалы Рихтера, в которой используется безразмерная величина магнитуды M землетрясения, пропорциональная логарифму выделенной в очаге энергии. Путаница возникла в связи с двумя обстоятельствами: 1) магнитуды известных до сих пор землетрясения не превышает 9 единиц (в каталогах есть только M (макс.) равна 8,9), то есть магнитуда численно близка к значениям баллов сотрясений; 2) мы привыкли к тому, что любой параметр имеет размерность (метры, килограммы, градусы), а ведь логарифмы любых

параметров всегда безразмерны. Поэтому, если в печати появляется сообщения типа «землетрясение имело 7 баллов по шкале Рихтера», то в действительности это означает, что магнитуда землетрясения $M=7$. А ощущаться в разных пунктах оно может силой 10 баллов, 8 баллов, 5 баллов – это зависит от расстояния до очага. Таким образом, если балльность зависит от расстояния до очага, то магнитуда – не зависит.

Шкала MSK-64 составлена применительно к зданиям и сооружениям, не имеющим сейсмостойкого усиления конструкций:

1 балл. Неощутимое землетрясение. Интенсивность колебаний лежит ниже предела чувствительности, сотрясения почвы обнаруживаются и регистрируются только сейсмографами.

2 балла. Слабое землетрясение. Колебания ощущаются только отдельными людьми, находящимися внутри помещения, особенно на верхних этажах.

3 балла. Слабое землетрясение. Ощущается не многими людьми, находящимися внутри помещений, под открытым небом – только в благоприятных условиях. Колебания схожи с сотрясениями, создаваемыми проезжающим легким грузовиком. Внимательные наблюдатели замечают небольшое раскачивание всяких предметов, несколько более сильное на верхних этажах.

4 балла. Заметное сотрясение. Землетрясение ощущается внутри здания многими людьми, под открытым небом – немногими. Кое-где просыпаются, но никто не пугается. Колебания схожи с сотрясением, создаваемым проезжающим тяжелым грузовиком. Дребезжание около дверей, посуды. Скрип стен, полов. Дрожание мебели. Висячие предметы слегка раскачиваются. Жидкость в открытых сосудах слегка колеблется. В стоящих на месте автомашинах толчок заметен.

5 баллов (15-25 раз в 100 лет). Просыпаются почти все спящие, колеблется и частично расплескивается вода в сосудах, могут опрокинуться легкие предметы, разбиться посуда. Здания не повреждаются.

6 баллов (10-15 раз в 100 лет). Многие люди пугаются, колебания мешают ходить. Здания шатаются, сильно раскачиваются подвесные светильники. Падает и бьется посуда, предметы падают с полок. Может сдвигаться мебель. Осыпание побелки, тонкие трещины в штукатурке.

7 баллов (4-6 раз в 100 лет). Сильный испуг, колебания мешают стоять на ногах. Двигается и может упасть мебель. В любых зданиях – трещины в перегородках. Трещины в штукатурке, тонкие трещины в стенах, трещины в швах между блоками и в перегородках, выпадение заделов швов, нередко тонкие трещины в блоках.

8 баллов (1-3 раза в 100 лет). Сбивает с ног. Трещины в грунте на склонах. В любых зданиях – повреждение, иногда частичное разрушение перегородок. Трещины в несущих стенах, обвалы штукатурки, смещение блоков, трещины в блоках.

9 баллов (приблизительно 1 раз в 300 лет). Повсеместно трещины в

грунте. На склонах – оползни грунта. В любых зданиях – обрушение перегородок. Разрушение части несущих стен, повреждение и смещение некоторых панелей.

Рубленные дома из бревен и бруса, как правило, без разрушений переносят 9-балльные толчки.

Типы сейсмических волн.

Сейсмические волны - волны энергии, которые путешествуют по земле или другим упругим телам в результате процесса, производящего низкочастотную акустическую энергию.

Есть два главных типа: объёмные волны и поверхностные волны. Объёмные волны. Они проходят через недра Земли. Путь волн преломляется различной плотностью и жёсткостью подземных пород.

Поверхностные волны. Поверхностные волны несколько похожи на волны воды, но в отличие от них они путешествуют по земной поверхности. Их обычная скорость значительно ниже скорости волн тела. Из-за своей низкой частоты, времени действия и большой амплитуды они являются самыми разрушительными из всех типов сейсмических волн. Они бывают двух типов: волны Рэлея и волны Лява.

15.5. ОЦЕНКА СИЛЫ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ. МАГНИТУДА. ШКАЛА РИХТЕРА

Магнитуда землетрясения - величина, характеризующая энергию, выделившуюся при землетрясении в виде сейсмических волн. Первоначальная шкала магнитуды была предложена американским сейсмологом Чарльзом Рихтером в 1935 году, поэтому в обиходе значение магнитуды называют шкалой Рихтера.

Для оценки и сравнения землетрясений используются шкала магнитуд и шкала интенсивности.

Шкала магнитуд. Шкала магнитуд различает землетрясения по величине магнитуды, которая является относительной энергетической характеристикой землетрясения. Существует несколько магнитуд и соответственно магнитудных шкал: локальная магнитуда (ML); магнитуда, определяемая по поверхностным волнам (Ms); магнитуда, определяемая по объёмным волнам (mb); моментная магнитуда (Mw).

Наиболее популярной шкалой для оценки энергии землетрясений является локальная шкала магнитуд Рихтера. По этой шкале возрастанию магнитуды на единицу соответствует 32-кратное увеличение освобождённой сейсмической энергии. Землетрясение с магнитудой 2 едва ощутимо, тогда как магнитуда 7 отвечает нижней границе разрушительных землетрясений, охватывающих большие территории. Интенсивность землетрясений (не может быть оценена магнитудой) оценивается по тем повреждениям, которые они причиняют в населённых районах.

15.6. ВУЛКАНИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

Явления вулканизма знакомят человека с материей, располагающейся в глубинах земного шара, с ее физическим состоянием и химическим составом. Проявления поверхностного вулканизма происходят не повсеместно, а только на определенных участках земной коры, на стыках тектонических плит, положение и площадь которых изменялись в ходе геологической истории. Магма, внедряясь в земную кору, очень часто не достигает поверхности, а застывает где-то на глубине, образуя при этом глубинные, интрузивные горные породы (гранит, габбро и др.). Явления внедрения магмы в земную кору получили название, глубинного вулканизма, или плутонизма.

Всего на Земле 4000 вулканов, из них порядка 500 действующих. К счастью, на территории РФ всего 28 действующих вулканов, да и те расположены далеко от густонаселенной европейской части, в основном на Камчатке и островах Курильской гряды. Самый большой действующий вулкан в России – Ключевская сопка (4850 м), который извергается регулярно каждые 7-8 лет. Вулкан расположен в 30 км от Петропавловска – Камчатского. В 2009 году произошло извержение другого вулкана – Коряцкого (4550 м), который находится на расстоянии 50 км от Петропавловска – Камчатского.

Самое мощное зарегистрированное извержение произошло в 1883 году, когда взорвался вулкан Кракатау (между Явой и Суматрой). На палубах судов, проходящих мимо вулкана на расстоянии 100-200 км, слой пепла достигал 1,5-2 м, видимость в море не превышала 500 м. Вулканический пепел был поднят в атмосферу на высоту 50-60 км и почти 2 года прикрывал Европу и Азию от прямых солнечных лучей, что привело к среднему охлаждению земной поверхности на 2-3°C, неурожаю и голоду в Германии, Франции и России. В Москве 20-го августа выпал снег, весь урожай зерновых в Поволжье не вызрел и оказался под снегом.

15.7. ИЗМЕНЕНИЕ В СТРОЕНИИ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Тектонические явления — это нарушения природного равновесия в строении земной коры. Причины таких нарушений весьма разнообразны и взаимосвязаны. Они обусловлены главным образом действием геофизических и геологических сил как эндогенного (внутреннего), так и экзогенного (внешнего) происхождения. В последние столетия воздействие человека на поверхностную часть литосферы стало настолько ощутимым, что мы теперь имеем право говорить о появлении тектонических, которые можно назвать антропогенными, т.е. созданными человеком. Иногда нарушения развиваются медленно, в течение десятилетий, реже столетий. Такие процессы распространяются, как правило, на сравнительно большие площади, захватывая десятки и сотни квадратных километров и проникая в

глубь земной коры на сотни метров. Быстрые нарушения длятся дни и месяцы, чаще всего ограничены по площади, проникают вглубь на единицы, десятки а иногда и сотни метров. Можно выделить и основные группы причин, вызывающих антропогенные тектонические изменения в земной коре.

1. Внешние причины обусловлены, как правило, воздействием поверхностных нагрузок, нарушающих природное равновесие в нижележащих земных массах, и чаще всего создаются инженерно-строительной деятельностью.

2. Внутренние причины возникают при изъятии из недр минеральных веществ. При этом также нарушается природное равновесие, главным образом вышележащих масс. Такие причины в основном порождаются горнотехнической деятельностью.

3. Сложные причины представляют собой сочетание внешних и внутренних. В данном случае природное равновесие нарушается наиболее интенсивно. Происходит как бы суммирование искусственно созданных процессов, обусловленных преимущественно механическим воздействием, нарушающим первоначальную структуру сложения горных пород. Иначе говоря, речь идет об изменениях, которые не могли бы возникнуть без вмешательства человека. При более подробном рассмотрении можно выявить элементы не только механического воздействия, но и химического, активно влияющего на ход этих процессов.

Влияние инженерно-строительной деятельности. Эта деятельность человека приводит к созданию преимущественно внешних факторов, постоянных переменных. Они представлены в виде дополнительных нагрузок на земные массы и, как правило, вызывают ограниченные по зоне воздействия нарушения.

Когда возводят здания, плотины и другие сооружения, создают условия для возникновения антропогенных тектонических процессов.

Особенно наглядно подобные процессы проявляются в быстрых нарушениях строения земных масс при гидротехническом строительстве. Во Франции в 1878—1881 гг. в Вогезском департаменте близ города Эпиналя возвели плотину Бузей с целью создания водохранилища вместимостью свыше 7 млн. м³. Вскоре в плотине появились трещины, началась течь. А 27 апреля 1895 г., когда вода находилась на максимальном уровне, произошла катастрофа. Часть плотины длиной 181 м внезапно опрокинулась. Авария стоила жизни многим людям и принесла большие убытки. Под сооружением залегал водопроницаемый трещиноватый песчаник. Он не выдержал искусственно созданной внешней нагрузки. Если бы плотина возводилась с учетом возможных тектонических нарушений и соответствующим их предупреждением, этого бы не произошло.

Итак, наблюдалось изменение напряженного состояния массивов земной коры. Превышение критического предела напряжения приводило к катастрофическим нарушениям типа поверхностных землетрясений. Но это

— явления исключительные. Как правило, внешние постоянные нагрузки приводят к постепенным деформациям поверхностных участков литосферы.

Городское, тем более высотное, строительство создает под зданиями зоны сжатия и сдвига. Глубина зон достигает 2-50 м. Под каждым зданием формируется осадочная воронка. Величина осадков колеблется от 0 до 6 м, чаще всего 0,1—0,3 м. Катастрофические последствия возникают лишь в тех случаях, когда статическая нагрузка превышает сопротивляемость сжатию.

Исследования подтверждают, что не только отдельные сооружения, но и города в целом воздействуют своей массой на поведение верхних участков земной коры. Эти участки периодически опускаются и поднимаются, чаще всего за счет морозного пучения.

Таким образом, постоянные поверхностные нагрузки, создаваемые инженерно-строительной деятельностью, способствуют быстрому изменению строения земных масс верхней части литосферы. При сохранении естественных условий такие нарушения были бы невозможны.

Следует отметить, что эти нагрузки можно рассматривать как постоянные лишь для сооружений, не являющихся промышленными. В большинстве случаев для промышленных объектов характерно присутствие и переменных нагрузок, которые подчас не учитываются. Например, вибрация. Эта разновидность различных по силе и частоте нагрузок создается работой тяжелых механизмов, движущимся транспортом, взрывами и т.д. Вибрации — искусственные землетрясения некатастрофического характера. Они могут быть причиной нарушения строения отдельных участков литосферы.

Динамические нагрузки приводят к опусканию в городах и на промышленных площадках не только малых участков поверхности, но и более крупных зон. Установлено, что вибрации городского транспорта могут проникать на глубину до 70 м. Поэтому в некоторых городах Голландии дома, примыкающие к старым автострадам, наклонены в сторону шоссе.

По данным К. Терцаги и Р. Пека, максимальная осадка возникает при частотах колебаний от 500 до 2500 в минуту.

Все шире при строительстве используют взрывы. Их мощность нарастает. Один из крупнейших неатомных взрывов произошел 5 апреля 1958 г. Между о. Ванкувер и Западной Канадой. Здесь в тоннеле, прорытом в большой подводной скале, заложили 1250 т взрывчатки. Подземные толчки от взрыва были зарегистрированы на расстоянии свыше 1000 км. Это сотрясение земных масс привело к нарушению первоначального строения пород в зоне, размеры которой очень велики. Еще более эффективна по своему воздействию термоядерная взрывная энергия. Мощные подземные атомные взрывы вызывают сейсмические колебания, отмечаемые даже в отдаленных уголках земного шара.

В этой связи следует подчеркнуть, что если для строителей имеет главное значение направленный выброс земной массы с целью создания выемки определенных размеров, то для инженерно-геологического обоснования целесообразности таких мероприятий требуется

соответствующее изучение состава и свойств пород, подлежащих быстрому перемещению.

Таким образом, нарушения в приповерхностной части литосферы в результате инженерно-строительной деятельности по своим причинам и последствиям могут быть многообразными. Они должны стать объектом специального углубленного изучения.

Влияние горнотехнической деятельности. Эта деятельность, затрагивающая непосредственно недра, как правило, связана с более сложными процессами. В природных условиях известным их аналогом являются нарушения, вызванные карстовыми явлениями, суффозиями и т.д., при которых возникают провалы и опускания земной поверхности из-за образования подземных пустот. Деятельность человека, связанная с созданием таких пустот, прежде всего проявляется в отборе из недр полезных ископаемых.

Здесь мы имеем дело либо с искусственно созданными пустотами при подземной выемке твердых полезных ископаемых, либо с последствиями удаления жидких или газообразных наполнителей из пустот, ранее существовавших в земной коре.

Отмечены и катастрофические нарушения. Они наблюдались в гавани Лонг-Бич близ Сан-Франциско (Калифорния) на третьей по величине нефтяной структуре США — Уилмингтон. К 1957 г. Поверхность района опустилась почти на 8 м. Возникло своеобразное эллиптическое прогибание площади с осями длиной 10 и 65 км. Разрушились здания, мосты, дороги и промышленные сооружения. Ущерб превысил 100 млн. дол.

Скорость оседания соответствовала темпам добычи нефти, давление в эксплуатируемых скважинах снизилось со 150 до 15—22 кгс/см². Подземные воды тут получали с глубины 550 м и меньше, поэтому считалось, что в данном случае откачка вод не оказывала столь существенного влияния на оседание поверхности. Хотя прибрежный район Калифорнии является зоной современных движений земной коры, однако в последнее время не было зафиксировано усиление тектонических движений, обусловленных природными факторами. Причина, безусловно, заключена в хозяйственной деятельности человека.

Этот пример, в котором не учитывалась возможность суммарного воздействия на поверхностную часть Земли, нарушений, вызванных человеком и одновременно стихийными геологическими силами.

При усиленном отборе жидких и газообразных полезных ископаемых одной из главных проблем является поддержание первоначального давления в пластах. Оно способствует максимальному извлечению необходимых минеральных веществ и сохранению стабильного состояния определенных участков земной коры.

В результате искусственного освобождения пустот при эксплуатации подземных вод, жидких и газообразных полезных ископаемых, залегающих, как правило, в осадочных породах, процессы изменения внутрислового

давления влекут за собой цепную реакцию других нарушений: изменяется термический, газовый и геохимический режим в верхней части литосферы.

Установлено, что понижение пьезометрического уровня подземных вод на каждые 10 м водоносной толщи увеличивает нагрузку вышележащих пород в среднем на 1 кгс/см².

Наиболее прочны скальные породы. Они практически не сжимаются. Глинистые образования, илы, сапропели, торфы дают большие осадки. Их степень уплотнения зависит от многих факторов: возраста, происхождения, влажности и т.д. Там, где залегают подобные породы, и отмечены наиболее заметные оседания поверхности — тектонические нарушения, связанные с хозяйственной деятельностью человека.

Совместное влияние инженерно-строительной и горнотехнической деятельности. Человек воздействует на приповерхностную часть литосферы чаще всего двусторонне. Там, где он занимается инженерно-строительной деятельностью, нередко эксплуатируются и недра. Особенно это характерно для горнорудных районов. Подработка застроенных территорий заставляет подчас переносить поселки, а иногда и города на новые места или ставить вопрос о прекращении добычи полезного ископаемого.

Приповерхностные участки на территории таких крупных поселений могут деформироваться вследствие ряда причин. Это добыча строительных полезных ископаемых и возведение подземных сооружений, понижение уровня грунтовых вод при водоснабжении, сжатие и разрыхление земных масс под влиянием осушения и увлажнения или разложения органических веществ, количество которых все время возрастает в так называемых культурных отложениях.

Большинство подобных причин приводит к опусканию застроенных территорий. Положение усугубляется тем, что деформации происходят не одновременно. По степени воздействия можно выделить основные причины нарушений.

1. Понижение уровня безнапорных и напорных водоносных горизонтов в районах городов. Радиус распространения осадков здесь достигает тысяч метров. Возникшие локальные опускания имеют тенденцию к слиянию и переходу в региональные, так как водопотребление постоянно увеличивается.

2. Строительство подземных сооружений, в частности метрополитена. В данном случае опускается узкая полоса территории шириной несколько сотен метров.

3. Действие статических и динамических нагрузок. Под действием веса сооружения образуются осадочные воронки, которые распространяются за пределы зданий на десятки метров. Динамические нагрузки от транспорта распространяются вдоль дорог. На небольших участках сказывается действие вибрационных и других ударных механизмов.

4. Изменение режима влажности пород и разложение органических веществ в зоне аэрации.

Таким образом, речь идет о комплексном сочетании горнотехнических (внутренних) и инженерно-строительных (внешних) причин.

Гидрогеологические исследования в Лондоне показали, что длительное искусственное понижение подземных вод и создание депрессионных воронок в зонах откачки привели к возникновению новых процессов. Изменились гидродинамический, химический и температурный режимы водоносных горизонтов, переместились области питания, стока и разгрузки вод. Это в свою очередь привело к тому, что реки на отдельных участках из естественной дренажной системы превратились в источники питания подземных вод. В окрестностях Большого Лондона отмечено исчезновение родников и мелких ручьев. Ухудшилось и качество пресной воды, из эстуария начали поступать солоноватые морские воды. Так изменялась гидрогеологическая обстановка. Наряду с этим преобразовывались осадочные породы. Происходил процесс их осушения и уплотнения.

Следует отметить, что в отличие от Москвы и Лондона в ряде крупнейших городов мира тектонические движения земной поверхности, вызванные усиленным водоотбором, уже теперь приводят к катастрофическим последствиям, требующим принятия неотложных мер. Венеция возникла в лагуне, состоящей из 117 мелких островов. 15 тысяч домов города поставлены на миллионы свай длиной от 3 до 10 м. Сваи в илистое или песчаное дно. Венеция соединена с суши почти четырехкилометровой дамбой. Казалось бы, со временем благодаря наносам с суши и уменьшению процессов размыва здесь будут накапливаться минеральные отложения. Иначе говоря, Венеция должна превращаться в сухопутное поселение. Однако каждое столетие она опускается примерно на 20 см в море. Когда-то вход в гавань охраняла крепость Св. Андрея. В 1950 г. Знаменитое творение зодчего Санмикели обрушилось. Относительно будущего этого уникального города пока преобладают пессимистические прогнозы.

С давних времен Япония усиленно потребляет подземные воды. Их откачка привела к уплотнению массивов пород, сложенных осадочными образованиями. Теперь часть Токио располагается ниже уровня моря. Оседание отмечено на площади в несколько сотен квадратных километров. В отдельных местах поверхность ежегодно опускается на 18-20 см. За полстолетия город опустился почти на 3,5 м, притом наиболее быстрые опускания происходили в последнее время. Любопытен и такой факт. К концу второй мировой войны многие скважины в Токио не работали, и оседание поверхности прекратилось. Это свидетельствует о том, что тектонические нарушения здесь, безусловно, связаны с хозяйственной деятельностью человека.

В последние десятилетия проблемы городского строительства и охраны окружающей среды поставили на повестку дня задачу хозяйственного освоения недр под промышленными и культурными центрами. Тысячи километров подземных дорог сооружены под большими городами. Все это

требует продуманного изучения и прогнозирования тех изменений, которые могут возникнуть в результате развития работ, сочетающих в себе инженерно-геологические и горнотехнические аспекты.

По данным вопросам, относящимся к горной геомеханике, имеется достаточно обширная литература, которая может быть весьма полезной, в частности при теоретических и прогнозных разработках и в целом для комплексного рассмотрения проблем, связанных с влиянием деятельности человека на строение приповерхностных участков литосферы.

В горном деле, например, используют два основных вида защитных мероприятий: горные и конструктивные. Наиболее эффективными считаются горные мероприятия, так как они предусматривают частичное или почти полное сохранение ранее существовавших природных условий в породах, залегающих над подземными выработками. В настоящее время к числу таких общепризнанных мер относят закладку отработанных участков материалом, дающим наименьшую усадку

Применительно к постановке проблемы в целом следует лишь обратить внимание на то, что при закладке нередко используются искусственно созданные смеси и естественные массы, которые без человеческой деятельности не могли бы проявиться в недрах.

Таким образом, мы должны учитывать, что инженерно-строительная и горнотехническая деятельность вызывает изменения не только в строении горных масс, но и в их составе.

Геоморфологические процессы на равнинах и в горах. Рельеф поверхности Земли представляет собой комплекс форм, которые имеют определенное геологическое строение и подвержены постоянному воздействию атмосферы, гидросферы и внутренних сил Земли. Поэтому изучение рельефа невозможно без знания процессов, воздействующих на рельеф и имеющих своей причиной подвижность и непостоянство физических состояний земной коры, газообразной и водной оболочек Земли. Сам рельеф Земли, представляющий совокупность поверхностей то почти горизонтальных, то имеющих значительные уклоны, влияет на ход геоморфологических процессов. Так, в горах и на низменных равнинах эти процессы протекают по-разному.

16. ОСОБЕННОСТИ РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ

Рельеф (от лат. *gavelo* - поднимаю, что означает что-либо выпуклое, неровность) - совокупность неровностей земной поверхности. Физически это поверхность литосферы, обладающая определённой геометрией - углами наклона, высотой и др.

Рельеф Земли подразделяют по размерам на планетарные формы рельефа, мегаформы, макроформы, мезоформы и микроформы.

Планетарные формы рельефа занимают площади сотни тысяч и миллионы квадратных километров. Поскольку вся площадь земного шара

составляет примерно 510 млн. км², то очевидно, что количество планетарных форм не так велико. К таким формам рельефа относятся:

Материки – крупнейшие положительные формы рельефа Земли. Большая их часть представляет собой сушу, хотя некоторая часть участвует в строении дна Мирового океана. Материки сложены корой материкового типа, и это является их важнейшей особенностью.

Геосинклинальные пояса – расположены на границе между материками и океанами, хотя не везде. Так на большей части окраин Атлантического, Индийского и Северного Ледовитого океанов материки непосредственно контактируют с ложем океана.

Ложе Мирового океана – основная часть дна Мирового океана, лежащая на глубинах более 3 км и характеризующаяся распространением коры океанического типа.

Срединно-океанические хребты – крупнейшая горная система, которая проходит через все океаны и существенно отличается строением слагающих их отложений (рисунок 32).

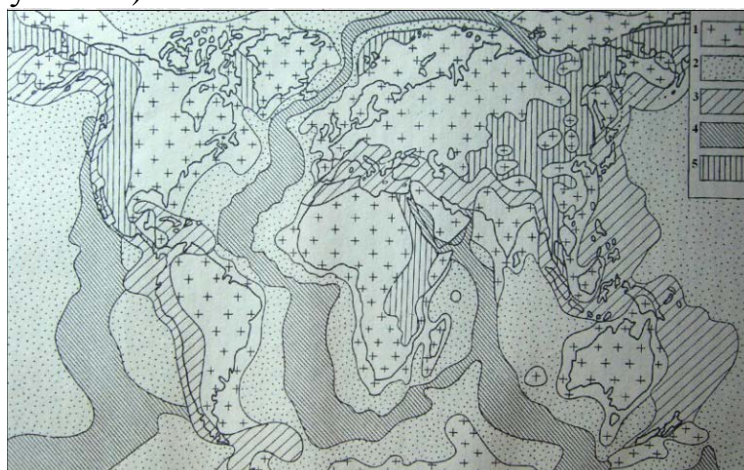


Рисунок 32 – Планетарные формы рельефа

1 – материковые платформы, 2 – ложе океана, 3 – геосинклинальные пояса, 4 – срединно-океанические хребты, 5 – зоны распространения рифтогенеза на материковых платформах.

Мегаформы занимают площади порядка 100 или 10 тыс. км². К ним относятся горные пояса, равнинные страны в пределах материков, крупные впадины и поднятия в пределах ложа океана, разломы планетарного масштаба. Примерами таких форм являются впадины Мексиканского залива и Карибского моря, горные сооружения Кавказа и Альп, Западно-Сибирская равнина и Средне-Сибирское плоскогорье.

Макроформы – составные части мегаформ. Площади, которые они занимают – сотни и тысячи и, гораздо реже, десятки тысяч км². К макроформам относятся отдельные хребты или отдельные межгорные впадины в пределах какой-либо горной страны (Чуйская, Катуйская впадины в Алтае).

Мезоформы – самые распространенные формы рельефа. Они измеряются квадратными километрами или десятками квадратных километров. Примерами могут служить овраги, балки, долины ручьев, барханные гряды, моренные гряды.

Микроформы – мелкие формы рельефа с колебаниями высот в несколько метров и меньше (степные блюдца, карстовые воронки, бугры пучения и т.п.).

Ведущая роль формирования мега-, макро- и планетарных форм рельефа относится к эндогенным факторам. Мезо- и микроформы формируются под действием экзогенных процессов. Планетарные, мега- и макроформы рельефа различаются не только размером площадей, которые они занимают, но и гипсометрией, или батиметрией.

Классификация рельефа по размерам не имеет точных критериев и основана на сравнении. Существует и другая – генетическая – классификация, в которой формы рельефа выделяются по преобладающим процессам рельефообразования, т.е. по происхождению. Выделяют внутренние (эндогенные) и внешние (экзогенные) процессы, в результате которых формируется рельеф.

К эндогенным рельефообразующим процессам относят выделение земной коры из мантии и образование разных ее типов – континентального и океанического. Эндогенные процессы появляются в движениях литосферы, образовании складок, возникновении разломов, явлениях землетрясений и вулканизма.

Экзогенные процессы связаны главным образом с поступлением на Землю солнечной энергии, но совершаются они при постоянном и повсеместном воздействии силы тяжести. К экзогенным процессам относятся процессы выветривания, разрушения, переноса и отложения наносов движущейся водой.

В зависимости от происхождения в рельефе выделяют геотектуры, морфоструктуры и морфоскульптуры. Геотектура создается внутренними, охватывающими всю планету и пока недостаточно изученными силами общепланетарного (космического) масштаба, взаимодействующими со всеми другими факторами образования рельефа. Основными элементами геотектуры являются материки и впадины океанов. К элементам геотектуры второго порядка относятся горные сооружения складчатых поясов, равнинные области платформ, срединные океанические хребты и т.д.

Морфоструктуру можно рассматривать как выраженную в рельефе геологическую структуру. Ее формирование нельзя объяснить только внутренними процессами; это результат совместного действия процессов внутренних и внешних при ведущей роли первых. Элементы морфоструктуры осложняют поверхность геотектуры. К ним относятся такие крупные формы рельефа, как горные хребты, межгорные впадины, а также значительно более мелкие формы, например, отдельные горы, поднятия,

понижения, соответствующие изгибам пластов осадочных пород на платформах.

Морфоскульптура создается экзогенными процессами. Она как бы накладывается на морфоструктуру. Примером могут служить гряды ледниковых отложений, барханы, овраги, речные террасы и т.д.

Таким образом, крупные равнины и горы являются элементами геотектуры второго порядка, а более мелкие – элементами морфоструктуры.

16.1. МОРФОЛОГИЯ РАВНИН

Рельеф равнин не очень разнообразен. Это объясняется однородность геологического строения платформенных участков континентальной коры и малой их подвижностью. Значительная приподнятость некоторых платформенных равнин (например, в Восточной Сибири и Северной Америке), обуславливающая большую глубину их эрозионного расчленения, - результат неотектонических движений.

Платформенные равнины занимают больше половины всей площади суши. Больше 80% всех равнин первично ровные пластовые и аккумулятивные. Аккумулятивные равнины низкие и по общей площади значительно уступают пластовым равнинам. Денудационные – обычно возвышенные, с неровной поверхностью, в рельефе которой отражается неодинаковая стойкость пород к разрушению.

Поверхность равнин в общем может быть горизонтальной, наклонной, выпуклой, вогнутой; общий характер ее рельефа разнообразен: плоский, холмистый, волнистый, ступенчатый и т.д.

Равнинами называют пространства, большей частью значительные по площади, на которых колебания высот очень малы. В геологическом отношении равнины соответствуют платформам. Равнины, лежащие на небольшой высоте над уровнем моря (до 200 м абсолютной высоты), принято называть низменностями, высоко расположенные – плоскими возвышенностями или плато. Примерами плато могут служить Устюрт, плато Колорадо в Северной Америке и др.

Равнины – это понятие чисто морфографическое, и с генетической точки зрения они могут быть очень разнообразными. Итак, выделяют следующие генетические типы равнин:

Первичные равнины, или равнины морской аккумуляции - наиболее обширные по площади, формируются в результате морской аккумуляции при временном затоплении платформенных областей трансгрессиями неглубоких эпиконтинентальных морей с последующим превращением их в сушу при колебательном движении положительного знака. Они представляют обнажившееся из-под воды морское дно, покрытое осадочными морскими отложениями, обычно уже одевшееся плащом элювия или каких-либо других континентальных образований — ледниковых, флювиальных, эоловых, нередко определяющих собой вторичный микро- и мезорельеф этих равнин.

Примерами равнин морской аккумуляции могут служить равнины европейской части бывшего СССР, Западно-Сибирская равнина, Прикаспийская низменность.

Аллювиальные равнины образуются в результате аккумулятивной деятельности рек и сложены с поверхности слоистыми речными наносами. Толща последних в одних случаях может достигать весьма значительной мощности – в несколько десятков и даже сотен метров (низовья р. Ганга, долина р. По, Венгерская низменность), в других — образует лишь тонкую настилку поверх размытых коренных пород. Первое имеет место в дельтах рек и в областях тектонического опускания, захватывающего части речных бассейнов, второе — в нормальных поймах зрелых речных долин. К аллювиальным равнинам относятся Куро-Араксинская, Верхне-Рейнская и др. равнины.

Флювиогляциальные равнины. Перенос, сортировку и переотложение твердого обломочного материала на значительные пространства могут производить также талые воды ледников, вытекающие из-под их концов или краев. Эти воды обычно не имеют вблизи их выхода характера регулярных постоянных водотоков, изменяя часто место выхода из-под льда свою водоносность и направление течения. Они бывают перегружены перемытым обломочным материалом морен, производят его сортировку по величине, перенос и отложение, широко распределяя его при своем блуждании перед фронтом ледника. В качестве примеров можно привести Мюнхенскую и другие равнины у северной подошвы Альп, Прикубанскую, Кабардинскую, Чеченскую равнины у северной подошвы Большого Кавказа.

Озерные равнины представляют плоские днища бывших озер, осушившихся или вследствие спуска вытекающими из них реками, или вследствие исчезновения плотины, или благодаря заполнению их ванн наносами. По своим окраинам такие озерные равнины часто оконтурены древними береговыми линиями, выраженными в виде невысоких абразионных уступов, береговых валов, береговых дюнных гряд или озерных террас, свидетельствующих о стояниях бывшего уровня озера. В большинстве случаев равнины озерного происхождения бывают незначительной величины и сильно уступают по размерам первым трем типам. Примером одной из наиболее обширных озерных равнин может служить равнина четвертичного приледникового озера Агассиза в Северной Америке. Также к озерным относятся равнины Турайгыр-кобо, Джаланаш и Кеген в Казахстане.

Остаточные или предельные равнины. Под этими названиями подразумеваются пространства, имевшие первоначально большую абсолютную высоту и резко выраженный рельеф, представлявшие, возможно, некогда даже горную страну, которые приобрели равнинный характер лишь в результате длительного воздействия экзогенных факторов деструкции и сноса. Эти равнины находятся, следовательно, в заключительной стадии нисходящего развития горной страны, при

допущении продолжительного состояния относительного тектонического покоя, что осуществляется, по-видимому, редко. В качестве примера предельной равнины, уже несколько измененной последующими процессами, можно привести протягивающуюся вдоль восточной подошвы Аппалачских гор Северной Америки наклонную равнину, полого опускающуюся к востоку.

Вулканические нагорные плато. Возникают в тех случаях, когда по трещинам земной коры изливаются на поверхность огромные массы преимущественно основной лавы. Растекаясь благодаря своей большой подвижности на обширные пространства, лава заполняет и погребает под собой все неровности первичного рельефа и образует огромные по площади лавовые плато. Примерами могут служить Колумбийское базальтовое плато Северной Америки, трапповое плато северо-западного Декана, некоторые части Закавказского нагорья.

Геоморфологические (рельефообразующие) процессы – это процессы, под воздействием которых формируется или развивается рельеф земной поверхности. К основным геоморфологическим процессам на равнинах относятся флювиальные, гляциальные, эоловые процессы.

Поверхностные текущие воды – один из важнейших факторов преобразования рельефа Земли. Совокупность геоморфологических процессов, осуществляемых текущими водами, получила наименование флювиальных. Водотоки производят разрушительную работу – эрозию, перенос материала и его аккумуляцию и создают выработанные (эрозионные) и аккумулятивные формы рельефа. Те и другие тесным образом связаны друг с другом, так как то, что было унесено водой в одном месте, откладывается где-либо в другом. Эрозионная работа - сложный процесс и складывается он из ряда частных процессов:

из уноса водой обломочного материала горных пород, поступающего в русло с выветривающихся крутых склонов долины;

из шлифовки или выскабливания (корразии) дна русла влекомым по нему твердым материалом (песок, галька, валуны);

из растворения водой некоторых горных пород (известняки, доломиты, гипс), обнажающихся в русле.

Общей особенностью эрозионной работы водотоков является ее избирательный, селективный характер. Вода при выработке русла как бы выявляет наиболее податливые для врезания участки, приспособившись к выходам более легко размываемых пород. Там, где кинетическая энергия («живая сила») текущей воды резко падает благодаря уменьшению уклона или расхода воды, избыток переносимого твердого материала откладывается в русле водотока или на ровной горизонтальной поверхности, на которую река выходит из гор: происходит отложение наносов, или аккумуляция. Помимо речных долин под действием эрозии формируются овраги и балки (эрозионные формы, созданные непостоянными водотоками и образующие часто сложно-разветвленные системы).

В качестве примеров равнин, на которых одними из главных геоморфологических процессов являются флювиальные, можно привести такие, как Русская равнина, равнина Ориноко, Миссисипская низменность

Гляциальные рельефообразующие процессы обусловлены деятельностью льда. Обязательным условием для развития таких процессов является оледенение, т.е. длительное существование масс льда в пределах данного участка земной поверхности. В течение геологической истории Земли не раз возникали условия, при которых формировались крупнейшие покровы материковых льдов, распространявшиеся на многие миллионы квадратных километров.

Ледник производит денудационную, транспортирующую и аккумулятивную работы. Разрушение горных пород называют экзарацией. На равнинах преобладает ледниковая аккумуляция. Несомый ледником материал аккумулируется там, где преобладает абляция (расход льда через таяние и испарение). Этот материал накапливается у края ледника в виде гряды, повторяющей в плане очертания края. Гряда обычно изогнута в виде подковы и называется конечной мореной. При интенсивном таянии и отступании ледника образуется несколько конечных морен. В результате таяния ледника из-под льда обнажается донная морена, сформировавшаяся на контакте ледника и коренного ложа, на нее проектируются боковая (обломки на боковых краях ледника) и срединная морены. Возникает мощный покров обломочных отложений, получивший название основной морены.

Ледниковый рельеф характерен для Северо-Германской и Польской равнин, Лаврентийского плоскогорья в Северной Америке, Русской равнины.

Эоловые процессы связаны с воздействием ветра на рельеф. Ветер захватывает, отрывает от поверхности и переносит несвязанные частицы почвогрунта. Этот процесс называется дефляцией (развевание, выдувание). Несколько меньшую денудационную роль играет выбивание слабо скрепленных частиц и разрушение горных пород за счет динамических ударов воздушного потока вместе с движущимися в этом потоке твердыми частицами – эоловая коррозия.

Ветер приводит частицы в движение, которое происходит путем перекачивания, скачками (сальтационно) и во взвешенном состоянии. Деструктивная работа ветра весьма значительна. Под воздействием эоловых процессов происходит:

практически полный эоловый снос пыли с каменистых плакорных участков;

шлифование ветропесчаным потоком скал, щебня и гальки;

выработка многообразных форм эолового рельефа – каменные соты, впадины, останцы, гряды выдувания.

При ослаблении скорости ветровых струй у препятствий происходит эоловая аккумуляция. Эоловые осадки делят на пыль и песок. Выделяют крупный обломочный материал, обработанный ветром, но не подвергшийся

транспортировке – коррадированные и отшлифованные ветром глыбы, щебень, галька.

В результате оседания эоловой пыли на земной поверхности постепенно образуется слой пылеватых отложений значительной мощности. Основная масса пыли отлагается во время пыльных бурь (таблица 15).

Рельефообразующая роль аккумуляции эоловой пыли проявляется в основном в сглаживании (засыпании) первичных неровностей.

Таблица 15 – Количество пыли, осевшей во время различных пылевых бурь [6]

Область	Год	Количество выпавшей пыли, т
Швеция	1892	500000
Северная Африка	1901	150000000
Англия	1903	10000000
Висконсин, США	1918	1000000
Новая Зеландия	1928	100000
Канзас, США	1933	131000
Северо-Западная Африка	1974	400000
Арктика	1976	500000

Эоловые пески формируются, как правило, за счет перевевания отложений аллювиального, дельтового, пролювиального, морского, озерного, флювиогляциального генезиса. Формы песчаного рельефа весьма разнообразны. Их можно объединить в 4 основных класса:

Барханы, барханные цепи, дюны – это седловидные (полумесяцеобразные) формы, они асимметричны, имеют пологие наветренные и крутые подветренные склоны, ориентированные поперек к господствующему направлению активных ветров (рисунок 33).

Линейные гряды с двумя симметричными склонами осыпания, гряды протяженные, часто ветвящиеся и извилистые. Эти формы ориентированы продольно к господствующему направлению активных ветров.

Пирамидальные (звездообразные) и куполовидные (сводовые) дюны. Эти формы радиально симметричны без ясно выраженной связи с направлением господствующих ветров.

Сложные группы форм с образованиями разной симметрии и ориентированности по отношению к господствующим ветрам.

Эоловые формы рельефа встречаются на песчаных равнинах Средней Азии. На Русской равнине есть только одна крупная песчаная пустыня с эоловыми формами. Это Рын-Пески в Прикаспии между Волгой и Уралом.

Кроме вышеперечисленных процессов встречаются и такие, как карстовые и суффозионные процессы.

Карстовый процесс – это своеобразная разновидность денудации, которая характеризуется выносом вещества в виде раствора. Карстовый

процесс включает в себя взаимодействие воды с горной породой, миграцию и аккумуляцию растворенных веществ. Наиболее важными условиями карстообразования являются: наличие горных пород и минералов, поддающихся растворению и выщелачиванию (известняк, доломит, мел, мергель и др.), наличие проточных вод, существование зон дренажа, в т.ч. и трещин, обуславливающих горизонтальную и вертикальную циркуляцию вод. Карст развит на Приволжской возвышенности, в Крыму, на полуострове Флорида.

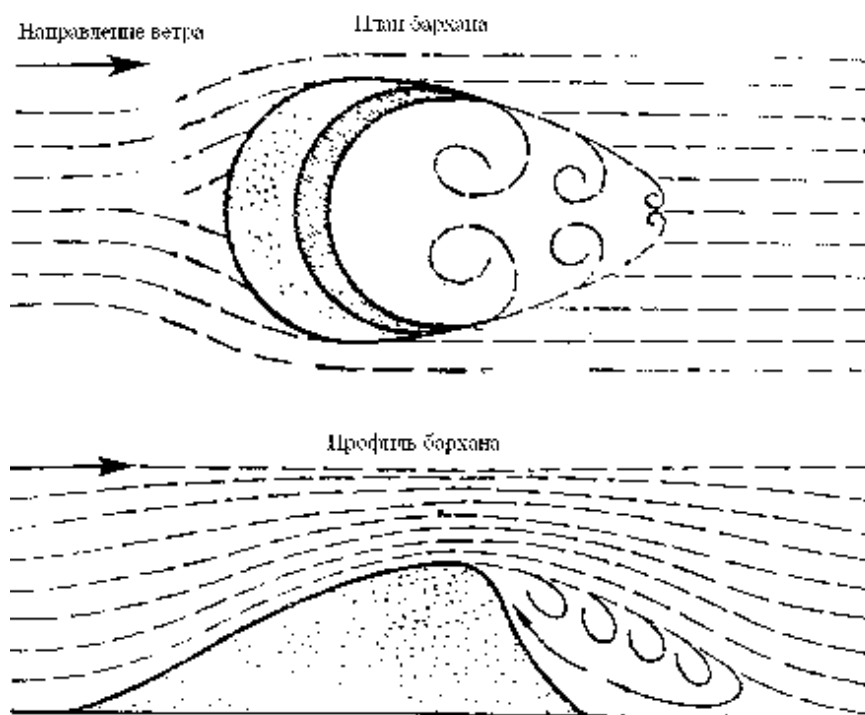


Рисунок 33 – Образование бархана

Суффозия – процесс выноса грунтовыми водами мельчайших частиц породы и растворенных веществ. Следствием ее являются вторичные изменения и перераспределения гранулометрического состава пород, образование «промытых» путей движения вод. Суффозия в природе развивается:

в лессовых породах, занимающих обширные пространства лесной, лесостепной, степной зон;

в тонко-мелкозернистых песках – Поволжье, Западная Сибирь;

в глинистых нарушенных отложениях – северные берега Аральского моря.

Суффозия в карбонатных или засоленных глинах и суглинках ведет к образованию просадочных впадин – так называемых блюдец. В сильно карбонатных суглинках и глинах при условии хорошо развитой трещиноватости образуются глубокие подземные ходы и провалы, очень напоминающие настоящий карст.

16.2. МОРФОЛОГИЯ ГОРНЫХ СТРАН

Самые высокие горы на Земле – это горы складчатые или возрожденные. Многие горы образовались как средневысотные или даже низкие. Высота поднимающихся гор зависит от интенсивности процессов горообразования. Постепенно разрушаясь под действием экзогенных процессов, горы понижаются, причем, чем выше они, тем интенсивнее разрушение. Если не происходит новых поднятий, высокие горы превращаются в средневысотные, а средневысотные – в низкие, а затем на месте гор возникает денудационная равнина.

Под горными странами подразумеваются более или менее обширные зоны земной поверхности со складчатой структурой земной коры, высоко поднятые над уровнем океана и над прилегающими равнинными пространствами и отличающиеся значительными и резкими колебаниями высот. Они могут протягиваться на многие сотни и тысячи километров, почти прямолинейно или в виде огромных дуг, достигая в высоту нескольких километров. Горы состоят из множества положительных и отрицательных форм рельефа, имеющих единое основание (цоколь гор), возвышающееся над прилегающими равнинами.

Горы зарождаются в орогенно-геосинклинальных высокоподвижных зонах земной коры, иначе в геосинклинальных (складчатых) поясах (геосинклинали – подвижные зоны литосферы, которым свойственны вертикальные колебательные движения большой амплитуды и скорости), которые протягиваются внутри континентов и по их окраинам. В первом случае они располагаются между древними континентальными платформами, во втором – между платформами и ложем океана. На ранних этапах развития этих зон (геосинклинальная стадия) происходят прогибание и накопление мощных толщ осадочных, осадочно-вулканогенных и магматических горных пород. Развиваются и складчатые деформации. Далее наступает перелом в развитии геосинклинали, выражающийся в переходе к общему воздыманию зоны, которая вступает в орогенный этап, т.е. этап горообразования. С этим этапом совпадают наиболее интенсивные процессы складкообразования и формирования надвигов, метаморфизация горных пород, рудообразование. Геосинклинальные прогибы превращаются в складчатые (складчато-блоковые, складчато-покровные) горные сооружения. Образуются межгорные прогибы, а на границе с платформой – краевые прогибы. Прогибы заполняются продуктами разрушения растущих гор.

Процесс образования гор в результате развития геосинклиналей и формирования складчатых структур происходил в разные геологические периоды. Наиболее древние орогенические процессы происходили еще в архейское время, охватив огромные пространства современных материков. На материке Евразии области архейской складчатости занимают пространства между Енисеем и Леной и большую северную часть Европы. Но к нынешним горам, сформировавшимся по той схеме, которая приведена,

относятся лишь сравнительно молодые, кайнозойские, горные поднятия. Более древние были давно сnivelированы денудационными процессами и затем снова приподняты в виде сводов и блоков новейшими тектоническими движениями. Сводовые и блоковые, а чаще всего сводово-блоковые поднятия привели к образованию возрожденных гор. Они так же широко распространены, как и горы, образованные молодой, кайнозойской, складчатостью.

Рельеф всех гор Земли – результат новейших тектонических поднятий – неотектоники. Происхождение тектонических структур и рельефа гор объясняется теорией глобальной тектоники плит или концепцией глобальных литосферных плит. Суть этой концепции заключается в представлении о горизонтальном передвижении гигантских плит толщиной 10-80 км под океанами и до 200-300 км в области континентов со скоростью нескольких сантиметров в год. Плиты перемещаются относительно друг друга под действием конвективных течений в нижележащей земной оболочке – мантии. По линиям раздвижения плит на дне океанов возникают разломы – рифты. В них происходят вулканические излияния, которые наращивают новую океаническую литосферу, образуя срединно-океанические хребты. При движении океанической плиты к континентальной, приводящем к образованию глубоководных желобов, первая плита пододвигается под вторую и опускается на глубину до 700 км (явление так называемой субдукции), преобразуясь в глубинное вещество мантии. Пододвигание одной плиты под другую вызывает землетрясения и характерный для окраин континентов и островных дуг андезитовый вулканизм. Столкновение континентальных плит приводит к закрытию геосинклиналей и поднятию гигантских горных систем.

Для большинства горных систем характерны приподнятые на определенную высоту древние поверхности выравнивания, в разной степени наклоненные и расчлененные. Они служат важными признаками для расшифровки истории формирования рельефа горных стран. Образование поверхностей выравнивания – следствие неравномерности неотектонического поднятия. Каждая поверхность связана с остановкой в поднятии или его относительным замедлением, когда денудация берет верх над поднятием и успевают выработаться зрелые формы рельефа (широкие днища долин и т.п.) или полностью сnivelироваться отдельные части горной системы. Число поверхностей выравнивания и их сохранность зависят от интенсивности горообразовательных движений.

Горные ландшафты отличаются от равнинных, как правило, большей динамичностью. Характерная для них интенсивность русловых, склоновых эрозионно-денудационных и гравитационных процессов в основном обусловлена двумя причинами. Первая причина заключается в том, что в горах в процессе тектонических поднятий (иногда - вулканических извержений) накоплены огромные запасы потенциальной энергии тяготения, которые расходуются при денудации и развитии горных ландшафтов. Этот

эндогенный элемент в экзогенных процессах служит источником энергии всех гравитационных движений (осыпи, обвалы, оползни). Действие силы тяжести проявляется также совместно с транспортировкой обломков горных пород текущей водой: они перемещаются по крутому уклону ложа в горном потоке как под давлением водяной струи, так и под действием собственного веса, что наблюдается также и при прохождении селей. Потенциальная энергия тяготения эндогенного происхождения - важнейший энергетический источник развития горных ландшафтов.

Вторая причина интенсивности изменений ландшафтов в горах — незавершенность круговорота воды в атмосфере, не достигающего начального высотного уровня. Испаряясь, вода поднимается от океанов, морей и низменностей и выпадает в виде жидких и твердых осадков. При этом в горах вода соприкасается с земной поверхностью на больших абсолютных высотах, недоизрасходовав значительную часть потенциальной энергии тяготения, накопленной в процессе поднятия за счет лучистой энергии Солнца (т.е. в этом случае за счет экзогенного энергетического источника). Часть этой энергии на какой-то срок консервируется в вечных снегах, фирновых полях и ледниках высокогорий, другая же часть сразу после дождей расходуется при эрозионных, селевых и других процессах.

Процессы выветривания (выветривание – совокупность процессов разрушения и химического изменения горных пород в условиях земной поверхности или вблизи ее под воздействием климатических условий, воздуха воды, организмов) развиваются по-разному в зависимости от расположения гор в разных широтных географических поясах и долготных секторах и дифференцированно по высотным зонам. Горы получают больше лучистой энергии от Солнца по сравнению с низменными равнинами тех же широт, что ведет к сильному нагреву земной поверхности, которая большей частью скалиста. Наряду с этим верхние части гор быстрее теряют тепло путем ночного излучения в атмосферу. Суточные колебания температуры приводят к интенсивному физическому (инсоляционному) выветриванию, особенно в условиях континентального климата. В высокогорье к нему присоединяется морозное выветривание вследствие замерзания воды атмосферных осадков, тающих снегов и ледников. Тонкие частицы продуктов выветривания смываются со склонов дождевыми и тальными снеговыми водами. Поэтому в коре выветривания склонов, там, где склоны ею покрыты, преобладает грубый обломочный материал — щебень, глыбы породы. В лесной зоне гор умеренного пояса интенсивнее процессы химического выветривания, которые становятся главенствующими в горных лесах влажных субтропиков и особенно тропиков. Они приводят к формированию глинистой коры выветривания.

Скорость выветривания зависит не только от горных пород, но и от климата. В тропическом гумидном климате скорость, как правило, более высокая. В условиях полярного климата выветривание происходит

значительно медленнее. В таблице 16 представлена попытка выявления такого рода зависимости для отдельных горных регионов.

Таблица 16 – Скорость выветривания магматических и метаморфических пород в различных условиях [6]

Порода и область	Время (тыс. лет), необходимое для преобразования пород в:	
	каолинит	гиббсит
Гранит, Норвегия	85	225
Гранит, Франция	41	100
Амфиболит, Франция	68 40	110 60
Базальт, о-в Мадагаскар		

Грунты северных гор, высокоширотных гор южного полушария, а также пригребневых частей многих гор умеренного, субтропического и даже тропического поясов (Тянь-Шань, Памир, Алтай, Саяны, Кавказ, Альпы, Тибет и другие горы Центральной Азии, Скалистые горы Северной Америки, Анды Южной Америки и т. д.) скованы вечной мерзлотой, слой которой оттаивает сверху летом. Вечная мерзлота возникает, когда глубина осенне-зимнего промерзания грунта превосходит толщину слоя весенне-летнего оттаивания. В условиях вечной мерзлоты в горах особенно широко распространены криогенные рельефообразующие процессы и формы рельефа — солифлюкционные формы, каменные глетчеры, сложенные ледово-каменным материалом, термокарстовые просадки, формы морозного пучения, структурные грунты.

Солифлюкция, т. е. вязкопластичное течение промоченных водой тонкодисперсных: («мелкоземистых») грунтов и почв склонов, не обязательно связана с мерзлотой, но в горах северных и средних широт вечная мерзлота создает особенно благоприятные условия для развития этого процесса. В высокогорье талые воды снежников пропитывают рыхлые продукты выветривания и способствуют развитию солифлюкционных процессов. Эти процессы широко развиты в северных горах, в том числе в нижнем ярусе арктических гор (Земля Франца-Иосифа и др.), где под их действием формируется рельеф приледниковой зоны. В горах Севера, как и в высокогорье, интенсивно идет морозное выветривание.

Во всех горах очень широко распространены гравитационные процессы – осыпи, которые образуют конусы и шлейфы, перекрывающие нижние части склонов, горные обвалы (рисунок 34), иногда катастрофического характера, оползни, повреждающие и разрушающие строения, дороги и пр.

Большие обвалы и оползни часто возникают во время сильных землетрясений. Обвалы преграждают течение рек, образуя подпрудные

водоемы. Прорыв этих естественных запруд вызывает катастрофические наводнения.

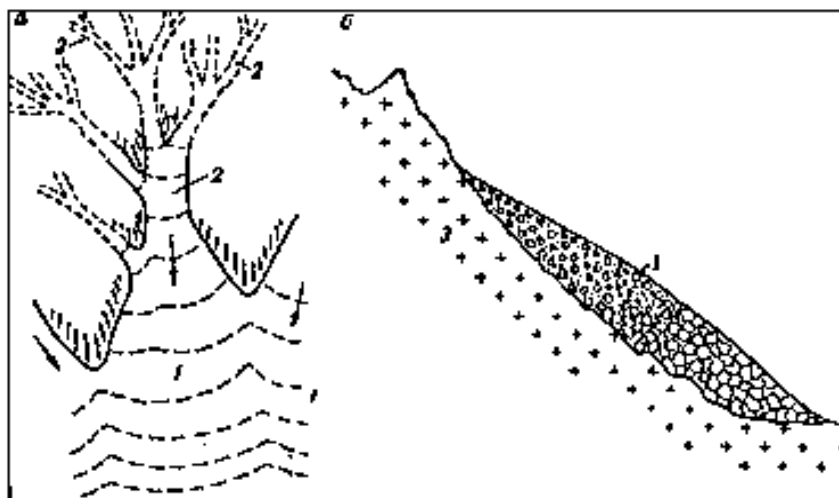


Рисунок 34 – Схема строения осыпи, где: а – в плане, б – в разрезе.
1 – осыпной шлейф; 2 – осыпные лотки; 3 – скальные породы; стрелки – направления осыпания обломков; пунктир – условные горизонталы

При гравитационных процессах, в частности при образовании обвалов и оползней, независимо от того, явился ли причиной нарушенного равновесия сейсмический толчок или нет, расходуется потенциальная энергия тяготения эндогенного источника.

Если же сползанию подвергается разжиженная масса тонкодисперсных или смоченных водой обломочных грунтов, как при солифлюкции и в приводимых ниже случаях, то здесь расходуется энергия тяготения и эндогенного, и экзогенного источников, поскольку вода, промочившая сползающую массу, была поднята в горы лучистой энергией Солнца.

Под сомкнутой дерниной или лесной подстилкой возникает более медленное, чем при солифлюкции, пластичное движение вниз по склону увлажненных грунтовых масс, именуемое дефлюкцией. При дефлюкции, так же как и при солифлюкции, скорость сползания грунта определяется не столько крутизной склона, сколько влажностью грунта. Близок к процессу дефлюкции так называемый крип — медленное сползание вниз по склону рыхлого покрова, при котором смоченность водой только облегчает движение под действием силы тяжести. При этом играют роль чередование увлажнения и пересыхания, замораживания и оттаивания и пр.



Рисунок 35 – Схематический профиль обвального склона, где:
 1 – современный профиль долины; 2 – профиль долины на участке обвала до обвала; 3 – обвальные массы на дне долины; 4 – профиль обвальной ниши

Большую роль в моделировании горного рельефа играет смыв продуктов выветривания атмосферными осадками. Этот денудационный процесс происходит в виде плоскостного смыва вымываемых из более грубого материала тонких частиц, сопровождающегося образованием делювиального плаща у подножия склона, в котором присутствуют крупные обломки, скатившиеся под действием силы тяжести сверху. Быстро стекающая с крутых склонов дождевая вода собирается в мощные струи с большой переносящей и размывающей способностью. Эпизодическими «дикими ручьями» на горных склонах создаются водосборные воронки из сходящихся книзу крутых борозд, каналы стока и конусы выноса в их основании. Огромной транспортирующей способностью и эрозионным воздействием отличаются постоянные водотоки в горах. Русла горных рек имеют крутые падения и представляют собой стремительные бурные потоки. В горных реках со сравнительно небольшими уклонами развиты аллювиальные гряды. С увеличением уклона и повышением бурности потока гряды исчезают. Относительно равномерное распределение глубин по длине потока нарушается крупными валунами, глыбами, уступами коренного ложа.

К рельефообразующим процессам могут быть отнесены селевые потоки и снежные лавины. Те и другие изменяют рельеф, особенно своими аккумулятивными формами в горных долинах. Значительна выпахивающая деятельность горных ледников (экзарация), их транспортирующая и аккумулирующая деятельность.

Рельеф земной поверхности формируется под действием геоморфологических процессов. Они подразделяются на эндогенные и экзогенные. В горах преобладают процессы внутренние – тектонические движения, вулканическая деятельность, землетрясения, хотя важную роль в формировании горного рельефа играют и экзогенные процессы. На равнинах главными рельефообразующими процессами являются внешние или

экзогенные процессы. К ним относятся флювиальные, гляциальные и эоловые процессы, факторами которых являются соответственно текучая вода, движущиеся массы льда и ветер.

17. КЛАССИФИКАЦИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Свойства механических элементов твердой фазы почв и почвообразующих пород, химический и минералогический составы меняются от их размера довольно отчетливо, а иногда и резко, что послужило основанием для разделения их на группы, или фракции. Такая группировка называется классификацией механических элементов. Главнейшие особенности фракций механических элементов.

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

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

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

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

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

Ил (< 0,001 мм) — в илистой фракции первичных минералов мало, среди них кварц, ортоклаз, мусковит; ил состоит в основном из высокодисперсных вторичных минералов, глинных минералов, гумусовых веществ, обладает высокой поглотительной способностью, способностью к коагуляции и склеиванию механических элементов в агрегаты; коллоидная

фракция ила играет главную роль в физико-химических почвенных процессах; ил является средоточием элементов питания растений; богат оксидами железа и алюминия; влагоемкость очень высока; водопроницаемость и водоподъемная способность минимальные.

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

Учитывая, что каждая фракция (группа) механических элементов обладает определенными свойствами, от которых зависят показатели плодородия, принято определять их процентное содержание и процентное соотношение. Процентное содержание каменистой и гравелистой фракций определяют на основе просеивания образца почвы через почвенные сита, а в основу метода разделения по размеру фракций мелкозема положены скорости их падения в воде, рассчитанные по формуле Дж. Т. Стокса.

18. КЛАССИФИКАЦИЯ ПОЧВ И ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ПО ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОМУ СОСТАВУ

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

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

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

Для почв разных типов почвообразования при одном и том же гранулометрическом составе (начиная с супеси) содержание физической глины разное. Это связано с тем, что частицы физической глины почв разных типов почвообразования обладают разной способностью к агрегатированию, имеют неодинаковый качественный состав и свойства.

Например, в солонцах и сильносолонцеватых почвах содержится повышенное количество обменного катиона натрия. В результате усиливаются связность почв при высыхании и липкость при увлажнении. Из-за этого солонцы и сильносолонцеватые почвы на одну градацию тяжелее почв подзолистого типа почвообразования, которые содержат в почвенном поглощающем комплексе повышенное количество водородных ионов, усиливающих дисперсность твердой фазы.

Кроме кратких названий почв и почвообразующих пород по гранулометрическому составу в почвоведении используют также полные названия, в которых к краткому названию добавляют названия двух преобладающих по содержанию групп фракций мелкозема: песчаной (1—0,05 мм), крупнопылевой (0,05—0,01 мм), пылевой (0,01—0,001) или иловой (<0,001 мм). На втором месте после основного названия гранулометрического состава принято давать название группы, имеющей самое большое процентное содержание. Например, дерново-подзолистая почва содержит: песка — 20%, крупной пыли — 42, пыли средней и мелкой — 15 и ила — 23 %.

19. ЗНАЧЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА

Гранулометрический состав определяет практически все свойства почв, поэтому его необходимо учитывать в работе агронома. Чем тяжелее гранулометрический состав, тем богаче минералогический состав почв, больше валовых и подвижных элементов питания растений, активнее совершаются гумусово-аккумулятивные процессы и процессы структурообразования, выше поглотительная способность, теплоемкость, влагоемкость, биогенность почв, ниже водо- и воздухопроницаемость и т.д.

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

В состав почв и пород входят различные фракции механических элементов в разных количественных соотношениях. Содержание в почве механических элементов, объединенных во фракции, называется *гранулометрическим* (механическим) *составом*.

Таблица 17. Классификация почв по гранулометрическому составу:

Краткое название почвы	Содержание глины в %		
	Подзолистый тип	Степной тип	Солонцы
Песок: рыхлый связный	0 - 5	0 - 5	0 - 5
	5 - 10	5 - 10	5 - 10
Супесь	10 - 20	10 - 20	10-15
Суглинок: легкий средний тяжелый	20 - 30	20 - 30	15 - 20
	30 - 40	30 - 45	20 - 30
	40 - 50	45 - 60	30 - 40
Глина: легкая средняя тяжелая	50 - 65	60 - 75	40 - 50
	65 - 80	75 - 85	50 - 65
	>80	>85	>65

20. МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Статическое зондирование основано на вдавливании зонда в грунт статической нагрузкой (рис. 35). Оно применяется для испытания немерзлых и талых песчано-глинистых грунтов, содержащих не более 25 % частиц крупнее 10 мм (ГОСТ 19912-2001).

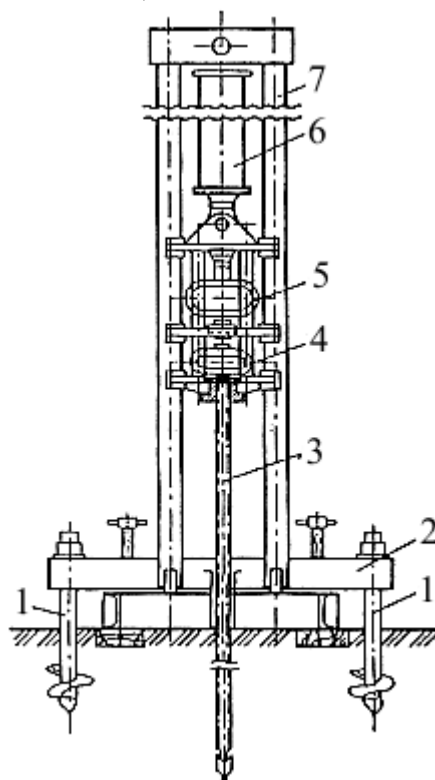


Рис. 35. Схема погружения зонда при статическом зондировании.

1 — винтовые анкерные сваи; 2 — рама; 3 — зонд; 4 и 5 — динамометры;
6 — домкрат; 7 — направляющая

В процессе зондирования по данным измерения сопротивления грунта под наконечником зонда и на боковой поверхности зонда определяют:

а) удельное сопротивление грунта под наконечником (конусом) зонда q_c ;

б) общее сопротивление грунта на боковой поверхности Q_s (для зонда типа I);

в) удельное сопротивление грунта на участке боковой поверхности (муфте трения) зонда f_s (для зонда типа II).

Метод статического зондирования применяют совместно с другими видами инженерно-геологических работ или отдельно для:

- выделения инженерно-геологических элементов (толщины слоев и линз, границ распространения слоев и линз, границ распространения грунтов различных видов и разновидностей);

- оценки пространственной изменчивости состава и свойств грунтов;

- определения глубины залегания кровли скальных и крупнообломочных грунтов;

- количественной оценки характеристик физико-механических свойств грунтов (плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтов и др.);

- определения степени уплотнения и упрочнения грунтов во времени и пространстве;

- оценки возможности забивки свай и определения глубины их погружения;

- определения данных для расчета свайных фундаментов;

- выбора мест расположения опытных площадок и глубины проведения полевых испытаний, а также мест отбора образцов грунтов для лабораторных испытаний;

- контроля качества геотехнических работ.

Динамическое зондирование предназначено для исследования песчано-глинистых пород, содержащих не более 40 % крупнообломочного материала, на глубину до 20 м. С помощью этого метода можно:

• расчленить разрез пород на слои, отличающиеся сопротивлением динамической пенетрации с высокой точностью (до 0,05 м);

• установить их степень однородности, определить показатели некоторых свойств и глубину забивки свай.

Динамическое сопротивление пенетрации

Зонд, включающий штанги и наконечник, забивают в грунт ударами молота, падающего с фиксированной высоты. При забивке зонда фиксируют число ударов и глубину погружения зонда от одного залога, который устанавливают в зависимости от сопротивления грунта. Сопротивление, оказываемое грунтом зонду, называется динамическим сопротивлением пенетрации. Оно включает сопротивление грунта прониканию наконечника и силу трения по боковой поверхности зонда (между грунтом и штангами).

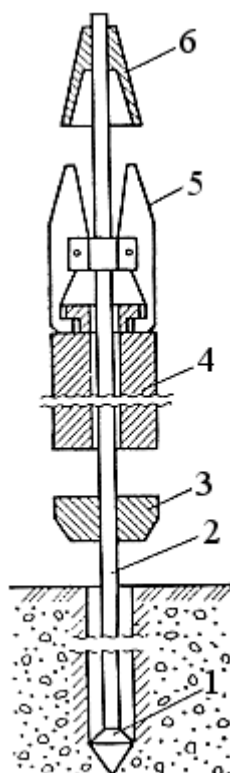


Рис. 36. Схема установки динамического зондирования.
 1 — конический наконечник; 2 — штанга зонда; 3 — наковальня; 4 — молот;
 5 — захват молота; 6 — ограничитель высоты подъема молота

Динамическое зондирование – это исследование грунтов погружением конуса (зонда) в грунт ударным способом, причем внедрение конуса в грунт осуществляется специальной установкой.

Метод динамического зондирования грунтов широко используется при инженерно-геологических изысканиях для определения физико-механических свойств грунтов. Этот метод технически более просто осуществим по сравнению с методом статического зондирования и применяется для исследования самых разнообразных грунтов. Из-за простоты конструкций установок динамического зондирования, их небольшой массы, удобства в обслуживании при значительной производительности этот метод является наиболее распространенным.

Динамическое зондирование как и ударно-вибрационное, статическое зондирование применяется в комплексе с другими лабораторными и полевыми методами для:

- выделения инженерно-геологических элементов (толщины слоев и линз, границ распространения слоев и линз, границ распространения грунтов различных видов и разновидностей);
- оценки пространственной изменчивости состава и свойств грунтов;
- определения глубины залегания кровли скальных и крупнообломочных грунтов;

- количественной оценки характеристик физико-механических свойств грунтов (плотности, модуля деформации, угла внутреннего трения и сцепления грунтов и др.);
- определения степени уплотнения и упрочнения грунтов во времени и пространстве;
- оценки возможности забивки свай и определения глубины их погружения;
- определения данных для расчета свайных фундаментов;
- выбора мест расположения опытных площадок и глубины проведения полевых испытаний, а также мест отбора образцов грунтов для лабораторных испытаний;
- контроля качества геотехнических работ.

20.1. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ

Особенностями современного проведения инженерно-геологических изысканий для строительства и реконструкции зданий и сооружений на городских территориях являются: резкое ускорение темпов ведения всех видов строительных работ; нередкое ограничение финансирования изыскательских работ; стеснённые условия проведения инженерно-геологических изысканий на территории города.

По этим причинам в большинстве случаев не выполняются в полном объёме требования соответствующих нормативных документов. Нередко изыскатели и проектировщики используют "табличные" значения характерных грунтов, установленные как среднее для территории крупного региона, в большинстве случаев без дифференциаций по генетико-стратиграфическим признакам. Не учитывается техногенная изменённость состава, строения и свойств массива грунтов основания строительных объектов.

Ведение инженерно-геологических изысканий регламентируется основным нормативным документом в строительстве «Строительными нормами и правилами» СНиП 11-02 – 96 «Инженерные изыскания для строительства». Данный документ определяет порядок, состав, объём и виды выполняемых работ изысканий для различных этапов проектирования, строительства и эксплуатации объектов и различных геологических обстановках, а так же состав документации по результатам изысканий, порядок их предоставления и приёмки, а так же ответственность исполнителей и заказчиков (проектировщиков).

Инженерно-геологические изыскания — производственный процесс получения, накопления и обработки инженерно-геологической информации для обеспечения строительного проектирования исходными данными об инженерно-геологических условиях района (площадки, участка, трассы).

Под инженерно-геологическими условиями понимается совокупность компонентов геологической среды, которые могут оказать влияние на

проектируемые здания и сооружения (рельеф и геоморфология, геологическое строение, подземные воды, состав, состояние и свойства грунтов, опасные геологические процессы).

Одной из важнейших задач инженерно-геологических изысканий является прогнозирование возможных изменений в сфере взаимодействия проектируемого сооружения с геологической средой.

Инженерно-геологические изыскания для строительства выполняются последовательно на различных стадиях (этапах)

Различают следующие основные стадии работ: предпроектную (она включает прединвестиционную документацию, градостроительную документацию и обоснование инвестиций в строительство) и проектную (в состав которых входят проект и рабочая документация для строительства предприятий, зданий и сооружений).

Предпроектная документация разрабатывается с целью обоснования целесообразности строительства объекта, выбора строительных площадок и направления магистральных транспортных и инженерных коммуникаций, основ генеральных схем инженерной защиты от опасных геологических процессов и др.

Основной объем инженерно-геологических изысканий выполняют на этапе обоснования инвестиций в строительство. В состав работ входит: проведение инженерно-геологической съемки на территории проектируемых строительных объектов и трасс линейных сооружений. Проводятся буровые и горнопроходческие работы, полевые методы исследования грунтов, лабораторные исследования, стационарные наблюдения и другие виды работ.

Инженерно-геологические изыскания для разработки проекта должны обеспечивать комплексное изучение инженерно-геологических условий уже выбранной площадки (участка, трассы) и прогноз их изменений при строительстве и эксплуатации объекта.

Инженерно-геологические изыскания для разработки рабочей документации проводятся на окончательно выбранной стройплощадке для отдельных зданий и сооружений с целью детализации и уточнения инженерно-геологических условий. Проходят скважины и шурфы (чаще всего по контурам и осям проектируемых зданий и сооружений), определяют расчетные показатели физико-механических свойств грунтов, выполняют полевые исследования грунтов, опытно-фильтрационные работы и геофизические исследования. Продолжают начатые на предшествующих этапах изысканий стационарные наблюдения за развитием опасных геологических процессов, режимом подземных вод и т. д.

Для технически несложных объектов, а также при строительстве по типовым проектам инженерно-геологические изыскания выполняют для одной стадии: «рабочего проекта», при которой рабочая документация разрабатывается одновременно с проектом.

Инженерно-геологические изыскания в период строительства выполняют лишь в особых случаях: 1) при строительстве ответственных

зданий и сооружений, особенно в сложных инженерно-геологических условиях; 2) в условиях стесненной городской застройки; 3) при длительных перерывах во времени между окончанием изысканий и началом строительства объектов и т. д.

Инженерно-геологические изыскания в период строительства включают: 1) уточнение геологических и гидрогеологических условий в период вскрытия котлованов, тоннелей, прорезей и других выемок, выявление расхождений натуральных условий с проектными данными, внесение при необходимости соответствующих корректив и проведение дополнительных изыскательских работ; 2) контроль за ведением строительного водопонижения, инженерной подготовкой оснований зданий и сооружений, производством работ по закреплению грунтов.

В период эксплуатации объектов в необходимых случаях в соответствии с заданием Заказчика проводят обследования грунтов оснований фундаментов существующих зданий и сооружений, а также при их расширении, строительстве новых близко примыкающих зданий и в других случаях.

При необходимости в период эксплуатации объектов осуществляют стационарные наблюдения (локальный мониторинг) за развитием опасных геологических процессов, деформациями зданий и сооружений и другими неблагоприятными факторами.

Инженерно-геологические изыскания для реконструкции зданий и сооружений проводятся, как правило, в условиях плотной застройки и поэтому должны осуществляться с учетом конкретной природно-технической ситуации. По своему составу, объемам и применяемым методам изыскания для реконструкции значительно отличаются от изысканий под новое строительство. В частности, обязательным видом работ является натурное обследование окружающей территории и реконструируемого здания. В ходе обследования устанавливают геотехническую категорию объекта, необходимые объемы работ по изысканиям, принципиальные варианты реконструкции и усиления и др.

Небольшой объем инженерно-геологических изысканий выполняется в период ликвидации зданий и сооружений. Цель этих работ – обоснование проектных решений по санации (оздоровлению) и рекультивации нарушенной территории, оценка опасности и риска от ликвидации объекта.

20.2 ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Инженерные изыскания, инженерно-геологические и инженерно - геодезические изыскания являются неотъемлемой частью строительных работ вне зависимости от размеров и значимости объекта строительства и выполняются на ранних стадиях проектирования. Результаты этой работы

являются одним из основополагающих факторов, влияющих на выбор того или иного проектного решения.

Данные, полученные в ходе *инженерных изысканий*, входят в обязательный состав проектной документации, необходимой для получения разрешения на строительство. Геологические изыскания имеют своей целью изучение геологических особенностей участка будущего строительства и физико-химических свойств грунта с участка. Геологические исследования дают первоначальную информацию об особенностях места застройки, полученная информация крайне важна для проектирования строительных работ, а также для обеспечения безопасности эксплуатации будущего здания или сооружения. Если говорить более конкретно, то геологические изыскания направлены на изучение состава и свойств поверхностных пластов земной коры и возможное влияние деятельности человека на геологические процессы на данном участке. Данные исследований позволяют судить о технической возможности строительства данного объекта, выбор оптимального пространственного расположения и компоновки сооружений и зданий.

Геологические изыскания состоят из множества этапов работ различного рода, которые служат для сбора и обработки информации, чтобы отразить геологическую картину участка застройки наиболее полно. В частности, осуществляется бурение отверстий для взятия проб грунта и лабораторные исследования этих проб, проводится зондирование статическое и динамическое для определения показателей прочности и деформации почвы. Немаловажными являются исследования водоносных горизонтов и особенностей химического состава подземных вод. По результатам, полученным в ходе геологических изысканий, составляется подробный технический отчет, который и служит ориентиром для многих параметров проектирования. Инженерная геология важна и с точки зрения оценки рисков, связанных с возведением объектов и сооружений, как-то оползни, эрозии почв, негативное воздействие подземных вод и т.д.

Инженерно-геологические изыскания являются начальным этапом строительства любого объекта и находятся в полной зависимости от вида объекта (промышленное предприятие, жилой дом, автомобильная дорога и т. д.). Поэтому изыскания под каждый вид объекта имеют свою специфику, свои особенности, но все изыскания имеют нечто общее, некоторый стандарт.

Результаты инженерно-геологических исследований в виде отчёта поступают в строительную проектную организацию. Отчёты должны иметь для инженера-проектировщика материалы по семи основным позициям результатов инженерно-геологических изысканий:

- оценка пригодности площадки для строительства данного объекта;
- геологический материал, позволяющий решать все вопросы по основаниям и фундаментам;

- оценка грунтового основания на восприимчивость возможных динамических воздействий от объекта;
- наличие геологических процессов и их влияние на устойчивость будущего объекта;
- полную характеристику по подземным водам;
- все сведения по грунтам, как для выбора несущего основания, так и для производства земляных работ;
- по влиянию будущего объекта на природную среду.

Проектирование крупных объектов осуществляется по стадиям: технико-экономическое обоснование (ТЭО), технический проект и рабочие чертежи. Название стадий инженерно-геологических изысканий соответствует стадия проектных работ, за исключением стадии ТЭО, где геологические работы получили название рекогносцировочных инженерно-геологических изысканий. Следует отметить, что в практике строительства последовательность стадий проектирования не всегда соблюдается. Проектирование крупных объектов может быть проведено в две стадии, проектирование жилого дома в одну стадию. В соответствии с этими стадиями проводятся инженерно-геологические изыскания.

На ранних стадиях проектирования инженерно-геологические изыскания охватывают обширные площади, применяются не очень точные, но сравнительно простые и экономичные технические средства. По мере перехода к более поздним стадиям площади изысканий сужаются и применяются более сложные и точные методы геологических работ.

На выделенной под строительство площадке на каждом отдельном этапе инженерно-геологические изыскания выполняют в определённой последовательности:

- собирают общие сведения по территории из литературных публикаций и архивных материалов изыскательских организаций; сведения о климате, рельефе, населении, речной сети и т. д.;
- производят осмотр строительной площадки инженеры-проектировщики совместно с инженером-геологом; определяют степень её застройки, осматривают ранее построенные здания, дорожную сеть, рельеф, растительность и т. д.; в целом определяют пригодность участка под застройку и вырабатывают техническое задание на изыскания;
- выполняют инженерно-геологические изыскания; в полевых условиях изучают геологическое строение площадки, гидрогеологию, геологические процессы, при необходимости на грунтах ставят опытные работы; отобранные пробы грунтов и подземных вод изучают в лабораториях;
- по окончании полевых и лабораторных работ в камеральный период составляют инженерно-геологический отчёт, который защищают в проектной организации, после чего он становится документом и используется для проектирования объекта.

20.3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ ДЛЯ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Проектирование городского и поселкового строительства осуществляется стадийно. В настоящее время оно складывается из проектов: планировки и планы размещения первоочередного строительства; детальной планировки и проекта застройки.

Соответственно этому инженерно-геологические исследования проводят так же по стадиям, применительно к каждому виду проектирования. Исследования для проекта планировки и плана размещения первоочередного строительства. Инженерно-геологические исследования для проекта планировки городов (посёлков) должны дать оценку значительной территории с точки зрения возможности использования её для строительства. Геологические работы проводят в сочетании с другими исследованиями и проектными проработками; экономическими, климатическими, гидрогеологическими, экологическими, санитарно-гигиеническими и т. д.

По изучаемой территории должны быть получены сведения о рельефе, гидрологии, климате, почвах, растительности, геологическом строении, гидрогеологии, природных геологических явлениях и инженерно-геологических процессах (оползнях, карсте, просадках, сейсмике и т. д.), составе и свойствах грунтов.

Инженерно-геологические изыскания проводят в три периода: подготовительный, полевой и камеральный. Инженерно-геологический отчёт служит основанием для составления проекта планировки и плана размещения первоочередного городского и поселкового строительства.

Исследования для проекта детальной планировки. Проект детальной планировки существующего города (посёлка) включает в себя архитектурно-планировочную и техническую организацию районов застройки первой очереди, устанавливает последовательность застройки, решает вопросы благоустройства, содержит проекты детальной планировки и застройки отдельных городских районов.

Основой инженерно-геологических исследований для проекта детальной планировки являются материалы, полученные при изысканиях для проекта планировки. Аналогичный состав и содержание работ и их последовательность (подготовительные работы, полевой период, камеральная обработка материала).

На этой стадии проводят более детальное изучение геологии местности и свойств грунтов. Для этого закладывают дополнительные буровые скважины по створам вдоль новых или реконструируемых улиц в местах специальных сооружений. Глубина скважины под сооружением в большинстве случаев достигает 8-10 м. при наличии слабых пород закладываются шурфы с отбором 2-3 образцов для проведения полного комплекса лабораторных исследований.

Исследования для проекта застройки. Проект застройки в пределах существующего города предусматривает строительство отдельных жилых домов (микрорайонов), кварталов, улиц и площадей. Проектирование проводят в 2 стадии – проектного задания и рабочих чертежей. Перед каждой стадией выполняют инженерно-геологические работы.

Изыскания для проектного задания освещают геологические и гидрогеологические условия всей изучаемой площадки, характеризуют инженерно-геологические свойства грунтов. В случае если для данной площадки ранее проводились изыскания для проекта планировки и проекта детальной планировки, то этих материалов в полнее достаточно, чтобы не проводить новых исследований на стадии проектного задания застройки. При отсутствии каких либо инженерно-геологических исследований изыскания проводят в составе и объёме, как это было показано выше для проекта планировки и проекта детальной планировки.

На стадии рабочих чертежей инженерно-геологические материалы могут быть оформлены в одном отчёте. При составлении рабочих чертежей возможны случаи назначения дополнительных исследований. Это связано главным образом, с изменениями в размещении зданий или проверкой имеющихся геологических материалов.

Главная цель инженерной геологии – изучение природной геологической обстановки местности до начала строительства, а также прогноз тех изменений, которые произойдут в геологической среде, и в первую очередь в породах, в процессе строительства и при эксплуатации сооружений. В современных условиях ни одно здание или сооружение не может быть спроектировано, построено и надёжно эксплуатироваться (а впоследствии может быть ликвидировано или реконструировано) без достоверных и полных инженерно-геологических материалов.

Все это определяет основные задачи, которые стоят перед инженерами-геологами в процессе изыскательских работ еще до начала проектирования объекта (при принятии решения о строительстве, об инвестировании проекта и т.п.), а именно:

- выбор оптимального (благоприятного) в геологическом отношении (площадки, района) строительства данного объекта;

- выявление инженерно-геологических условий в целях определения наиболее рациональных конструкций фундаментов и объекта в целом, а также технологии производства строительных работ;

- выработка рекомендаций по необходимым мероприятиям и сооружениям инженерной защиты территорий и охране геологической среды при строительстве и эксплуатации сооружений.

Для выполнения этих задач существует необходимость нового метода проведения изысканий, сроки проведения которого должны сократиться, качество проведения улучшиться, т.к. инженерно-геологические изыскания оказывают влияние на качество строительства объекта.

Библиографический список:

1. Абрамович Г. Я. Геологическая съемка-Иркутск: Иркутский университет, 2005.-279 с.
2. Абдюков Г.М., Ковалев С.Г., Лапиков В.В., Хабибулин Р.Р. Общая геология с основами гидрогеологии. Уфа, 2006.-424с.
3. Александровский А.Л. Эволюция почв и географическая сред- М: Наука, 2005. – 223с.а
- 4.Ананьев В.П., Потапов А.Д. Инженерная геология – М.: Высшая школа, 2005.-575с.
5. Апарин Б. Ф. Почвоведение. – М.: Издательский центр «Академия», 2012.-256с.
6. Апарин Б. Ф. и др. Почвовенное картирование; учебно-методическое пособие.- СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2012.-128с.
7. Ашинов Ю. Н., Зубкова Т. А., Имгрунт И. И., Карпачевский Л. О. Почва и социум. – Майкоп: ОАО «Полиграфиздат «Адыгея». 2008.-152с.
8. Ашинов Ю.Н., Т.А. Зубкова, Л.О. Карпачевский. Почвенный покров и элементы социальной структуры Кубани и Адыгеи ОАО «Полиграф- Юг» Майкоп 2008г. 105с.
9. Белобородов В. П., Замотаев И. В., Овечкин С. В. География почв с основами почвоведения. –М.: Изд.центр «Академия», 2012. – 384с.
- 10.Белкин В.В. Основы геологии. Изд-во Пермский Государственный Технологический Университет, Березники, 2008.-244с.
- 11.Белоусова А.П., Гавич И.К., Лисенков А.Б., Попов Е.В. Экологическая гидрогеология. М.: ИКИ «Академкнига» , 2006.-397 с.
- 12.Бетхер О.В., Вологодина И.В. Осадочные горные породы. Систематика и классификация. Томск: Изд-во НТЛ, 2007.-172 с.
- 13.Бондарик Г.К., Ярл Л.А. Инженерно-геологические изыскания. М.: КДУ, 2008.-424 с.
- 14.Бондарик Г.К., Пендин В.В., Ярл Л.А. Инженерная геодинамика. М.: КДУ, 2007.- 440 с.
- 15.Булдыгеров В.В. Геология России. Методические указания к практическим занятиям. Изд-во Иркутского гос.университета, Иркутск, 2010.-56 с.
- 16.Вальков В. Ф., Казеев К. Ш. , Колесников С. И. Почвоведение.-М.: ИКЦ «Март», Ростов н/Д.: Изд.центр «Март»; 2004.-496с.
- 17.Вальков В. Ф. Справочник по оценке почв.- Майкоп : ГУРИПП «Адыгея», 2004.-236с.
- 18.Вальков В. Ф. Почвы Юга России.- Ростов н/Д.: Эверест, 2008.-276с.
- 19.Вальков В. Ф. Почвоведение: учебник для бакалавров.-М.: Изд-во Юрайт, 2014.-527с.
- 20.Васильчук Ю.А., Вознесенский Е.А., Голодковская Г.А., Зиангиров Р.С., Королев В.А., Трофимов В.Т. Грунтоведение. Изд-во МГУ, М.: 2005.-1024 с.

21. Ввод и обработка данных дистанционного зондирования. Методические указания к выполнению лабораторных работ. Составитель: Токарева О.С. Томский политехнический университет.- Томск: Изд-во ТПУ, 2011.-25 с.
22. Всевожский В.А. Основы гидрогеологии. Изд-во МГУ, М.:2007.-448 с.
23. Галалу В.Г. Инженерная геология и почвоведение.- Таганрог: Изд-во ТГИЮФУ,2009.-132 с.
24. Ганжара Н. Ф. Почвоведение.-М.:Агроконсалт, 2001.-392с.
25. Ганжара Н. Ф. Практикум по почвоведению [Текст]: учеб. Пособие для студентов вузов. М.:Агроконсалт, 2002. – 280с.
26. Геннадиев А. Н. География почв с основами почвоведения. –М.: Высшая школа, 2005. 463с.
27. Герасимова М. И., Строганова М.Н., Можарова Н. В., Прокофьева Т. В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003. 268с.
28. Герасимова М. И. География почв России. М.: МГУ. 2007. 312с.
29. Гумерова Н.В., Удодов В.П. Геология. Изд-во Томского Политехнического Университета, Томск, 2010.-135 с.
30. Добров Э.М. Инженерная геология. М.: Изд-во: Academia.2008.-2224с.
31. Добровольский Г. В., Урусевская И. С. География почв. М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004.- 460с.
32. Добровольский В.В. Геология. -М.: ВЛАДОС.2008.-319с.
33. Добровольский Г. В. Экология почв :учение об экологических функциях почв [Текст] : учебник для студ. Вузов.–М.: Изд-во МГУ, 2012. – 410с.
34. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Кульпин Э.С., Зубкова Т.А., Никитин Е.Д., Глаголев М.В., Щеголькова Н.М.,Ашинов Ю.Н. Природное наследие России. Биосфера и общество.//Материалы XXII Недели науки МГТУ :XVII «Экологические проблемы современности» - Майкоп: . 2011- с-221- 226.
35. Добровольский Г.В., Карпачевский Л.О., Кульпин Э.С., Зубкова Т.А., Никитин Е.Д., Глаголев М.В., Щеголькова Н.М.,Ашинов Ю.Н. Экологическая роль водно-болотных ресурсов России //Материалы XXII Недели науки МГТУ : XVII Международная конференция «Экологические проблемы современности» - Майкоп: 2011.- с-226-230.
36. Зинченко В.С., Козак Н.М. Основы геофизических методов исследований. М.: ЦИТ-М.2005.-144с.
37. Зинченко С. И. Почвы и растения. Рос. Академия с.-х. наук, Владимирский НИИ сел. Хоз-ва Россельхозакад. – М.:, 2008.-282с.
38. Зубкова Т.А., Ашинов Ю.Н. О формирований глубокогумусных почв. Агрехимический вестник. 2018 т.2 №2,с18-23.

39.Ежова А.В. Практикум по литологии. Изд-во Томского Политехнического Университета. Томск,2011.-147с.

40.Ермолаев В.А., Ларичев Л.Н., Мосейкин В.В. Основы геологии. Изд-во Московского горного университета, М.: 2008.-598с.

41.Игнатов П.А. Основы геологии, гидрологии и почвоведения. М.: Московский государственный университет инженеров транспорта. 2009.-111с.

42.Калинин Э. В. Инженерно-геодезические расчеты и моделирование. Издательство МГУ. 2006 - 256с.

43.Карпачевский Л.О., Ашинов Ю.Н., Березин Л.В. Курс лесного почвоведения / – Майкоп: Из-во «Аякс»,2009. –325с.

44.Карпачевский Л. О. Экологическое почвоведение. – М. :ГЕОС, 2005. – 336с.

45. Карпачевский Л.О., Зубкова Т.А., Ковалева Н.О., Ковалев И.В., Ашинов Ю.Н.Почва в современном мире / Майкоп: ОАО «Полиграф-Юг», 2008. – 126с.

Кирюшин В. И. Агрономическое почвоведение. – СПб: КВАДРО, 2013. – 679с. Классификация почв и агроэкологическая типология земель : учеб.пособие для вузов / авт.-сост. В. И. Кирюшин. – СПб.[и др.] : Лань, 2011. – 283с.

46.Ковриго В. П. Почвоведение. М.:КолосС, 2000. – 416с. – [Электронный ресурс] (формат DjVu, RUS) :<http://www.bibliolink.ru/publ/10-1-0-208>.

47.Ковриго В. П. Почвоведение с основами геологии. – М.: КолосС, 2010.-687с.

48. Костюк Ю. Н. Аэрокосмические методы в геологии. Ростов-На-Дону: ЮФУ,2007.-41с.

49. Конопелько Д. Л. Происхождение Солнечной системы, внутреннее строение Земли и эндогенные процессы. СПб.: С. - Петербургский государственный университет. 2012. - 88 стр.

50. Кочуров Б. И., Шишкина Д. Ю., Антипова А. В., Костовская С. К. Геоэкологическое картографирование. М.: Academia. 2009.-192 стр.

51. Кравцова В. И. Космические методы исследования почв. М.: Аспект Пресс; 2005.-190 стр.

52. Кузнецов В. Т. Литология. Осадочные горные породы и их изучение. ООО "Недра - Бизнес центр", М.: 2007. - 511 стр.

53. Кузин Е. Н. Почвоведение с основами геологии. Пенза: РИО ПГСХВА, 2011. – 171с.

54. Курбанов С. А. Почвоведение с основами геологии: учеб. Пособие для студ. Высш.учеб. заведений. – СПб: Лань, 2012. – 286с.

55. Магницкий В. А. Внутреннее строение и физика Земли. М.: Наука, 2006. - 390с.

56.Мамонтов В. Г. Общее почвоведение: Учебник.-М.: Колосс, 2006.-456с.

57. Методы оценки и прогноза агрофизического состояния почв : учеб. Пособие для вузов. Рос. Академия с.-х. наук, Владимир. НИИСХ Россельхозакад., МГУ им. М. В. Ломоносова, Фак. Почвоведения, Каф. физики и мелиорации почв.-М., 2009. -106с.
58. Милютин А. Г. Геология. Издательство: Высшая школа. М.: 2008. - 448 стр.
59. Мирсаянов И. Т., Сафин Д. Р., Сиразиев Л. Ф. Инженерная геология. Казань Казанский ГАСУ. 2009. - 147 стр.
60. Михайлов В. Н., Добровольский А. Д., Добролюбов С. А. Гидрология. - Высшая школа. 2007. - 463 стр.
61. Мохнач М. Ф., Прокофьева Т. И. Геология. Книга 1. Геосферы. СПб.: РГГМУ. 2010. - 263с.
62. Муха В. Д., Картамышев Н. И., Муха Д. В. Агрочвоведение. – М.: КолосС, 2003. -528с.
63. Наумов В. Д. География почв: учеб. Пособие для вузов. – М.: КолосС, 2008. – 288с.
64. Наумов В. Д. Толковый словарь по географии почв. М.: Изд-во РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева, 2012. – 622с.
65. Новоселов А. С. Четвертичная геология.- Вологда: Во ГТУ. 2013. - 108 стр.
66. Общая геология. Под ред. Соколовского А.К. т.1- М.: КДУ 2008.- 448 стр.
67. Орлов Д. С. Химия почв. – М.: Высшая школа, 2005.-376с.
68. Парчначев В.П. Основы общей геологии, стратиграфии и исторической геологии. Изд-во Томского Политехнического Университета, Томск, 2008- 286 стр.
69. Передельский Л.В., Приходченко О.Е. Инженерная геология. Изд-во «Феникс». Ростов-на-Дону, 2006- 447 стр.
70. Платов Н.А. Основы инженерной геологии. М.: Изд-во Инфра – М, 2009- 662 с.
71. Потапов А.Д., Ананьев В.П. Основы геологии, минералогии и петрографии. М.: Высшая школа, 2005- 400 стр.
72. Почвенные ресурсы России. Почвенно-географическая база данных/ С. А. Шоба, И. О. Алябина, В. М. Колесникова, Э. Н. Молчанов, В. А. Рожков, В. С. Столбовой, И. С. Урусевская, Б. В. Шеремет, Д. Е. Конюшков. М.: ГЕОС, 2010.-128с.
73. Розанов Б. Г. Морфология почв.- М.: МГУ, «Академический Проект», 2004.-432с.
74. Семёнов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество.- М.: ГЕОС. 2015.-233с.
75. Ступин Д. Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: учеб. Пособие для вузов.- СПб. : Лань, 2009. -429с.
76. Токарева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли.- Томск. Изд-во ТПУ, 2012- 148 стр.

77. Трофимов В.Т., Королев В.А., Вознесенский Е.А. и др. Грунтоведение. – М.: изд-во МГУ, 2005-1024 стр.

78. Туров А.В., Андрухович А.О. Геологическая карта и разрезы к ней. «Деловая полиграфия», 2014.- 129 стр.

79. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв урбанизированных территорий. Петрозаводск. Карельский научный центр РАН, 2009. -84с.

80.Фёдоров А. С. И др. География почв: учебное пособие. - СПб: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2013.-256с.

81. Цейслер В.М. Основы региональной геотектоники. М.,2010.-137 стр.

82. Чешев А. С. Основы землепользования.-Ростов н/Дону: Издательский центр «Март», 2002.-544с.

83. Чумаченко Ю. А. Особенности формирования высокогорных почв Кавказского заповедника.// Тр. КГБЗ. Майкоп: ООО«Качество». 2008. Вып.18. с.32-45.

84. Шеин Е. В. Курс физики почв. Издательство ЛГУ. 2005. - 432стр.

85. Шеуджен А. Х. Биогеохимия. – Майкоп: ГУРИПП «Адыгея», 2003.-1028с.

86. Шишов Л. Л. Классификация почв России и перспективы её развития.// Почвоведение : история, социология, методология. Памяти основателя теоретического почвоведения В. В. Докучаева. М.: Наука, 2005. – с.272-279

87. Эколого-геологические карты теоретические основы и методики составления. Под руководством Трофимова В. Т. М.: Высшая школа. 2007. -406с.

88. Юричев А. Н. Метаморфизм. Издательский дом ТПУ. Томск.2014. – 170с.

89.Яськов М. И. Почвоведение: учебно-методическое пособие.- Горно-Алтайск : РИО ГАГУ, 2009. – 52с.

Составители:
Ашинов Ю.Н.,
Константинов Ю.А.,
Синельникова И.Е.

ПОЧВОВЕДЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

Учебное пособие

Подписано в печать 23.07.18. Формат бумаги 60x84/16. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. п.л. 19,0. Тираж 100. Заказ 051.

Отпечатано с готового оригинал-макета
на участке оперативной полиграфии
ИП Кучеренко В.О. 385008, г. Майкоп, ул. Пионерская, 403/33.
Тел. для справок 8-928-470-36-87. E-mail: slv01.maykop.ru@gmail.com