

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

А.М. РУСАНОВ, Л.В. АНИЛОВА, Н.И. ПРИХОЖАЙ

ПОЧВОВЕДЕНИЕ

Рекомендовано Ученым советом государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования биологических специальностей

Оренбург 2009

УДК 631.4 (075.8)

ББК 40.3 я 7

Р 88

Рецензенты

доктор биологических наук, профессор Е.В. Шеин,

доктор географических наук, профессор Т.И. Герасименко

Русанов, А.М.

Р 88 **Почвоведение: учебное пособие / А.М. Русанов, Л.В. Анилова.,
Н.И. Прихожай. - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 110 с.
ISBN**

Учебное пособие предназначено для изучения дисциплины «Почвоведение и растениеводство», а также самостоятельной и научно-исследовательской работы студентов и аспирантов специальности 011600 «Биология».

ББК 40.3 я 7

Р 3702040000

ISBN

© Русанов А.М., Анилова Л.В.,
Прихожай Н.И., 2009
© ГОУ ОГУ, 2009

Содержание

Введение	4
1 История становления науки почвоведения	10
2 Генезис почв, их развитие и эволюция	14
3 Материнские почвообразующие породы, их механический состав	17
4 Организмы и их роль в почвообразовании	24
5 Время как условие почвообразования. Развитие и эволюция почв.	30
6 Антропогенный фактор почвообразования	31
7 Морфология почв	36
8 Гумус. Химический состав почв	41
8.1 Понятие об органическом веществе почвы	41
8.2 Роль гумуса в почвообразовании, плодородии и питании растений	44
8.3 Химический состав почв	45
9 Поглотительная способность почв	47
10 Структура и физические свойства почвы	54
11 Водный состав и водный режим почв	59
12 Воздушный и тепловой режимы почв	68
13 Классификация и закономерности географического распространения почв	71
13.1 Классификация, диагностика и номенклатура почв	71
13.2 Основные закономерности географического распространения почв	75
14 Почвы арктической и тундровой зон	80
15 Почвы таежно-лесной зоны	85
16 Черноземные почвы лесостепной и степной зон	91
17 Почвы пойм	98
18 Почвы Оренбургской области	102
Список использованных источников	110

Введение

Почвоведение – биологическая наука, предметом изучения которой является почва. Это наука о почвах, ее образовании (генезисе), строении, составе, свойствах, закономерностях географического распространения, о формировании и развитии ее главных свойств, об экологических функциях почв в биосфере, о региональном использовании почв. Почва – основное и незаменимое средство сельскохозяйственного производства.

Почва снабжает растения водой и питательными элементами, регулирует рост и развитие растений, объем и качество урожая. Почва при правильном использовании не изнашивается, не ухудшает свои свойства, а прогрессивно улучшаются. В этом ее отличие от других средств производства. Почва – основное и вечное богатство любого народа и является неиссякаемым источником его жизнедеятельности, обеспечивая человека продуктами питания и материалом для производственной деятельности. Почва образуется из выходящих на дневную поверхность горных пород под совместным и взаимосвязанным воздействием солнечной энергии, воздуха, воды и различного рода организмов, живых и мертвых. Живые организмы разрушают горные породы, извлекают из них питательные вещества, перемещают их и после отмирания обогащают верхние горизонты перегноем и элементами питания, которыми пользуются последующие поколения организмов. Так происходит накопление элементов питания и развивается одно из основных свойств почвы – плодородие. Почвообразовательный процесс захватывает собой лишь самые верхние слои земной коры, куда проникают воздух, тепло, влага, корни растений, микроорганизмы. В одних случаях этим процессом захвачена большая толща горных пород, в других – меньшая. Отсюда и мощность почв в различных зонах разная. Таким образом, воздействуя на условия развития почв можно изменять и улучшать их свойства.

Почва (по В.В. Докучаеву) – это дневные или наружные горизонты горных пород, естественно измененные совместным воздействием воды, воздуха и различного рода организмов, живых и мертвых. Почвой называется рыхлый поверхностный слой земной коры, который видоизменяется и продолжает непрерывно видоизменяться под воздействием биологических, атмосферных и антропогенных факторов и который обладает существенным качеством – плодородием. *Основной показатель плодородия – способность почв удовлетворять растения достаточным количеством пищи и воды.* По своей сути плодородие – это тот необъяснимый до сего времени глобальный процесс превращения мертвого минерального мира в органическую материю – основу всего живого на Земле.

Необходимо различать естественное и искусственное плодородие.

Естественное плодородие создано самой природой, ее способностью к постоянному обновлению и совершенству. *Искусственное плодородие*

создается человеком в результате воздействия на почву орудий, удобрений, проведения мелиоративных мероприятий. Оно возникает с момента введения целинного участка в сельскохозяйственное использование. Здесь велика роль технического и технологического вооружения. При сельскохозяйственном использовании почв естественное плодородие в совокупности с искусственным выражается в *эффективном плодородии*, измеряемом величиной получаемого урожая.

Таким образом, почва – это не только особое природное тело и не только основное средство сельскохозяйственного производства, но это и продукт труда. А плодородие не есть что-то статическое, но динамическое, и при рациональном использовании почв их плодородие будет возрастать.

С почвой и его плодородием связаны несколько экономических, философских и социальных законов, споры вокруг которых не утихают до наших дней. Вот некоторые из них:

Закон убывающего плодородия (А.Тюрго, 1766) гласит, что каждая добавочная затрата труда или средства производства на одном и том же участке земли дает все меньше и меньше прирост урожая, что связано с изъятием с урожаем растительной биомассы и монокультурой.

Согласно *теории Т. Мальтуса* (1798) рост народонаселения идет в геометрической прогрессии, а плодородие – в арифметической.

Закон убывающей отдачи (А. Тюрго – Т. Мальтуса) констатирует: приход на земельный участок дополнительного работника не ведет к соответствующему увеличению урожая, а дает лишь его прибавку.

Чтобы обеспечить непрерывный рост урожая необходимо оптимизировать *все* условия роста и развития растений (закон минимума Ю.Либиха), совершенствовать растительные организмы, т.е. выводить новые сорта. Это в свою очередь требует развитие науки и техники. Пределы развития науки, пределы познания природы и возможности регулирования их человеком безграничны. Поэтому существующие ограничивающие факторы на данной стадии развития науки и техники общественных и экономических отношений есть процесс исторического и политического порядков.

Почвы несут на себе и незаменимые экологические функции: растения формируют газовый состав атмосферы, очищают воздух, это фильтр для очистки воды и воздуха, фиксируют вместе с микробами азот воздуха, это вместилище огромных запасов биохимической энергии, находящейся в связанном состоянии в почвенном органическом веществе и др.

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

Экосистемные (биогеоценологические) функции почвы

1 Это функции почвы, обусловленные их физическими свойствами. Среди них: жизненное пространство, жилище и убежище для многих видов растений, животных, грибов и микроорганизмов; механическая опора всего сущего на земле; депо семян и других зачатков. В рассматриваемом аспекте

наиболее важными являются такие физические свойства почвы, как структура, плотность, влагоемкость, водопроницаемость, температура, теплопроводность и пр. При деградации почв их физические свойства в большинстве случаев изменяются в последнюю очередь.

2 Функции почвы, связанные преимущественно с ее химическими, физико-химическими и биохимическими свойствами: источник элементов питания; депо влаги и энергии; сорбция веществ, поступающих из атмосферы и с грунтовыми водами; сорбция микроорганизмов; стимулятор и ингибитор биохимических и других процессов. Выполнение перечисленных функций зависит от таких свойств почвы, как содержание и запасы гумуса и элементов минерального питания, влагоемкость, окислительно-восстановительные условия, активность ферментов и т.д. Изменение указанных свойств происходит уже при незначительном антропогенном воздействии на почву.

3 Информационная группа функций почвы: сигнал для ряда сезонных и других биологических процессов; регуляция численности, состава и структуры биоценозов; пусковой механизм некоторых сукцессии; «память» биогеоценоза.

4 Целостные биогеоценотические функции почвы: аккумуляция и трансформация веществ и энергии, находящихся в биогеоценозе или поступающих в него; санитарная функция; буферный и защитный биогеоценотический экран; условия существования и эволюции организмов. Выполнение почвой этой группы функций зависит от всех ее свойств.

Глобальные (биосферные) функции почвенного покрова

1 Среда обитания, аккумулятор и источник вещества энергии для организмов суши. Деградированная по разного рода причинам почва малопригодна или вовсе непригодна для обитания большинства живых организмов. Даже если почва не становится безжизненной, то формирующиеся на ней биоценозы отличаются малым объемом биомассы, низкой скоростью биологических процессов, узким видовым составом (биоразнообразием), слабой устойчивостью к экологическим стрессам и т.д.

2 Сопряжение большого геологического и малого геологического круговоротов веществ на земле. Следствием снижения интенсивности биологически процессов являются ослабление биологического круговорота веществ и усиление геологического. Это выражается в развитии эрозии почв, усилении процессов денудации, приводит к удалению с поверхности суши биофильных элементов.

3 Регулирование химического состава атмосферы и гидросферы.

В деградирующей почве происходит изменение биогеохимических и геохимических процессов, что отражается на направленности трансформации и миграции веществ между почвой, атмосферой и гидросферой. Например, ослабление интенсивности почвенного «дыхания» снижает поглощение O_2 почвой и выделение в атмосферу углекислого газа.

4 Защитный барьер биосферы. Почва в большей степени, чем другие компоненты биосферы, закрепляет в себе («хоронит», нейтрализует) значительную часть загрязняющих биосферу веществ, тем самым

предотвращая их поступление в живое вещество. При чрезмерном загрязнении буферные (защитные) свойства почвы снижаются.

5 Обеспечение существования жизни на Земле. Венцом всех охарактеризованных экологических функций почвы выступает ее плодородие, обеспечивающее возможность существования жизни на континентах в современной форме, а также жизнь и хозяйственную деятельность человека. Негативное антропогенное воздействие снижает плодородие почв, продуктивность и устойчивость экосистем, количество и качество сельскохозяйственной продукции, ухудшает здоровье и качество жизни населения, сокращает продолжительность жизни. Нарушение общебиосферных функций, выполняемых почвой, в результате комплекса причин в настоящее время принимает планетарный характер. Этот процесс вносит отрицательную лепту в развитие глобального экологического кризиса и создает угрозу стабильного существования биосферы.

Сельскохозяйственные функции почв. Почва является незаменимым, исчерпаемым, относительно возобновляемым природным ресурсом. Она относится к незаменимым природным ресурсам, поскольку ни сегодня, ни в обозримом будущем нет другого природного ресурса, который мог бы заменить почву в полной мере в качестве средства сельскохозяйственного производства. Почва относится к исчерпаемым и относительно возобновляемым природным ресурсам. Исчерпаемость почв связана с тем, что ее количество и качество ограничено как абсолютно, так и относительно нашими потребностями и сроками существования. Возобновляемость ее определяется тем, что по мере использования почвенные свойства способны к постоянному восстановлению; что же касается относительности возобновляемости, то этот термин употребляется в данном случае для того, чтобы подчеркнуть значительную, порой даже по геологическим меркам, продолжительность периода восстановления.

Для сохранения способности к восстановлению возобновляемых природных ресурсов, в том числе почвы, необходимы определенные условия, нарушение которых замедляет или вовсе прекращает процесс восстановления. Темпы расходования возобновляемых природных ресурсов должны соответствовать темпам их восстановления. Охрана возобновляемых природных ресурсов должна осуществляться путем их рационального использования и расширенного воспроизводства.

Подходы и методы изучения почв

Системный (комплексный) подход к изучению почвы подразумевает её исследование в непрерывной диалектической связи и взаимообусловленности с окружающими ее объектами и явлениями, т.е. исследование почвы как составной части (подсистемы) большей системы (биогеоценоза, биосферы).

Профильно-генетический метод требует изучать почвы с поверхности последовательно на всю ее глубину по генетическим горизонтам вплоть до материнских пород с последующим сопоставлением их свойств или параметров.

Морфологический метод позволяет изучать почвы и различать почвы по внешним (морфологическим) признакам: строения почвенного профиля, мощности почвы и ее отдельных горизонтов, гранулометрическому составу, структуре, окраске, новообразованиям, включениям и т.д. Морфологический анализ почвы является обязательным начальным этапом всех почвенных исследований.

Сравнительно-географический метод основан на изучении связи между пространственным изменением свойств и состава почв с географией факторов почвообразования. Использование этого метода позволяет делать обоснованные заключения о генезисе (происхождении) почв и закономерностях их географии.

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

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

Метод моделирования заключается в исследовании сложных объектов и процессов путем их упрощенного имитирования (натурального, математического). Широко используется применение модельных экспериментов в лабораторных условиях или создание математических моделей почвенных процессов.

Метод почвенных ключей основан на детальном исследовании небольших репрезентативных участках-ключах с последующей интрополяцией полученных результатов на крупные территории с однотипной структурой почвенного покрова, что позволяет изучать большие территориальные единицы, экономя средства и время.

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

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

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

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

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

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

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

Почвоведение делится на общую и специальные части. Первая изучает происхождение, состав и свойства почв, раскрывает процессы эволюции и развития плодородия, а вторая - генезис, свойства и распространение отдельных типов почв.

1 История становления науки почвоведения

Практический интерес к почвоведению возник вместе с зарождением земледелия. Долгий период времени, вплоть до середины 19 века, этот интерес поддерживался прежде всего за счет взглядов на землю и на ее важнейший компонент – почву как на важнейший объект собственности любого государства, его политического и экономического могущества. В III тысячелетии до н.э. в Китае впервые была разработана классификация почв, где они делились на 9 классов. В Древнем Египте издавна существовало поливное земледелие, исследовались почвы затопляемые, поливные и болотные. Вавилонский царь Хаммурапи (1792-1750гг до н.э.) впервые принял земельный кодекс. Много сведений о почве имеются в работах античных авторов – т.е. ученых-энциклопедистов Древней Греции и Древнего Рима в т.ч. в трудах Колумеллы, Варрона, Катона, Плиния, Лукреция. Но этих эмпирических данных было недостаточно для создания науки о почве. Необходимы были новые сведения по физике, химии, ботанике и физиологии растений. В 1563 году француз Бернар Палисси опубликовал работу «О различных солях в сельском хозяйстве», где высказывается правильный взгляд на почву как источник снабжения растений минеральными веществами. В 1623 году голландец Ван Гельмонт выступил с теорией питания растений только почвенной водой, которая господствовала на протяжении всего 18 века. В начале XIX века Тэер выдвинул теорию гумусового питания растений. Зольным же элементам, т.е. минералам, Тэер не придавал никакого значения. В 1840 году Либих в книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии» опубликовал теорию минерального питания растений. Благодаря высказанным в ней принципам стала развиваться промышленность по производству минеральных удобрений. Примерно в это же время, в 1837 году, было сделано открытие о накоплении бобовыми растениями азота в почве и выяснено, что свою массу растения строят за счет углекислого газа из воздуха. Следовательно, источники питания для растений является не только почва и находящиеся в ней минералы, но и воздух. На Руси уже с 15 века проводился строгий учет земель с описанием земельных угодий и почв, обобщался народный опыт и знания о земле. В 1724 году была создана Академия наук. В этот период развития почвоведения связано с именем Ломоносова. В его труде «О слоях земных» рассмотрен ряд основных вопросов почвоведения и геологии. У него впервые намечаются важнейшие положения современного почвоведения: почва является производной жизни растений, растения изменяют почву и подготавливают их к поселению других, более требовательных к условиям окружающей среды, растений; хозяйственная деятельность человека может ускорить природный процесс развития плодородия почв. В.И.Вернадский считал Ломоносова первым почвоведом вообще. Много места в своих исследованиях отдавал почвам первый профессор «сельскохозяйственного домоводства» Московского государственного университета М.И.Афонин (1771). Позднее кафедру

сельского хозяйства МГУ возглавлял М.Г.Павлов, который поддерживал взгляды А.Тэера. Виднейший русский агроном А.Т.Болотов описал свои наблюдения за изменениями черноземов под влиянием длительного использования и при разных методах улучшения. В 1851 году академик К.С.Веселовский составил первую почвенную карту России (Европейская часть). Было выделено 8 видов почв: чернозем, суглинистая, супесчаная, песчаная, иловатая, болотистая, тундровая, солонцеватая.

В 1879 году Вольное экономическое общество России поручило работу по исследованию черноземов молодому геологу В.В.Докучаеву (рисунок 1). После ряда научных экспедиций по европейской части черноземной полосы



Рисунок 1 - В.В. Докучаев

России и анализа полученных данных им разработаны важнейшие дополнения к существующим тогда положениям парадигмы естествознания и открыты закономерности формирования почвы как особого природного образования. Василий Васильевич установил, что почва является самостоятельным естественно-историческим телом, как минералы, растения и животные. Доказал беспрестанную изменчивость почв во времени и пространстве. Установил пять факторов почвообразования (*климат, горные породы, рельеф, биологический фактор, время*). Создал учения о зонах природы, о горизонтальной и вертикальной зональности почв, разработал схему классификации почв и методы их исследования, практические мероприятия по повышению эффективного плодородия. Он поднял почвоведение до уровня науки, объектом изучения которой является почва. Им основан журнал «Почвоведение». Главный труд его – «Русский чернозем» – увидел свет в 10-го декабря 1883 года. С выходом в свет этой работы почвоведение

превратилось из свода эмпирических знаний в самостоятельную науку, со своими законами и объектом исследования. В.В.Докучаев являлся учеником Д.И.Менделеева, а его последователем и продолжателем стал В.И.Вернадский, основатель учения о биосфере (лучшим учеником которого являлся геолог и геохимик А.Е.Ферсман). Последователи великого русского ученого творчески развили основные положения новой науки.



Рисунок 2 - П.А.Костычев

П. А. Костычев (рисунок 2) заложил основы агрономического почвоведения. Впервые связал образование гумуса с

жизнедеятельностью микроорганизмов. Работы по скорости разложения растительных остатков в зависимости от температуры, влажности, физических свойств почв явились его важным вкладом в новую науку. Он внес свой вклад в изучение органического вещества почв. Почва, по П.А. Костычеву, распространяется до глубины распространения корней растений. Уделял особое внимание роли структуры почв в формировании других ее свойств.



Рисунок 3 - Н.М. Сибирцев

Важнейшие его работы посвящены вопросам выветривания пород, генезиса и классификации почв. Организовал почвенный комитет и почвенный институт, который до сего времени носит имя В.В. Докучаева. Автор учебника по почвоведению.

П.С. Коссович является одним из основоположников экспериментального изучения физических, химических и агрономических свойств. Основные работы его связаны с исследованием эволюции почв.

С.С. Неуструев дополнил учение о факторах почвообразования. Автор книги «Элементы географии почв». Подходил к изучению почвы как части ландшафта. Считается основателем географии почв и одним из первых ландшафтоведов. Много работал в Оренбургской губернии.



Рисунок 4 - В.Р. Вильямс

Автор оригинальных концепций по важнейшим вопросам сущности почвообразовательного процесса, о природе

Н.М. Сибирцев (рисунок 3) обобщил учение Докучаева о почве, как особом естественно – историческом теле и учение Костычева о почве, как среде, способной удовлетворить потребности растений. Доказал, что оба взгляда дополняют друг друга. Создал первый учебник по почвоведению.

Г.Н. Высоцкий был многогранным исследователем почв. Являлся одновременно и ботаником, и гидрологом, и зоологом и лесоводом. Его работы легли в основу такой отрасли почвоведения, как гидрология почв. Важен также его вклад в лесное почвоведение. К.Д. Глинка - первый академик – почвовед.

Л.И. Прасолов – автор ряда классических работ по географии почв. Разработал основы почвенной картографии. Создал ряд почвенных карт страны и мира.

В.Р. Вильямс (Рисунок 4) соединил генетическое почвоведение Докучаева и агрономическое почвоведение Костычева.

отдельных почвообразовательных процессов, о малом, биологическом, и большом геологическом круговороте веществ, о плодородии, о гумусе и о структуре почвы. Выдвинул учение о биологическом круговороте вещества как основе почвообразования, о биологическом факторе как о ведущем факторе почвообразования, о растительных формациях как природных комбинациях растений и микроорганизмов, состав и жизнедеятельность которых влияет на направление почвообразования и, как следствие, на важнейшие свойства почв. Согласно его взглядам почвообразование представляет собой единый процесс воздействия элементов биосферы на литосферу. Различия почв определяются характером растительности, микроорганизмов, животного мира, материнских пород, продолжительностью воздействия комплекса факторов на материнские породы. Процесс почвообразования рассматривал как процесс развития плодородия почв, а эволюцию почв представлял как процесс, связанный с изменением плодородия. Изучал влияние микроорганизмов на состав гумуса.

Б.Б. Полынов изучал роль биогеоклиматических явлений в выветривании горных пород. Развил химическое и физико-химическое направление в почвоведение. Дал историко-генетическую классификацию типов кор выветривания.

К.К. Гедройц внес весомый вклад в учение о почвенных коллоидах и о поглотительной способности почв. Показал значение коллоидов и обменных катионов в развитии свойств почв и питании растений. Автор работ по мелиорации солонцов.

И.В. Тюрин является автором трудов по генезису, географии и химии почв. Разработал концепцию о гумусовых веществах почв как о группе высокомолекулярных веществ специфической природы, образующихся в результате биохимических процессов. Разработал также ряд методик по определению количества и качества гумуса.

Д.Н. Прянишников изучал вопросы влияния удобрений на почвы с учетом их генетических и приобретенных в процессе использования свойств, основал школу агрохимиков.

М.М. Кононова и В.В. Пономарева доказали, что гумус является важнейшей составной частью всякой почвы. Ими экспериментально показаны механизмы образования гумуса из растительной органики.

А.А. Роде, Н.А. Качинский основали школу исследователей по физике почв.

Среди современных ученых известны И.А. Соколов, Д.С. Орлов, В.А. Ковда, Г.В. Добровольский, И.П. Герасимов. Отечественное почвоведение оказало огромное влияние на развитие учения о почвах за рубежом. В современный период возросла роль рационального использования почв, объективной их оценки с учетом функций почвенного покрова в биосфере: биоэкологической, биоэнергетической, азотно-белковой, биогеохимической, гидрологической, газово-атмосферной и других для целей мелиорации, эффективного применения удобрений, совершенствования мероприятий по борьбе с эрозией, оземлению изверженных горных пород, охране почв.

Одним из быстро развивающихся ныне направлений почвоведения является экология почв. Это совершенно оправдано, если принять во внимание, что помимо плодородия почва обладает другими, не менее значимыми экологическими функциями в биосфере: биоэнергетической, газовой, атмосферной, гидрологической, геохимической, является незаменимым звеном большого и малого круговоротов элементов.

2 Генезис почв. Климат и рельеф как факторы почвообразования

В сложных процессах почвообразования Докучаев различал две взаимосвязанных групп явлений: факторы почвообразования и свойства почв. В дальнейшем эту схему переработали, дополнили и на современном этапе развития науки она имеет такой вид: факторы почвообразования, элементарные почвенные процессы и свойства почв. Учение о факторах почвообразования составляет неразрывную часть общих представлений о почве как самостоятельном природном теле. Оно является очень важным разделом почвоведения, позволяющим понять генезис (происхождение) почв, установить причины явлений и подойти к управлению почвенным плодородием. К факторам почвообразования относят: климат, рельеф, почвообразующие породы, время, биологический и антропогенный факторы.

Климат как фактор почвообразования

Климат определяется как состояние атмосферы в данной конкретной точке земного шара, которое характеризуется как средними величинами метеорологических элементов, (температура, влага, влажность воздуха и др.), так и их крайними показателями, дающими амплитуды колебаний в течение суток, сезонов, целого года. Климат определяется солнечной радиацией и динамическими процессами в атмосфере, переносящими влагу и тепло. Солнечная энергия является главным источником энергии для биологических и почвенных процессов. Она поглощается, затем излучается и перераспределяется в процессе динамики атмосферы. Влага попадает на почву, а затем впитывается почвой и верхними слоями почвообразующих пород, поглощается растениями и возвращается в атмосферу через испарение и транспирацию. Таким образом, устанавливается постоянный тепло- и влагообмен между почвой и атмосферой, усложненный постоянным перемешиванием воздушных масс. В процессе этого обмена складывается гидротермический режим почв, или климат почв. Определенные сочетания температурных условий и влажности определяют темпы синтеза и разложения органического вещества, скорость и характер процессов выветривания и почвообразования. От этого зависит поведение почвенных коллоидов (коагуляция и пептизация) и образование почвенных структур. Поэтому для понимания почвенных процессов важнейшее значение имеют те климатические показатели, которые наиболее полно сопряжены с водно-тепловым режимом почв. Основой для выделения главных термических

групп почвенных климатов являются суммы среднесуточных температур выше 10 градусов за вегетационный период. По сути отрезок времени, ограниченный переходом среднесуточных температур через это значение, представляет собой вегетационный период.

Географически термических групп расположены в виде широтных поясов. Они характеризуются не только суммой температур, но и определенными типами растительности и почв. С ними сопряжены тепловой режим верхних горизонтов почв, скорость химических и биохимических процессов, биологическая продуктивность. Эти пояса получили название почвенно-климатических (почвенно-термических).

Термическая группа:	Сумма температур больше 10 °С
холодные (полярные)	меньше 600 °С
умеренно холодные (бореальные)	600 - 2000 °С
умеренно теплые (суббореальные)	2000 - 3800 °С
теплые (субтропические)	3800 - 8000 °С
жаркие (тропические)	больше 8000 °С

По условиям обеспеченности почв атмосферными осадками различают шесть групп поясов по соотношению коэффициентов увлажнения:

Группа по увлажнению:	Коэффициент увлажнения
очень влажные (экстрагумидные)	-----больше 3
влажные (гумидные)	-----1-3
полувлажные (семигумидные)	-----1-0,5
полусухие (семиаридные)	-----0,5-0,3
сухие (аридные)	-----0,3 - 0,1
очень сухие (экстрааридные)	-----меньше 0,1

Коэффициент увлажнения – это отношение осадков к испаряемости.

Испаряемость - это количество испарившейся влаги с открытой водной поверхности в течение года (в миллиметрах). С градацией климата по увлажнению сопряжены водный режим почв, степень выветрелости и выщелоченности почв при одинаковых термических условиях, окислительно-восстановительные потенциалы. Градация групп климатов по атмосферным осадкам коррелирует с типами почв. Большое значение имеют градации климата по суровости зимы, континентальности и т.д. Важная роль принадлежит распределению осадков по сезонам года, по их интенсивности, относительной влажности воздуха, силе и направлению ветра по сезонам. Все эти явления определяют своеобразие биологических и почвенных процессов, влияют на развитие эрозии и дефляции.

Рельеф как фактор почвообразования

Рельеф является универсальным фактором перераспределения тепла и влаги. Именно благодаря этой своей роли он и является незаменимым условием почвообразования. Формы рельефа могут быть как положительными, так и отрицательными. Различают три формы рельефа: микрорельеф, мезорельеф и макрорельеф.

Микрорельеф - мелкие формы рельефа: бугорки, понижения, западины, возникающие на ровной поверхности вследствие просадочных

(суффозионных) явлений, мерзлотных деформации, т.д. Обычно это повышения или понижения, не превышающие одного метра. Однако даже на таких малых формах хорошо прослеживается влияние экспозиции склона на водный и тепловой режимы почв разнонаправленных склонов, на видовой состав растительности и биомассу растений, на биологическую активность почв и всю ее биологическую составляющую. Все перечисленные отличия в условиях почвообразования закономерно закрепляются в свойствах почв, которые значительно отличаются в зависимости от их приуроченности к тому или иному склону (Особенно четко эти различия проявляются на склонах “полярных” экспозиций: север-юг). Микрорельеф определяет комплексность почвенного покрова.

Мезорельеф - это формы средних размеров - увалы, холмы, лощины, долины, террасы. Это факторы более значительного перераспределения влаги атмосферных осадков, регулирующие соотношение вод, стекающих по поверхности и просачивающиеся в почву. Эти формы рельефа занимают промежуточное положение между микро- и макрорельефом. Они определяют направление просачивания и стока внутрпочвенных вод, который на плоских участках направлен вертикально, а на склонах иногда параллелен их поверхности. Мезорельеф влияет на развитие почвенно-эрозионных процессов. Образование мезорельефа связано с экзогенными геологическими процессами (денудационные процессы, образование континентальных отложений), на которые оказывают большое влияние медленные поднятия и опускания отдельных участков суши. Особенно большое влияние мезорельеф оказывает на формирование водного режима почв.

Макрорельеф - крупные формы рельефа до нескольких сотен и тысяч метров: равнины, плато, горные массивы. Они оказывают влияние на движение воздушных масс, формирование климата. В горах возникает вертикальная зональность климата, растительности и почв, вследствие понижения температуры воздуха с высотой. Воздушные массы, приближаясь к горам, медленно поднимаются и постепенно охлаждаются, что способствует выпадению осадков. Перевалив через горы те же воздушные массы, опускаясь, нагреваются и становятся сухими. Возникновение макрорельефа связано с тектоническими явлениями в земной коре.

По положению в рельефе и по перераспределяемым им атмосферным осадкам выделены следующие группы почв по рядам увлажнения:

автоморфные - формируются на ровных поверхностях и склонах в условиях свободного поверхностного стока при глубоком залегании грунтовых вод (более 6 м);

полугидроморфные - формируются при кратковременном застое поверхностных вод или при залегании грунтовых вод на глубине 3-6 метров. Капиллярная кайма может достигать корней растений.

гидроморфные - формируются в условиях длительного поверхностного застоя вод или при залегании грунтовых вод на глубине менее трех метров. Капиллярная кайма может достигать поверхности почв.

Все эти проявления связаны с мезорельефом территории.

3 Материнские почвообразующие породы, их механический состав

Горные породы, на которых развиваются почвы – это материнские или почвообразующие породы.

В геологии все горные породы делят на три большие группы в зависимости от их происхождения. *Изверженные* (интрузивные и эффузивные) магматические породы, образовавшиеся из силикатных расплавов магмы, имеющие кристаллическое, плотное строение и составляющие до 95 % общей массы пород, слагающих литосферу. *Осадочные*, или продукты разрушения пород под действием механических сил (ветра, воды, льда); в их состав входят также химические осадки, образующиеся в результате кристаллизации солей из водных растворов (гипса, каменной соли) и органогенные материалы – результат накопления органических соединений растительного и животного происхождения (торф, каменный уголь, мел, известняк). Главной морфологической особенностью их, их диагностическим признаком, является слоистость. Кроме того существуют *метаморфические* породы, образующиеся в результате вторичной кристаллизации пород под совокупным влиянием температуры и давления (мрамор, гнейсы, сланцы). Основную часть литосферы суши составляют изверженные породы.

Процесс изменения вышедших на земную поверхность горных пород и их минералов называют *выветриванием*. Различают следующие виды выветривания: *физическое, химическое и биологическое*.

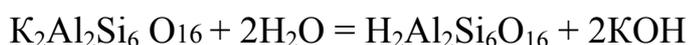
Физическое выветривание – это механическое разрушение пород без изменения их химического и минералогического состава.

Основной фактор физического выветривания – это колебания температуры. Механизм этого выветривания связан с развитием местных напряжений и давлений в породе вследствие неравномерного расширения и сжатия минералов под влиянием температуры. Наиболее резкие изменения температур наблюдаются на поверхности. Чем глубже, тем меньше амплитуда колебания температуры, в том числе суточных. Если на поверхности температура равно 20,0 градусам, то на глубине 10 см. оно составляет 11,6 градусов, на глубине 30 см – 5,2 градуса, а на глубине 70 см - 0,9 градуса. При это наблюдается неодинаковое механическое расширение пород под влиянием разности температуры, которое приводит к разрушению горных образований. Скорость этого процесса возрастет из-за неоднородности минералогического состава самой породы. Так, коэффициент объемного расширения кварца равен 0,0003; гранита - 0,00025; ортоклаза - 0,0002. В результате физического выветривания породы превращается в рыхляк, имеющий очень важную способность – задерживать в себе и пропускать через себя воду. Образовавшийся материал приобретает

способность к водопроницаемости и обладает влагоемкостью. Замерзание воды в трещинах пород из-за природного свойства воды изменять под действием температур свою плотность многократно ускоряет процесс выветривания. Кроме того, вода подвергается электролитической диссоциации на ионы H^+ и OH^- . Степень диссоциации зависит от температуры. При нуле градусов в 1 литре содержится 10 грамм – ионов H^+ и столько же OH^- . При повышении температуры до $18\text{ }^\circ\text{C}$ их количество увеличивается в 2,4 раза, а при температуре $50\text{ }^\circ\text{C}$ в 8 раз. Поэтому в различных климатических зонах степень химической активности воды разная.

Химическое выветривание заключается в разрушении горных пород и минералов с образованием новых минералов и соединений. Важнейшими факторами химического выветривания являются вода, углекислый газ и кислород. Вода - это один из главных природных растворителей. С повышением температуры это ее свойство увеличивается. Возрастание температуры на 10°C ускоряет течение реакций в 2 – 2,5 раза. Повышает растворимость минералов водой содержащийся в ней углекислый газ и растворимые соли, особенно хлорсодержащие. Химическое выветривание состоит из ряда процессов: гидролиза минералов, их окисления, гидратации и растворения, синтеза и кристаллизации новых (вторичных) минералов. Этот процесс начинается с гидролиза – то есть с обменного разложения минералов, когда происходит замещение катионов щелочных и щелочноземельных металлов на ионы водорода диссоциированных молекул воды.

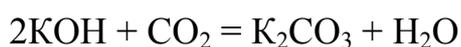
Примером может послужить гидролиз ортоклаза:



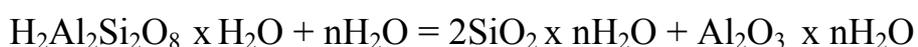
В щелочной среде (за счет KOH) происходит дальнейшее разрушение кристаллической решетки с отщеплением части кремнезема и с образованием каолинита:



Благодаря присутствию углекислого газа KOH переходит в карбонатную форму:



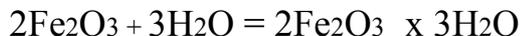
При дальнейшем гидролизе возможен распад минералов на окислы кремния и алюминия (кремнезем и гидрат окиси кремния):



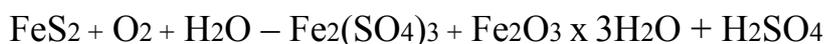
Окисление происходит под действием атмосферного кислорода, растворенного в воде. Так, например, сидерит превращается в лимонит:



Новые соединения, образующиеся при выветривании первичных минералов, обычно присоединяют молекулу воды, иначе говоря гидратируются. Пример – лимонит образуется с участием процесса гидратации из гематита:



Окисление широко представлено в зонах выветривания. Окислению подвергаются многочисленные минералы, содержащие элементы, способные к окислению. Это, прежде всего, железо, другие металлы, сера. Характерным примером окислительной реакции при выветривании служит взаимодействие сульфидов с молекулярным кислородом в водной среде:



Таким образом из пирита образуются сульфат, гидрат окиси железа и серная кислота.

Биологическое выветривание состоит из процессов механического разрушения и химического изменения состава минералов горных пород под действием на них организмов и их прижизненных и постмортальных выделений. Для биологического выветривания характерны следующие процессы: физическое дробление (под влиянием, например, корней растений), растворение элементов пород кислотными продуктами жизнедеятельности живых организмов и аккумуляция их в виде органических соединений, комплексообразование и растворение таким путем труднорастворимых соединений породы (за счет жизнедеятельности бактерий, водорослей). К числу таких соединений относятся окислы железа и алюминия. Именно в виде комплексных органических соединений выносятся из минералов соединения железа и алюминия.

Наряду с изменением первичных минералов в корах выветривания происходит синтез и кристаллизация новых вторичных минералов. Различают три рода таких соединений: минералы простые (карбонаты, гипс), минералы окислов и гидроокислов (гидроокислы железа и алюминия, гидроокись кремния, гидраты полутораокисей) и глинистые минералы. К глинистым минералам относятся ферро- и алюмосиликаты, которые содержат химически связанную воду, с образованием группы каолинита ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) с отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 2$ и монтмориллонита ($4\text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), где отношение $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 = 4$. Глинистые минералы образуются в результате синтеза из простых продуктов выветривания первичных минералов, а также могут формироваться биогенным путем из продуктов минерализации растительных остатков. Их общими свойствами являются кристаллическое строение, дисперсность, высокая поглотительная способность. Они составляют основную часть вторичных минералов и именно они во многом определяют поглотительную способность почв, являясь, наряду с гумусом, важнейшим источником минеральных элементов.

Таким образом, материнские породы состоят из двух групп минералов: первичных и вторичных. Первичные остаются в материнской породе в неизменном виде в силу своей устойчивости к процессам выветривания. Вторичные образуются вновь из тех менее сложных соединений, которые образовались в процессе выветривания.

Наиболее распространенные первичные минералы: кварц, полевой шпат и др., вторичные – окислы алюминия и железа, глинистые минералы, простые соли.

По результату выветривания различают типы выветривания. Среди них основных типа - сиаллитный и ферраллитный. Сиаллитный формируется в условиях умеренного климата. Процессы гидролиза идут замедленно, образуется много вторичных алюмо- и ферросиликатов (глинистых минералов). В его составе много кремнезема. Ферраллитный же тип распространен в условиях влажного тропического климата. Идут интенсивные процессы гидролиза с образованием свободных окислов кремния, алюминия, железа. Отсюда два типа кор выветривания: сиаллитный, характеризующийся накоплением глинистых минералов и представленный рыхлой землянистой массой, и аллитный, тоже рыхлая землянистая масса, но ее главная часть состоит из вторичных окисей алюминия и железа. Отсюда происходит и разделение пород по химическому составу на ферраллитные, с отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ равным двум и меньше и сиаллитный с отношением $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ равным четырем и больше. Кроме того различают кремнеземистые, карбонатные, хлоридно-сульфатные, органогенные и другие породы. Почвообразующие породы по физическим свойствам делятся на рыхлые и плотные, что определяет сплошное или фрагментарное развитие почвообразования (по трещинам). Породы в разной степени водопроницаемы, и это тоже имеет весьма важное значение для прохождения практически всех элементарных почвенных процессов. Кроме того, для тундры и для горных областей характерен грубообломочный тип коры выветривания, масса которого состоит из относительно крупных обломков горных пород, и обызвесткованный тип, распространенный в условиях засушливого климата, для которого характерно наличие корочки углекислого кальция на поверхности обломков горных пород. По строению породы делятся на одночленные (по глубине промачивания) и многочленные (состоящие из различных слоев), что влияет на водный режим с может способствовать застою воды. По минералогическом составе породы различаются на первичные массивнокристаллические и их элювии, богатые первичными материалами. Это, как правило, вулканические и метаморфические породы по своему образованию. На осадочные породы, которые уже подверглись частичному выветриванию и древнему почвообразованию, прежде чем отложились в водоеме, и современные континентальные, которые возникли сравнительно недавно и прошли предварительную переработку. От этих условий образования пород зависят интенсивность и направленность многих процессов почвообразования.

Механический, химический и минералогический составы почв на первых стадиях их эволюции почти полностью определяются составом почвообразующих пород и только позднее, по мере развития почвенного профиля, появляются новые свойства, существенно отличающиеся от исходных. Поэтому почвообразующие породы оказывают огромное влияние на состав и физико-химические свойства почвенной массы, на скорость процессов, в них протекающих при исходном влиянии климата и растительности

Рыхлые четвертичные осадочные породы являются главными почвообразующими породами. К четвертичным отложениям относят горные породы преимущественно вторичного генезиса, образовавшиеся за последние 1,0-3,5 млн лет. В зависимости от генезиса, условий формирования, строения, сложения и свойств они отличаются между собой.. К ним принадлежат несколько типов пород.

Элювиальные породы – это продукты выветривания, оставшиеся на месте своего образования. Характерна их тесная связь с исходной породой и постепенный переход от рыхлой к плотной породе. Распространены такие породы в горных областях и на равнинных плато.

Делювиальные породы являются наносами, отложенными на склонах за счет энергии движения дождевых и талых вод. Для них свойственны сортированность и слоистость. Расположены по предгорьям и на склонах возвышенностей.

Пролувий формируется в горных странах, у подножья гор в результате деятельности временных водных потоков, селей, обвалов. Для него характерна плохая сортированность материала.

Аллювиальные отложения образуются в речных долинах; для них присуща слоистость, пестрота почвообразующих пород по механическому составу, окатанность минеральных зерен.

Эоловые отложения являются продуктами ветрового переноса материалов выветривания, которые образуют дюны, гряды, накапливаются по берегам рек и морей;

Морские отложения сформировались как результат четвертичных трансгрессий морей. Примером может служить Прикаспийская низменность, которая многократно подвергалась трансгрессивно-регрессивным движениям моря. Эти породы приводят к образованию засоленных глин, которые служат изначальной основой почвообразовательного процесса.

Лессы и лессовидные суглинки имеют различный генезис. Общими чертами для них являются палевая окраска, карбонатность, пылевато-суглинистый мехсостав, пористость, хорошая влагопроницаемость. В настоящее время не существует единой теории происхождения этих пород. Среди них чаще других упоминаются эоловая концепция и почвенная.

Большая группа почвообразующих пород объединены в группу ледниковых отложений. Среди них:

- моренные – это продукт выветривания различных пород, перенесенных движущимися ледниками; главной их особенностью является плохая отсортированность.

- флювиогляциальные – обломки горных пород и минералов, перенесенных ледниковыми водами; признак этих пород - хорошо отсортированный материал от галечников до пылеватых наносов, расположенный на равнинах;

-ледниково-озерные отложения формируются на дне ледниковых озер из взмученного материала, переносимого ледниковыми водами Приурочены к котловинам и впадинам, у них хорошо развита слоистость; после высыхания озер на этом месте образуются почвы со специфическими свойствами.

- покровные суглинки распространены в областях ледниковых отложений; пылеватая масса их желто-бурого цвета, не слоистая. Часто они перекрывают толщу моренных отложений;

Механический или гранулометрический состав почв. Материнские породы являются полидисперсным телом, так как состоят из частиц различной размерности. В их массе встречаются относительно крупные обломки пород, более мелкие частицы песка и очень мелкие частички глины и ила. Отдельные частицы называются механическими элементами. Близкие по размерам частицы объединяют во фракции. Под механическим составом почв понимают относительное содержание в породе или почве фракций различного размера. От механического состава почв зависят многие процессы, в ней происходящие. В т.ч. превращение, перемещение и накопление органических и минеральных соединений, формирование водно-физических, воздушных, тепловых, окислительно-восстановительных и других с признаков.

По шкале Качинского выделяют следующие фракции (мм): более 3 – камни, 1 до 3 – гравий; от 0,5 до 1 – крупный песок; от 0,25 до 0,5 – средний песок; от 0,05 до 0,25 – мелкий песок; от 0,01 до 0,05 – крупная пыль; от 0,005 до 0,05 – средняя пыль; от 0,001 до 0,005 – мелкая пыль; меньше 0,001 – это ил. Упрощенное деление всех элементарных частиц представляет собой их деление на «физический песок», размер фракции больше 0,01мм и на физическую глину, размер фракции меньше 0,01.

Классификация почв по механическому составу (по Н.А. Качинскому) учитывает тип почвообразования и сводится к следующему. Механический состав почв степного типа почвообразования по содержанию физической глины подразделяется на: песок – физической глины содержится 0-10 %; супесь - 10-20 %; суглинок – 20-60 %; глина – 60-85 %. Кроме того, существует классификация для подзолистых почв и солонцов.

Атмосферные осадки, проникающие в почву и породу, обуславливают растворение находящихся в них минералов и передвижение по профилю растворимых продуктов выветривания. Различные соединения имеют разную подвижность. Б.Б. Полюнов вывел следующий ряд подвижности элементов:

энергетического передвижения – хлор, сера, йод, бор – 10п

легкоподвижные – кальций марганец, калий, натрий – 1п
подвижные – фосфор, марганец – 0,1п
малоподвижные – железо, алюминий – 0,01п
неподвижные – кварц – 0 п
(п – условный коэффициент подвижности элемента)

Значение механического состава почв. Механический состав почв оказывает большое влияние на почвообразование и сельскохозяйственное использование почв. От механического состава почв и почвообразующих пород в значительной степени зависит интенсивность многих почвообразовательных процессов, связанных с превращением, перемещением и накоплением органических и минеральных соединений в почве. В результате в одних и тех же природных условиях на породах разного механического состава формируются почвы с неодинаковыми свойствами.

Механический состав оказывает существенное влияние на водно-физические, физико-механические, воздушные, тепловые свойства, окислительно-восстановительные условия, поглотительную способность, накопление в почве гумуса, зольных элементов и азота.

В зависимости от механического состава почв меняются условия обработки, сроки полевых работ, нормы удобрений, размещение сельскохозяйственных культур.

Супесчаные почвы легко поддаются обработке, поэтому издавна их называют *л е г к и м и*, они обладают хорошей водопроницаемостью и благоприятным воздушным режимом, быстро прогреваются. Однако они имеют ряд отрицательных свойств, прежде всего низкую влагоемкость. Поэтому на песчаных и супесчаных почвах даже во влажных районах растения страдают от недостатка влаги. Легкие почвы бедны гумусом и элементами питания растений, обладают незначительной поглотительной способностью, наиболее подвержены ветровой эрозии.

Тяжелосуглинистые и глинистые почвы отличаются более высокой связностью и влагоемкостью, лучше обеспечены питательными веществами, богаче гумусом. Обработка этих почв требует больших энергетических затрат, поэтому их принято называть *т я ж е л ы м и*.

Тяжелые бесструктурные почвы обладают неблагоприятными физическими и физико-механическими свойствами. Они имеют слабую водопроницаемость, легко заплывают, образуют корку, отличаются большой плотностью, липкостью, часто неблагоприятным воздушным и тепловым режимами. Такие почвы, так же как песчаные и супесчаные, неудобны для сельскохозяйственного использования.

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

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

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

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

4 Организмы и их роль в почвообразовании

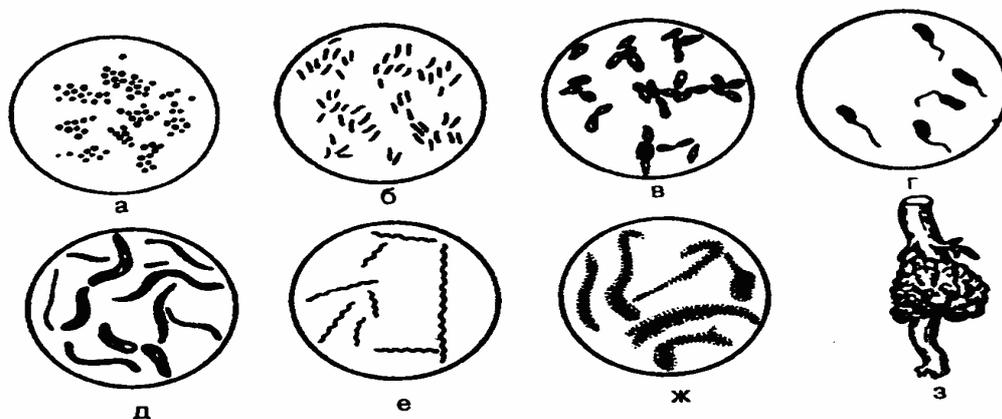
Биологический круговорот элементов включает поглощение растениями из атмосферы углекислоты и кислорода, а из почвы — азота, кислорода, калия, кальция, магния и многих других элементов, построение из них растительных организмов, разложение отмерших растительных остатков, освобождение элементов (минерализация), вовлечение этих элементов в новый биологический круговорот.

Образование почвы возможно только под воздействием живых организмов, поселяющихся на материнских породах. В почвообразовании участвуют три группы живых организмов: низшие - микроорганизмы и лишайники, высшие зеленые растения и животные. Их совместная деятельность превращает породу в новое природное тело - почву.

Микроорганизмы являются первыми поселенцами на любой горной породе. Их несколько миллиардов на 1г почвы. Их количество и состав варьирует в зависимости от природных условий, характера других факторов почвообразования. В северных районах их меньше и они распространены на небольшую глубину. На юге их больше, видовой состав богаче и захватывают они большую толщу. Окультуренные почвы содержат больше микроорганизмов, чем нарушенные или деградированные.

Микроорганизмы участвуют в трансформации органических остатков, превращая их либо в гумус, либо разрушая органику до конечных продуктов, при этом сложные органические соединения разлагаются до минеральных солей, доступные для растительности. Бактерии усваивают атмосферный азот и снабжают им высшие растения, синтезируют сложные органические соединения, строя из них свое тело. Участвуют в окислительно-восстановительных процессах в почве, изменяя степень окисленности различных органических и минеральных соединений. Таким образом, почти все звенья почвообразовательного процесса связаны с жизнедеятельностью микроорганизмов. Все эти процессы микроорганизмы осуществляют при помощи ферментов.

Бактерии – наиболее распространенная группа почвенных микроорганизмов (рисунок 5). Минимальное их количество содержат подзолы, максимальное – черноземы. Распространены бактерии в верхнем слое почв неравномерно. Больше их около корней высших растений и в 2-3 мм от них - это прикорневой слой почвы, ризосфера, в которой накапливается большое количество корневых выделений, богатых минералами, служащих для бактерий питательной средой.



а - кокки; б - палочки; в - палочковидные спороносные бактерии (бациллы); г - вибрионы; д - спирохеты; е- спириллы; ж-нитчатые железобактерии; з - скопления клубеньковых азотфиксирующих бактерий

Рисунок 5 - Основные представители почвенных микроорганизмов: почвенные бактерии

Количество бактерий здесь в 20 раз больше среднего числа. Около корней каждого растения развивается специфическая микрофлора. Она разная по форме: палочки, кокки, извитые по форме, разная по способу питания: гетеротрофные и автотрофные, различная по отношению к кислороду - аэробны и анаэробны.

К группе гетеротрофов относится большинство почвенных бактерий. Очень разнообразны они по физиологическим функциям: одни разлагают белки, другие жиры, углеводы.

Гетеротрофные анаэробные бактерии вызывают процессы брожения углеводов. Некоторые представители рода *Clostridium* обуславливают маслянокислое брожение углеводов: клетчатки, гемицеллюлозы, пектиновых веществ. Расщепление углеводов до масляной кислоты, углекислоты и до водорода происходит по следующей схеме:



Бактерии участвуют в процессе аммонификации (дезаминирования белков) – распада белков вначале до аминокислот, а далее, посредством фермента аминопептидазы, осуществляется гидролитическое дезаминирование с образованием оксикислоты и аммиака, т.е. безазотистых соединений:



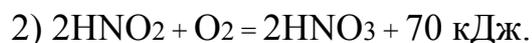
Оксикислоты в дальнейшем декарбоксилируются с образованием спиртов и углекислого газа



Процесс аммонификации имеет огромное значение для почвообразования, так как ему почвы обязаны накоплению минерального азота, доступного растениям. Накопление NH_3 в почве наблюдается в том случае, когда отношение углерода и азота в разлагающемся материале превышает 20. Если оно меньше, то азот идет на построение биомассы микроорганизмов. Поэтому наличие в почве большого количества неразложившегося органического вещества ведет к торможению накопления азота в почве.

Азотофиксирующие бактерии наиболее интенсивно проявляют свою деятельность при оптимальной температуре. Имеются две группы таких бактерий: свободноживущие (аэробы и анаэробы) и симбиотические клубеньковые бактерии. Бобовые растения выделяют безазотистые органические вещества (сахарин), а бактерии *Rhizobium* окисляют эти вещества и сопряжено фиксируют молекулярный азот воздуха. Важнейшим аэробом является *Azotobacter*. Кроме бактерий атмосферный азот усваивается актиномицетами и грибами.

Нитрифицирующие бактерии вызывают биохимические процессы окисления восстановленных форм азота до азотной кислоты. К нитрификаторам относят представителей родов *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*, *Nitrosospira*, *Nitrosovibrio*, *Nitrobacter*. Процесс нитрификации идет в две фазы, за каждую из которых ответственны свои роды бактерий. В первую фазу при участии бактерий рода *Nitrosomonas* осуществляется окисление аммиака до азотистой кислоты (нитритов), во вторую фазу азотистая кислота окисляется до азотной (нитраты).



Нитрифицирующие бактерии аэробы, для их деятельности необходимо большое количество органики, хорошая аэрация и близкая к нейтральной среда.

Большое значение в почвообразовании принадлежит бактериям, окисляющим соединения серы, например сероводород, тиосульфат, молекулярную серу до серной кислоты. Это группа так называемых серобактерий. Серная кислота способствует переводу труднорастворимых минеральных соединений в растворимые, она же, соединяясь с основаниями, образует сульфаты, которые потребляются зелеными растениями.

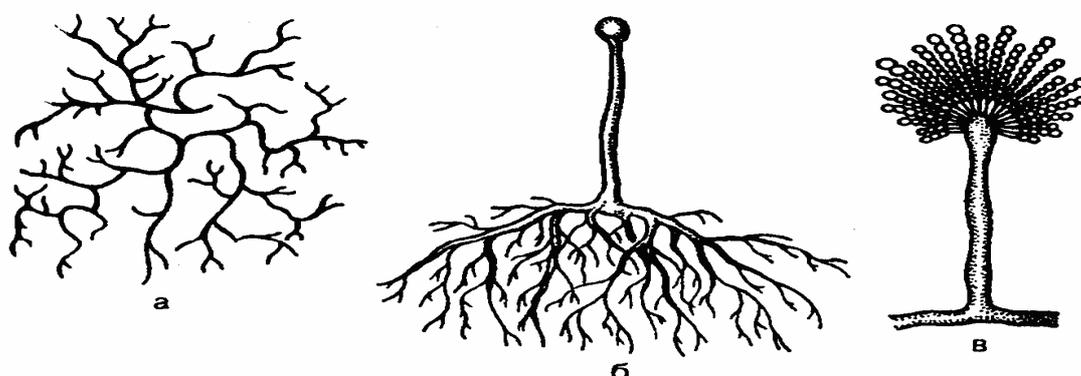
Железобактерии осуществляют реакцию окисления железа, которая протекает по уравнению:



Выделенная энергия используется железобактериями для ассимиляции углерода из CO_2 и синтеза органики.

Актиномицеты или «лучистые грибки», являются переходной формой между бактериями и грибами (рисунок 6). Это аэробные, гетеротрофные организмы, разлагающие органику. Они играют большую роль в почвообразовании. Хорошо развиваются в нейтральной и слабощелочной среде. Часто выделяют летучие вещества. Запах земли обусловлен их присутствием.

Грибы – это сапрофитные гетеротрофные организмы. Нельзя не отметить большую роль грибов, которые лучше развиваются в почвах с низкими показателями pH. Эти организмы обладают широким комплексом гидролитических ферментов, посредством которых осуществляют разложение всех видов органических веществ. В том числе они разлагают устойчивые к гидролизу и окислению такие соединения как лигнин, фенолы, хиноны, ароматические углеводороды, воска.



а – мицелий актиномицета ($\times 1000$); б – одноклеточный мукоровый гриб; в – плесневый гриб ($\times 100$)

Рисунок 6 - Почвенные актиномицеты и грибы

Водоросли распространены во всех почвах, в их поверхностном слое. В почве распространены диатомовые, сине-зеленые и зеленые водоросли. Количество их зависит от увлажнения почвы. Все они автотрофы. Синтезируют органику путем фотосинтеза. Водоросли, при отмирании, обогащают почву органическим веществом, легко разлагающимся микроорганизмами. Участвуют в процессах выветривания горных пород.

Лишайники состоят из грибов и водорослей. Включают в себя автотрофный фитобионт и гетеротрофный микобионт. Они активно разрушают горные породы, являя собой яркий пример биологического выветривания, внедряясь в горные породы гифами гриба. Выделяют особые кислоты, разрушающие минералы горных пород. Из продуктов разрушения используют многие элементы для своего питания. Слоевище лишайников прочно срастается с поверхностью пород. Слоевище при отмирании и высыхании отрывает от поверхности тонкую ее пленку, благодаря чему под лишайником образуется тонкий слой рыхлой выветренной горной породы.

Зеленые растения Общая масса организмов на планете составляет $17-18 \cdot 10^{10}$ тонн. Масса растений в 10 – 100 тыс. раз превышает массу животных. Ведущее место в синтезе почвенной органики принадлежит растениям.

Различные группы растений обуславливают неодинаковый ход биологического круговорота. Низшие растения имеют небольшую продолжительность жизни и, следовательно, определяют быстрое обращение элементов в биологическом круговороте. Высшие растения имеют развитую корневую систему, обеспечивающую большую площадь соприкосновения организма с почвой. Круговорот осуществляется в течение одного года у травянистой растительности и в течение нескольких лет (десятков, сотен, тысяч) – у древесной. При этом разные элементы не одинаковое время удерживаются растительными организмами. В природе часто наблюдается сочетание рассматриваемых групп растений. Различают следующие их группы:

лишайниково-моховые формации занимают тундру и болота;

древесная формации – это таежный и широколиственный леса, влажные субтропические леса и тропические (дождевые) леса;

к группе переходных древесно-травянистых формациям относятся ксерофитные леса, эта группа растений типична для лесостепи и саванны;

к группе травянистых формаций отнесены суходольные и заболоченные луга, прерии, степи умеренного пояса, субтропические кустарниковые степи;

пустынная формация делится в свою очередь на суббореальную, субтропическую, тропическую.

Каждая формация характеризуется своим особенным составом и свойством органического вещества, процессами разложения органики. Биомасса каждой растительной формации также имеет свои отличия, что отражается на составе органического вещества почв.

Количество органического вещества, ежегодно синтезируемого растениями, его качественный состав, интенсивность биологического круговорота обусловлены типом растительной формации: в арктической тундре в среднем в год образуется до 10,0 ц/га растительного вещества, в хвойных лесах северной тайги – 45,0 ц/га, в южной тайге – 85,0 ц/га, в широколиственных лесах – 90,0 ц/га; в сухих ковыльных степях – 70,0 ц/га; в луговых степях – 137,0 ц/га; в пустыни – 12,2 ц/га, в саваннах – 120,0, а во влажных тропических лесах – до 325,0 ц/га. (по Л.Е.Родину и Н.И.Базилевич, 1965).

Растительные организмы содержат от 20 до 90 % воды. В сухой массе углерода содержится 45 %, кислорода – 42 %, водорода – 6,5 %, азота – 1,5 %, золы – 5 %. В составе золы входят почти все элементы периодической системы элементов. Но чаще всего это – калий, кальций, сера, фосфор, кремний, магний. В древесине много калия и магния, в травянистой растительности, прежде всего в злаках, высоко содержание кремния. Растительные остатки содержат органические вещества: растворимый сахар, крахмал, гемицеллюлозу, клетчатку, лигнин, белковые вещества, жиры и другие соединения. Больше всего клетчатки – 20-40 % в травянистой растительности, а в древесине – до 60 %. Белка в растениях содержится от 0,6 до 1,0 % в древесине и до 15,0 % - в травянистых видах, лигнина – 30-40 %. Крахмала много в зернах и клубнях (70 % и 20 % соответственно).

Животные и их роль в почвообразовании Роль животных в почвообразовании велика и многообразна (рисунок 7). Микроскопических животных в почве больше всего, более 2 млрд. на 1 га. площади.

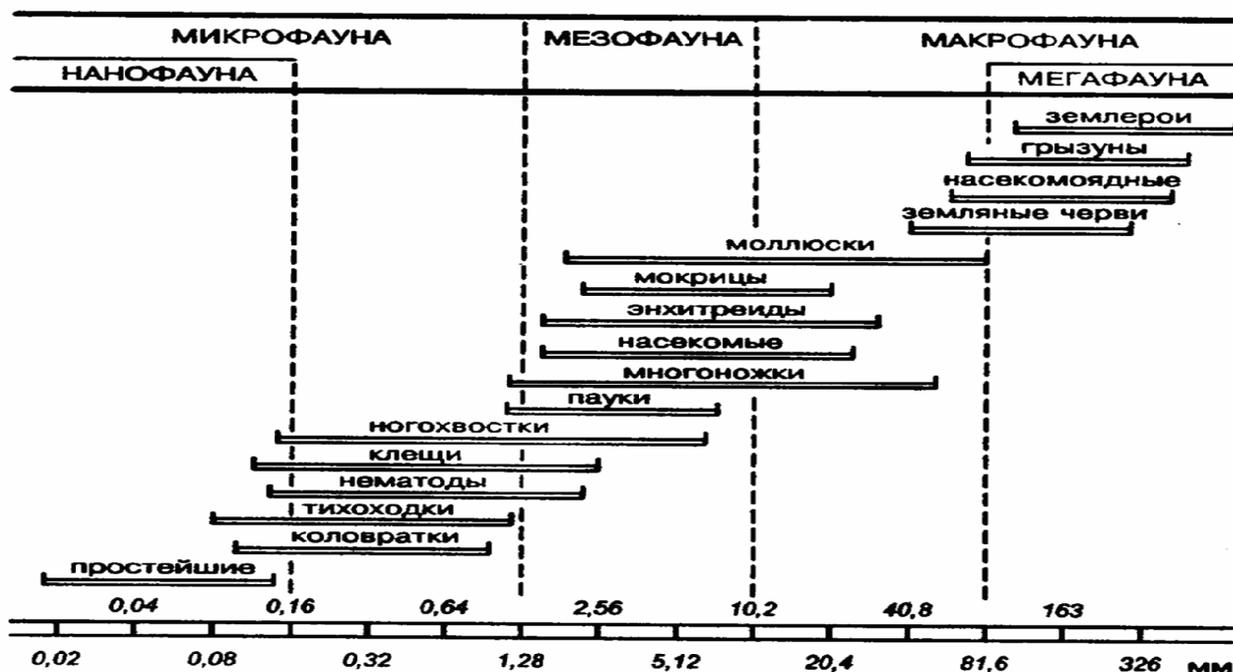


Рисунок 7 - Размерные группы почвенных животных (по И.П. Бабьевой и Г.М. Зеновой, 1989)

Велика роль в почвообразовании червей, а также млекопитающих, живущих в почве, прокладывающих в почве ходы диаметром от нескольких миллиметров до 4 до 12 см., перемешивающие почву на разные глубины, в основном на глубину до 1 метра, выделяющие ферменты, органические кислоты, увеличивающие при отмирании биомассу почвы.

5 Время как условие почвообразования. Развитие и эволюция почв

В качестве особого фактора почвообразования рассматривается время. Оно является всеобщей координатой развития всех процессов и явлений в природе и в этом смысле не может быть поставлено в сравнении с другими факторами почвообразования. Все процессы почвообразования протекают во времени, от растворения минералов в воде и простейших химических реакций до внутрипочвенного выветривания и образования и разложения гумуса. Поэтому фактор времени играет неопределимое значение в формировании почв. Различают абсолютный возраст почв, т.е. то время, которое прошло с начала формирования почв до настоящего момента, и относительный, который характеризует скорость почвообразовательного процесса, скорость смены одной стадии развития почвенного тела другой.

Все факторы почвообразования тесно связаны друг с другом и их разделения является, в известной степени, научной абстракцией, необходимой для понимания элементарных явлений почвообразования. На самом деле они сочетаются в природные комплексы, обусловленные сопряженным развитием. Выделяют два главных комплекса развития в жизни природной среды: биоклиматический и биогеоморфологический. Первый обусловлен общепланетарными (космическими) причинами. Растительность, живые организмы и почвы эволюционируют вместе с климатом. Второй связан с геологическими процессами. В нем растительность и почва эволюционируют вместе с развитием рельефа.

Развитие и эволюция почв. *Под развитием* понимают постепенное формирование почвенного профиля из почвообразующих пород при неизменном комплексе факторов почвообразования. Выделяется фаза начального развития, соответствующая первому этапу почвообразования на материнских породах, прошедших первый этап выветривания; в дальнейшем происходит собственно развитие, когда почва достигает зрелой фазы, признаком которой является полноразвитый генетический профиль. Поэтому различают почвы слаборазвитые, или молодые, и полноразвитые, или зрелые. *Под эволюцией* понимают изменение уже сформированных почв, связанное с постепенной динамикой свойств всей окружающей ее природной среды. При этом почвы переходят из одного генетического типа в другой. В этой связи свойства почв делятся на три группы – *остаточные*, унаследованные от почвообразующих пород, *рецентные*, приобретенные в процессе ее развития

при неизменной экологической среде, при этом почва достигает полного соответствия ей, и *реликтовые*, оставшиеся от предыдущих стадий развития почв в процессе их эволюции.

В профиле почвы происходят постепенное ослабление признаков, отвечающих прежней фазе почвообразования, и возникновение признаков, обусловленных новой фазой почвообразовательного процесса. Причинами перестройки профиля и свойств почв являются:

1) изменения биоклиматических условий (потепление - похолодание, увеличение - уменьшение влажности, видовое изменение растительности и т.д.);

2) изменения геоморфологических условий (поднятие - понижение местности, врезание эрозионной сети, снижение - повышение уровня грунтовых вод, изменение в соответствии с этим растительности и др.);

3) глубокие изменения в составе и строении самой почвы в процессе почвообразования, которое иногда оказывает обратное воздействие на растительный покров и весь географический ландшафт (заболачивание, осолодение солонцов и др.).

Эволюция природных условий идет очень медленно, особенно в биоклиматическом цикле развития, поэтому большая часть почвенного покрова бывает уничтожена и почвы с реликтивными признаками сохраняются только на наиболее сохранившихся древних поверхностях рельефа.

Часто перестройка почвенного профиля идет настолько медленно, что реликтовые признаки не сохраняются и наличие предыдущей фазы почвообразовательного процесса устанавливаются по косвенным палеоклиматическим, палеоботаническим и палеогеографическим, археологическим данным.

6 Антропогенный фактор почвообразования

Наиболее значимым фактором, определяющим современное состояние почв, является производственная деятельность людей, в первую очередь сельскохозяйственная, поскольку она охватывает наибольшие площади земель. До появления культуры земледелия, на первых этапах развития человеческого общества, действие человека на почвы было незначительным. Но с возникновением земледелия, различных форм обработки земли, сельскохозяйственной техники, а позднее и удобрений, по мере развития различных отраслей промышленного производства, с ростом численности населения планеты это воздействие все более и более возрастало.

Воздействие человека на почвы может быть косвенным и прямым.

1 Косвенное (через факторы почвообразования) воздействие осуществляется путем:

1) изменения среды почвообразования:

- а) макро- и микроклимата,
- б) химического состава атмосферного воздуха CO_2 , CH_4 , SO_x , NO_x , продуктов радиоактивного распада,
- в) увеличения содержания аэрозолей антропогенного происхождения;

2) изменения гидросферы:

- а) уровня морей (включая изменения интенсивности приливов),
- б) глубины залегания и режима грунтовых вод,
- в) режима рек и озер (при строительстве плотин, дамб и т.д.).

3) изменений в литосфере (почвообразующих породах):

- а) изменения окислительно-восстановительных и кислотно-основных условий;
- б) изменения условий миграции и аккумуляции солей и в целом солевого баланса;
- в) извлечения на поверхность пород, обогащенных относительно новыми, в том числе токсичными, химическими элементами и их соединениями;

4) изменения естественного растительного покрова:

- а) в результате вырубки или посадки лесов, перевыпаса скота на пастбищах;
- б) при выжигании лесов, саванн и кустарников;
- в) в результате перегрузки современной экологической емкости природного ландшафта землями сельскохозяйственного назначения: пахотными угодьями, естественными и улучшенными пастбищами и т.д.

2 Прямое воздействие человека на почвы осуществляется:

- а) при ее обработке, особенно с применением разнообразной тяжелой сельскохозяйственной техники;
- б) при орошении и осушении почв;
- в) при применении органических и минеральных удобрений, а также ядохимикатов (пестицидов, гербицидов, фунгицидов т др.);
- г) при пертурбациях почвенного профиля при строительных и других работах и т. д.

Современное состояние значительной части почвенного покрова мира — это результат развития промышленности и сельского хозяйства в течение последних 100—150 лет при всевозрастающем росте народонаселения.

Воздействия человека на почвы, прямые или косвенные, имеют как положительные, так и отрицательные последствия.

Положительное антропогенное воздействие на почвы. К положительным эффектам воздействия человека на почвы приводят целенаправленные действия, базирующиеся на научно обоснованных рекомендациях.

Мелиорация почв включает широкий спектр агрофизических, агрохимических, агротехнических и инженерных мероприятий, которые способствуют повышению и сохранению высокого уровня продуктивности почв и соответственно улучшению их качества и биосферных функций. Согласно В.А. Ковде, применительно к почвенно-экологическим условиям

суббореального пояса Евразии весь комплекс мелиоративных действий включает три основных направления.

1 Предупредительные (защитные) мероприятия и мелиорации, рассчитанные на сохранение высокопродуктивных почв, предполагают:

- 1) исключение монокультуры на полях;
- 2) внедрение севооборотов с культурой бобовых и парами;
- 3) противоэрозионные обработки склонов — поперечная, контурно-дандшафтная и безотвальная вспашка, проведение мероприятий по снегозадержанию для предупреждения засух;
- 4) общая противоэрозионная организация территории хозяйств и обработка почв;
- 5) фитомелиорации подвижных песков и залужение крутых склонов;
- 6) фитомелиорация и оборотное использование (пастбищеоборот) равнинных и особенно горных пастбищ;
- 7) дренаж, предупреждающий подтопление, заболачивание и засоление почв под влиянием крупных водохранилищ и других водных объектов;
- 8) окультуривание пахотных почв — регулярное обогащение органическим веществом, поддержание комковато-зернистой структуры, рыхлого сложения корнеобитаемого слоя, устранение кочек, пней, мелких неровностей рельефа (микрорельефа пашни) и пестроты пахотного слоя методами срезки, землевания и др.

2 Коренные улучшения малопродуктивных и непродуктивных почв включают следующие мелиоративные мероприятия:

- 1) осушение заболоченных земель;
- 2) орошение незасоленных почв;
- 3) комплекс мероприятий по орошению, рассолению и освоению засоленных почв и солончаков полупустынь и пустынь:
 - а) глубокий эффективный дренаж;
 - б) планировки (выравнивание) микрорельефа;
 - в) химические мелиорации (при содовом засолении);
 - г) мелиоративные промывки;
 - д) эксплуатационные промывки;
 - е) вегетационные поливы ;
 - ж) дренаж глубокий для отвода промывных и грунтовых вод;
- з) изоляция минерализованных (1,5-3,0 г/л и выше) дренажных вод от рек и других водоемов с использование их для полива высоко солеустойчивых культур и галофитов на песках или в засоленных понижениях;
- 4) комплекс мероприятий по мелиорации солонцов и такыров:
 - а) выравнивание микрорельефа;
 - б) внесение мелиоративных доз органических удобрений (до 100 т/га);
 - в) внесение гипса, кислотных отходов, фосфогипса, извести в сочетании с высокими мелиоративными дозами органических удобрений и землевание на солонцах, не имеющих гипсового горизонта;

г) снегозадержание или умеренное увлажнение для удаления продуктов обменных реакций;

д) травопольные севообороты и применение физиологически кислых удобрений, повторное внесение органических удобрений;

5) мелиорация кислых почв - известкование кислых, оподзоленных кислых, осушенных болотных, дельтовых, приморских (сульфидных) почв; обогащение их травостоя злаками в сочетании с органическими и физико-химическими щелочными минеральными удобрениями, использование известковых сапропелей;

6) осушение торфяников, их землевание, покрытие сапропелем и окультуривание;

7) мелиорация слитых, переуплотненных бесструктурных тяжелых почв, глубокое безоборотное рыхление, обогащение известковым и органическим веществом, пескование совместно с навозным удобрением;

8) инженерное и лесомелиоративное закрепление и хозяйственное освоение оврагов — строительство плотин и небольших прудов, выполаживание и залужение склонов, близких к оврагам.

3 Восстановительные мелиорации, рекультивация разрушенных и создание новых искусственных почв:

1) рекультивация терриконов, отвалов, открытых шахтных выработок, выработанных торфяников, карьеров, взрывных воронок и траншей;

2) выполаживание полностью эродированных массивов, их землевание, облесение и залужение;

3) землевание полностью развеянных ветрами пахотных почв и песков;

4) внесение сапропеля или пойменного аллювия на бесплодные песчаные подзолы, торфяники и тяжелосуглинистые почвы;

5) кольматаж (водное наильение мелкозема) болот, галечниковых пространств, песков и такыров;

6) создание на смытых склонах гор и холмов капитальных террас и обвалований, обеспечивающих ликвидацию эрозии, создание искусственных почв и освоение их под многолетние и однолетние культуры.

Перечисленные выше мелиоративные мероприятия должны быть дифференцированы применительно к конкретным физико-географическим условиям и типам почв.

Отрицательное антропогенное воздействие на почвы. Хозяйственная деятельность людей приводит не только к положительным, но и к отрицательным результатам в состоянии почв, что выражается в деградации почв и почвенного покрова.

Классификация деградационных процессов.

В результате хозяйственной деятельности почва часто теряет плодородие, деградирует или даже полностью разрушается. Это происходит, когда деятельность человека является нерациональной, экологически необоснованной.

Деградации - это постепенное ухудшение качества почвы в результате ухудшения структуры, химических свойств и утраты плодородия. Полное

разрушение почвы может происходить как в результате природных явлений (природное изменение условий почвообразования извержение вулканов, ураганы), так и в результате хозяйственной деятельности человека.

Явления деградации и полного разрушения почвы можно разделить на несколько основных групп:

1 Нарушение биоэнергетического режима почв и экосистем:

- деvegetация почв (потеря почвами растительного покрова);
- дегумификация почв (потеря почвами гумуса);
- почвоутомление и истощение почв (процессы, происходящие в почвах в результате длительного возделывания одного вида сельскохозяйственных культур).

2 Патологическое состояние почвенных горизонтов и профиля почв:

- отчуждение и выключение почв из действующих экосистем (промышленная эрозия почв, т.е. отчуждение почв под строительство городов, поселков, дорог, линий электропередач и связи, трубопроводов, карьеров, водохранилищ, свалок и т. д.);
- водная и ветровая эрозия почв, т.е. разрушение верхних слоев почвы под действием воды и ветра;
- образование бесструктурных кор и переуплотненных горизонтов (потеря почвой структуры или ее переуплотнение при многократной обработке полей тяжелой техникой при влажности, превышающей «физическую спелость», вторичное осолонцевание черноземных почв, образовании подпахотного уплотненного горизонта на старых пашнях).

3 Нарушение водного и химического режимов почв:

- сухость и опустынивание почв как результат общепланетарного послеледникового процесса опустынивания, так и непродуманной хозяйственной деятельности человека;
- селевые разливы и оползни из-за сведения растительности в горных районах, вызванные действием человека;
- вторичное засоление почв как результат чрезмерного орошения минерализованными или пресными водами;
- вторичная кислотность почв или кислотность почв ниже оптимальной, которая для многих сельскохозяйственных растений находится в интервале pH 5,5—8,0; вторичная кислотность возникает в результате выбросов в атмосферу соединений кислот промышленного, транспортного и другого происхождения;
- переосушение почв как результат неправильно проводимых осушительных мелиораций.

4 Затопление, разрушение и засоление почв водами водохранилищ.

Создание водохранилищ сопровождается развитием комплекса негативных процессов, приводящих к деградации почвенного покрова: затопление пойменных и надпойменных террас, подъем уровня грунтовых вод и подтопление почв, абразия берегов и засоление дельт, размыв и уничтожение почв приморских дельт, загрязнение и содовое (щелочное) засоление вод и почв и др.

5 Загрязнение и химическое отравление почв:

- промышленное загрязнение почв в результате осаждения паров, аэрозолей, пыли или растворенных соединений токсичных поллютантов на поверхность почвы вместе с атмосферными осадками;
- сельскохозяйственное загрязнение почв в результате внесения сверхнормальных доз минеральных и органических удобрений, пестицидов и гербицидов, отходов и стоков животноводческих ферм;
- радиоактивное загрязнение почв или накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов отходов на атомных предприятиях, утечки радиоактивных материалов, захоронении отходов атомной промышленности).

6 Дегградация ландшафтов районов с распространением многолетней мерзлоты. Эти территории отличаются крайней неустойчивостью к воздействию антропогенных факторов. Неупорядоченное движение транспорта, перевыпас и другие процессы приводят к нарушению растительного покрова, отличающегося низким биоразнообразием и невысоким проективным покрытием, что обуславливает нарушение мерзлых грунтов, развитие эрозионных процессов, разрушение почвенного покрова.

7 Разрушение почв во время военных действий. Передвижение военной техники, строительство фортификационных сооружений, взрывы бомб, снарядов и т. д. приводят к дегградации, а порой и к полному разрушению почвенного покрова. Испытание и применение ядерного оружия вызывают радиоактивное загрязнение почв.

7 Морфология почв

Любая почва под влиянием конкретных почвообразовательных процессов характеризуется определенным строением и представляет собой систему генетических горизонтов, последовательно сменяющих друг друга по вертикали. По строению почвенный профиль может быть простым и сложным, отличаться набором дифференцированных и недифференцированных генетических горизонтов.

Изучение морфологических свойств почвенного профиля проводят с помощью почвенных разрезов или шурфов (рисунок 8).

По составу горизонты бывают органогенные, гумусированные, карбонатные, железистые и другие, по свойствам — кислые, нейтральные, щелочные, насыщенные, выщелоченные, ненасыщенные и др. Сочетание этих признаков определяет общий, внешний вид почвенного профиля и различия между генетическими горизонтами. К внешним морфологическим признакам относятся строение, мощность профиля и отдельных горизонтов, окраска, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования, включения.

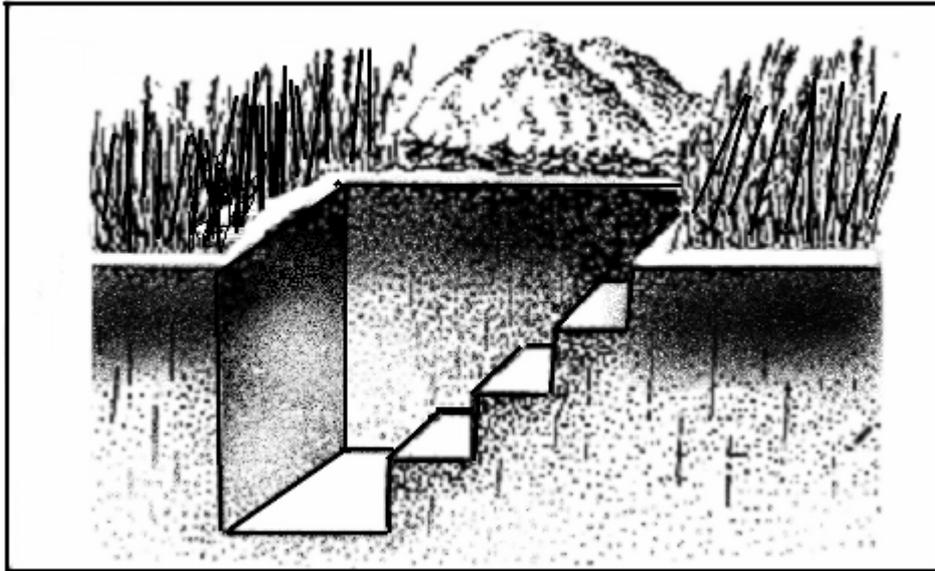


Рисунок 8 - Вид почвенного разреза

Строение почвы — общий облик почвенного профиля. Характер и последовательность генетических горизонтов специфичны для каждой почвы, что является основной диагностической характеристикой. Каждый горизонт имеет название и буквенное обозначение (индекс).

Обычно выделяют следующие генетические горизонты почв: A_0 (O — по новой системе) — лесная подстилка; A_a — дернина; A — гумусово-аккумулятивный; A_i — гумусово-элювиальный; A_2 (E — по новой системе) — элювиальный; B — иллювиальный, переходный от гумусового к материнской породе; G — глеевый; C — материнская, D — подстилающая порода.

A_0 — лесная подстилка, моховой олес, подразделяется на: AL — свежий опад; AF — слой разложения с преобладанием слаборазложившихся растительных остатков, сохраняющих свое анатомическое строение; AH — частично гумифицированный опад, смешанный с минеральной частью почвы.

Дернина (A_a) — густо пронизанный корнями растений верхний слой почвы, формируется под луговой (травянистой) растительностью.

Гумусово-аккумулятивный (A) горизонт формируется в верхней части профиля в результате накопления гумуса и элементов питания. Этот горизонт присутствует у тех почв, которые не вовлечены в пахотное использование.

Пахотный горизонт (A_p , или A_r — по новой системе) — поверхностный гумусовый горизонт, преобразованный периодической механической обработкой. В большинстве случаев пахотный горизонт представляет собой верхнюю часть гумусово-аккумулятивного горизонта A и является собой главный признак пашни..

В гумусово-элювиальном горизонте A_i наряду с накоплением гумуса происходят разрушение минералов и частичный вынос органических и минеральных веществ в нижележащие горизонты.

Элювиальный горизонт (A_2 , E — по новой системе) всегда окрашен в светлые тона в результате интенсивного разрушения и выноса продуктов разрушения в нижележащие горизонты или за пределы почвенного профиля.

В подзолистых и дерново-подзолистых почвах он называется подзолистым горизонтом, в солодах — осолоделым.

Иллювиальный горизонт (В) — горизонт вымывания, в результате чего он может обогащаться гумусом (B_h), илом (B^*), карбонатами (B_k или B_{Ca}), соединениями железа (B_{Fe}), глиной (B_t). В черноземах и каштановых почвах он называется переходным от гумусово-аккумулятивного к породе, так как в этих почвах перемещение веществ сверху вниз не происходит. Как правило этот горизонт имеет бурую, красно-бурую или желто-бурую окраску. Он может подразделяться на B_i , B_2 , B_3 и т.д.

Глеевый горизонт (G) формируется в гидроморфных почвах вследствие длительного или постоянного избыточного увлажнения.

В анаэробных условиях образуются закисные соединения железа и марганца. На фоне сизовато-серой окраски обычно присутствуют охристые пятна, черные или темно-бурые пятна железомарганцевых образований. Если глееватость обнаруживается в других горизонтах, то к их индексу добавляется буква g, например A_g . Слабая выраженность оглеения отмечается символом в скобках (g). Грунтовое оглеение подчеркивают одной чертой снизу — G, поверхностное — сверху G.

Материнская порода (C) представляет собой незатронутую почвообразованием породу, в верхнюю часть которой могут вымываться некоторое количество солей из верхних слоев почв. Их присутствие обозначается дополнительными буквами: карбонатов — C_k , гипса — C_g , сульфатов — C_s .

Подстилаящая порода (D) выделяется тогда, когда почвенные горизонты образовались на породе, ниже которой расположена другая порода.

Мощность почвенного профиля — общая протяженность всех горизонтов до материнской породы. У различных почв она колеблется от 40–50 до 100–150 см и более.

Мощность почвенного горизонта — протяженность от его верхней до нижней границы. Например, $A_0 = 0–5$ см, $A_i = 5–25$ см и т.д., т.е. видна как мощность, так и глубина расположения горизонта. При описании почвенного профиля указывается характер перехода между горизонтами: границы между ними могут быть ясными и резкими, ровными и извилистыми, в виде «затеков» и «карманов», постепенными, если окраска одного горизонта сменяется другой на протяжении более 5 см. Указывается форма границ, которая может быть ровной, волнистой, языковатой, «изъеденной». Сочетание горизонтов позволяет записать строение почвенного профиля в виде своеобразной формулы, например: $A_0 — A_i — A_2 — B_j — B_2 \sim BC — C$ — подзолистая почва; $A_n — A_g — A_2B_1 — B_g — BC_g — C_g$ — дерново-подзолистая пахотная грунтово-глееватая почва.

Профиль называется нормальным, если почва имеет полный набор горизонтов в соответствии с типом почвообразования.

Окраска почвенных горизонтов зависит от сочетания гумусовых, органических, и минеральных веществ. Мощный темноокрашенный горизонт свидетельствует о больших запасах гумуса; светлый, белесый цвет указывает

на обеднение почвы питательными веществами в результате подзолообразовательного процесса; красный обусловлен оксидами железа.

При характеристике цвета отличают основной фон, затем детали в виде «пятен», «пятнышек», примазок, изменяющих основной цвет, например «почва желто-бурого цвета с расплывчатыми сизоватыми пятнами и примазками».

Структура почвы — отдельности (агрегаты), на которые расчленяется масса почвы, причем с агрофизической и морфологической точек зрения почвенная структура — это понятия разные. С агрономической точки зрения структурная почва должна содержать мезоагрегаты, т.е. отдельности от 0,25 до 7 (10) мм, остальные почвы именуется бесструктурными. Соответственно этому введено понятие о коэффициенте структурности почвы K : $K = a/b$, где a — количество мезоагрегатов; b — сумма микро-(< 0,25 мм) и макроагрегатов (> 7—10 мм). Кроме того, различают ложные и истинные агрегаты. Истинные имеют большую пористость и водопрочность, а ложные либо нестойки в воде, либо абсолютно водостойки вследствие цементации.

С морфогенетической точки зрения различают три вида структуры (по С.А. Захарову): кубовидную, призмовидную и плитовидную.

В кубовидной структуре отдельности развиты более или менее равномерно по трем осям, в пределах этого вида выделяют глыбистую, комковатую, пылеватую, ореховатую, зернистую, конкреционную (скопление округлых конкреций, как в ортштейне) и икряную (мелкие округлые агрегаты образуют сплошную массу).

В призмовидном виде отдельности развиты по вертикальной оси, выделяются три рода этой структуры: столбчатая, призмовидная и призматическая.

В плитовидной структуре отдельности развиты по горизонтальной оси, подразделяются на плитчатую, пластинчатую, листовую, чешуйчатую.

Кубовидная структура характерна для верхних гумусовых и верхней части иллювиальных горизонтов, плитовидная — для элювиальных горизонтов, призмовидная — для иллювиальных. Почва может быть структурной и бесструктурной (песок). Чаще в природе встречаются смешанные типы структур: комковато-ореховатая, пылевато-комковатая и т.д. Агрономически ценными видами структуры для A_n являются все виды зернистых, средне- и мелкоореховатых и среднекомковатых агрегатов. Важно отметить однородность и степень выраженности структуры и ее водопрочность

Гранулометрический состав почвы определяется в полевых условиях «сухим растиранием», методом «зеркал», органолептически — скатыванием между пальцами, а точнее, лабораторным методом с использованием классификации Н.А. Качинского.

Сложение почв зависит от гранулометрического состава и структуры почвы. Различают слитое (очень плотное), плотное, рыхлое и рассыпчатое сложение. Оно является агрономически ценным признаком, поскольку от него

зависят водные, воздушные, общие физические и физико-механические свойства.

Новообразования — скопления разнообразных веществ химического и биологического происхождения, резко отличающиеся от массы почвы по цвету и составу. В почвах России чаще обнаруживаются новообразования из углекислой извести в виде налетов, выцветов, «сединок», «плесени»; железистые выцветы, потеки-кутаны в виде ржаво-охристых, бурых пятен, прожилок, пленок по структурным отдельностям; кремнеземнистая присыпка (скелетаны) в виде белесых зерен в горизонте A_1 , прожилок в других горизонтах; органоминеральные налеты в виде пленок, корочек, потеков по граням структурных отдельностей; глинистые натеки в виде скоплений на поверхности структурных отдельностей; конкреции — карбонатные («журавчики», «дутики», «белоглазка», «лессовые куколки»); темно-бурые орштейновые; железистые (рудяковые зерна, бобовины); нодулы (железо-марганцевые стяжения, образованные рыхлым материалом). Кроме того выделяют прослойки, к которым относятся луговая известь (мергель) или полутораоксиды железа в подгумусовых горизонтах дерновых, заболоченных почв в виде охры, рудяка и ячеистых пластов лимонита мощностью 5—10 см, ортзанцы и псевдофибры в песчаных почвах, вивианит в торфах, гумусовых и подгумусовых горизонтах, сапропель органический, минеральный и известковый.

В засоленных почвах встречаются легкорастворимые соли самого различного состава, среди которых чаще других встречаются $NaCl$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$, $MgCl_2$, $CaCl_2$, гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$.

К биологическим новообразованиям относятся:

- копролиты — экскременты червей и личинок, включающих почву, прошедшую через пищеварительный тракт;
- кротовины — ходы землероев в виде крупных пятен округлой, овальной или вытянутой формы.; они типичны для черноземов;
- корневины — следы сгнивших крупных древесных корней в лесных почвах;
- червоточины — извилистые ходы червей, которые встречаются во многих типах почв;
- дендриты — отпечатки мелких корешков на поверхности структурных отдельностей в виде узора, встречаются в разных почвах.

Включения — инородные тела в профиле почвы, не связанные с почвообразовательным процессом. К ним относятся камни, обломки кирпича, кусочки угля, кости, черепки и др.

8 Гумус. Химический состав почв

8.1 Понятие об органическом веществе почвы

Превращение органического вещества в гумус является сложным биохимическим процессом, совершающимся в почве при участии растительности, микроорганизмов, животных, воды и воздуха.

Превращение растительной биомассы в гумус - это совокупность процессов разложения исходного органического вещества, синтеза вторичных форм микробной плазмы и их гумификация. Процессы разложения и минерализации органических остатков носят биокаталитический характер и протекают с участием ферментов.

Скорость процессов разложения и минерализации различных органических соединений неодинакова. Наиболее полно и интенсивно минерализуются растворимые сахара, крахмал, затем по скорости следуют белки и целлюлоза. Наиболее устойчивы к разложению и минерализации лигнин, смолы, воски. Скорости разложения не одинакова, зависит от химического состава растительной массы и составляет 25-50% за 6 месяцев. Параллельно с разложением и минерализацией органических остатков идут процессы их гумификации, т.е. синтеза новых органических соединений. В результате процессов гумификации образуются устойчивые против разложения органические соединения гумусовых веществ, накапливающиеся в почве при благоприятных условиях. Многие ученые рассматривают гумификацию как конденсацию или полимеризацию ряда промежуточных продуктов разложения.

Основоположник этой теории - А.Г.Трусков - считал, что гумификация - это процесс окисления и конденсации пиррольных и бензольных соединений, которые образуются при разложении белков, с фенольными и хинонными производными, выделяющимися при разложении лигнина и дубильных веществ. А.М.Кононова считала и доказала в лаборатории возможность конденсации фенолов различного происхождения с белковыми продуктами вторичного синтеза микроорганизмов.

У. Фляйг рассматривал гуминовые кислоты как продукты полимеризации веществ фенольной природы с азотосодержащими соединениями, образующимися при распаде белков, а источником фенолов является, по мнению этого американского исследователя, лигнин. Другой американский микробиолог, С. Ваксман, считал, что гумус представляет собой лигнино-протеиновый комплекс. Основным положением всех этих теорий является представление о гумификации как о системе реакций конденсации или полимеризации мономеров, относительно простых промежуточных продуктов разложения: аминокислот, фенолов, хинонов. Не подвергаясь дальнейшему разложению, они начинают синтезироваться вне живых клеток в высокомолекулярные гумусовые вещества.

И.В.Тюрин считал, что основной чертой гумификации является реакция медленного биохимического окисления различных высокомолекулярных соединений, имеющих циклическое строение (белки микробного происхождения, лигнин, дубильные вещества. Реакции окисления сопровождаются полимеризацией и уплотнением, взаимной конденсацией этих высокомолекулярных соединений, устойчивых к разложению.

На скорость гумусообразования влияет водный и воздушный режим. В аэробных условиях при достаточном количестве влаги и оптимальной температуре процессы разложения исходной для гумусообразования биомассы идут интенсивно. Но интенсивно идут и процессы разложения промежуточных продуктов гумусообразования и самого гумуса. В результате гумуса накапливается мало. При резком недостатке влаги накапливается мало растительной органики, а процессы разложения и гумусообразования протекают медленно. В аэробных условиях при избытке влаги, при низких температурах гумусообразование замедляется. Наиболее благоприятные процессы слагаются при оптимальном гидротермическом режиме и при периодически повторяющихся иссушениях. При этих условиях происходит постепенное разложение органики, она гумифицируется и закрепляется в почве.

Большое влияние на скорость гумусообразования оказывают химический состав растительности и характер их поступления в почву. Существует разница между древесной и травянистой растительностью. Влияют механические и физико-химические свойства почв, химический и минералогический состав.

Ниже представлена общая схема процесса гумусообразования в почве (рисунок 9).

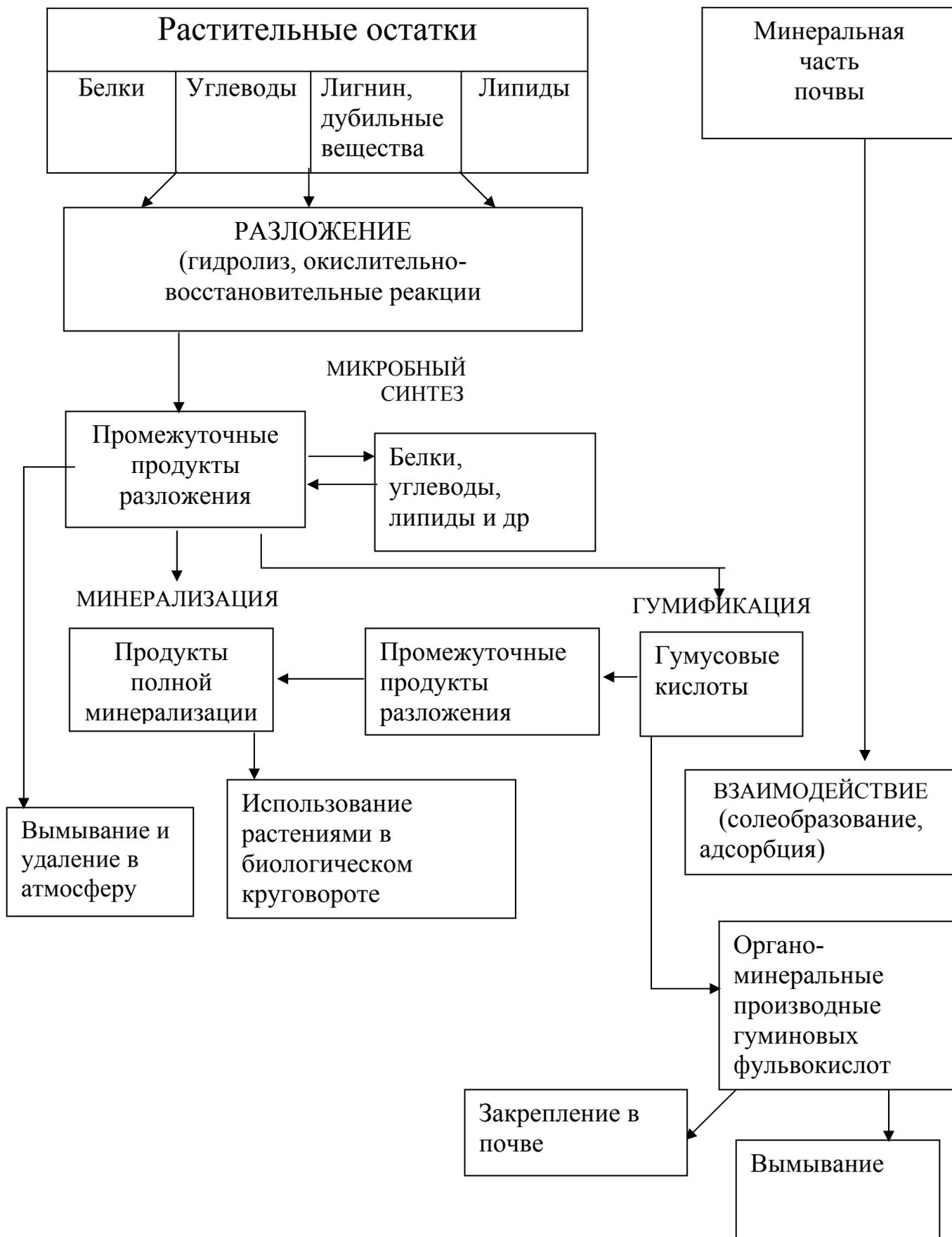


Рисунок 9 - Общая схема гумусообразования

В состав гумуса входят две большие группы веществ:

а) обширная группа негумифицированных веществ, входящих в состав органических остатков и промежуточных продуктов разложения;

б) группа гумусовых веществ - главная и специфическая часть гумуса.

Поэтому принято считать, что гумус – сложный динамический комплекс органических соединений, образующийся при разложении и гумификации органических остатков в почве. Его содержание в верхнем горизонте колеблется от 1 до 15%. С глубиной его количество постепенно достигает минимума вплоть до полного отсутствия.

Негумифицированные остатки составляют 10-15%. Для них характерна динамичность как в качестве, так и в количестве вследствие непрерывно происходящих в почве различных химических и физико-химических процессов. Таким образом принято считать, что гумусовые вещества представляют собой систему высокомолекулярных азотосодержащих органических соединений циклического строения и кислотной природы. Кислотная природа гумуса предопределяет их взаимодействие с минеральной частью и возможность их закрепления в почве.

Гумусовые вещества делятся на 2 группы:

а) группа темноокрашенных гуминовых кислот, включающая собственно гуминовые кислоты и ульминовые кислоты;

б) группа фульвокислот (креновые и апокреновые кислоты).

Между двумя этими группами существует генетическая связь, но характер этой связи недостаточно ясен. Соотношение между ними в разных почвах различно и обусловлено условиями почвообразования.

Различают три формы гумусовых кислот в почвах: а) свободные гуминовые и фульвокислоты; б) гуматы и фульваты щелочных и щелочноземельных металлов; в) комплексные аллюмо- и железогуминовые соединения.

Часть гумусовых веществ, очень прочно связанных с минеральной частью почвы, называется гуминами. Гумусовые вещества, не связанные с минеральной частью почвы, образуют микроагрегаты в порах почвы.

Участие в разложении гумусовых веществ микроорганизмов не подлежит сомнению. Иначе бы их количество постоянно росло. Гуминовые кислоты минерализуются медленнее, примерно 10% за год. Интенсивнее разлагаются фульвокислоты – до 33% от исходной массы в год. На процессы разложения влияет комплекс условий: увлажнения, механический состав, растительность и т. д.

8.2 Роль гумуса в почвообразовании, плодородии и питании растений

Гумусовые вещества за счет своей кислотной природы участвуют в выветривании горных пород. С гумусом и прежде всего с фульвокислотами по почвенному профилю мигрируют такие элементы, как кальций, магний, калий. Реакция почвы под влиянием гумуса становится более кислой.

Следовательно, увеличивается интенсивность химического выветривания минералов. Это источник минеральных элементов для растений. Определяет физические свойства почв и прежде всего структуру. Регулирует газовый состав почвенного воздуха (углекислый газ).

8.3 Химический состав почв

В состав органической и минеральной составляющих почв входят едва ли не все элементы системы Д.И.Менделеева. В состав литосферы, из которой на 90-95% состоит минеральная часть почвы, входит 47,2% кислорода, 27,6% кремния, 8,8% алюминия, 5,1% железа. Остальная доля принадлежит совокупности всех других элементов.

Кислород входит в состав большинства минералов почв. *Кремний* в виде кварца также входит в состав силикатов, орто- и метакремниевых кислот. Растворенный кремнезем используется растениями. В злаках накапливается до 3% кремнезема от сухого вещества. Он образует вторичные силикаты – алюмо- и ферросиликаты. По отношению SiO_2 к R_2O_3 коры выветривания, по предложению С.В. Зона, подразделяют на аллитные, где это отношение равно менее 2,5, и на сиаллитные с отношением выше 2,5. *Алюминий* входит в состав первичных и вторичных минералов. В щелочной среде гидроокись алюминия, которая освобождается при выветривании алюмосодержащих минералов, выпадает в виде коллоидных осадков – гелей $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, переходящих при кристаллизации во вторичный минерал – гиббит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) и бамит ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$). В кислой среде (рН меньше 5) гидроокиси делают более подвижными и алюминий появляется в виде таких ионов, как $\text{Al}(\text{OH})_2^+$ и $\text{Al}(\text{OH})_2^{2+}$, что отрицательно сказывается на росте растений. *Железо* входит в состав большого количества соединений, в т.ч. в состав эритроцитов. При выветривании образуется гидроокись железа, которая при кристаллизации превращается в гетит и гидрогетит. В кислой среде подвижность гидроокиси железа увеличивается, и в почвенном растворе появляются ионы трехвалентного железа. В восстановительных условиях окисное железо переходит в закисное с образованием растворимых соединений, доступных растениям. В окислительных условиях (щелочные и нейтральные почвы) растения могут испытывать недостаток железа – хлороз. Повышенная растворимость железа в восстановительных условиях также угнетает растения. *Азот* доступен в виде минеральных соединений: аммония, нитратов, нитритов, которые освобождаются при разложении азотистых органических соединений. Весь азот в почве содержится в гумусе и органическом веществе почв. Аммонийный и нитратный азот – основные формы азотистых соединений, которыми питаются растения. Нитриты, как промежуточный продукт, в почве практически не содержатся. Аммонийный азот для растений более доступен, чем нитратный. Хотя ионы NO_3^{2-} почвой не поглощаются и содержатся в почвенном растворе. *Фосфор* входит в состав многих органических соединений. В почве содержится в виде органических и минеральных соединений. Органический фосфор содержится в нуклеиновых

кислотах, нуклеопротеидах, фосфатидах. Минеральный фосфор присутствует в виде солей кальция, магния, железа, алюминия. Кроме того, иногда фосфор в почве находится в составе минерала апатита. Он является первоисточником всех почвенных соединений фосфора. 95% минеральных соединений фосфора в земной коре приходится на долю апатита. Растворимость фосфатов кальция, магния, алюминия, железа тем меньше, чем выше основность этих соединений. Кислые почвы содержат химически активные формы железа, алюминия и фосфора. В щелочной и нейтральной среде преобладают фосфаты кальция - это трех кальциевый фосфат и гидроксил апатит, то есть здесь фосфорные соединения находятся в более устойчивых формах. Наиболее благоприятная среда для усвоения растениями фосфора – слабокислая ($pH = 6,0-6,5$). Применение фосфорных удобрений целесообразно почти во всех почвах. *Сера* входит в состав белков, эфирных масел. Валовое содержание серы в верхних горизонтах почв – от 0,01 до 2,0%. Сера в почве находится в форме сульфатов, сульфидов и в составе органических веществ. При разложении органического вещества и окислении сульфидов образуются сульфаты, которые являются наиболее устойчивыми соединениями в почве. Сульфаты калия, натрия, магния хорошо растворимы и накапливаются в почве только в условиях сухого климата. Обычно в почвах содержится достаточное количество серы. *Калий* имеет важное физиологическое значение для растений и животных. В основном он находится в составе кристаллических решеток минералов в малодоступной форме. Калий также содержится в поглощенном состоянии (обменном и необменном) и в форме простых солей. Для растений основной источник калия – это обменный калий. Его доступность тем больше, чем выше степень насыщенности им почв. Необменный калий труднодоступен. Между обменным и необменным калием существует в почве определенное равновесие. *Кальций и магний* – оба эти элемента являются необходимыми для роста и развития растений. Им принадлежит важная физиологическая роль. Находятся в составе кристаллических решеток минералов, в форме простых солей и в поглощенно-обменном состоянии. Среди поглощенных катионов кальций занимает первое место, магний – второе. Магний входит в состав хлопофилла, поэтому роль его в физиологии растений чрезвычайно велика. Карбонаты кальция и магния как малорастворимые соединения широко распространены в почвах и служат важнейшим источником этих элементов. Растения обычно не испытывают недостаток в кальции и магнии, однако многие почвы нуждаются в известковании или гипсовании в целях улучшения их свойств.

К *группе микроэлементов*, т.е к тем химическим веществам, которые находятся в почве в незначительном количестве, относятся бор, марганец, молибден, медь, цинк, кобальт, фтор, йод. Их физиологическая роль очень важна. Они входят в состав витаминов, ферментов, гормонов. Влияют на урожайность растений, на качество и количество урожая. Так, при нехватке меди наблюдается полегание растений, невызревание, снижение урожайности. Наблюдается прочная связь между содержанием

микроэлементов и урожайностью, продуктивностью животных, здоровьем человека.

Биогеохимическая провинция – это территория, отличающаяся от соседних концентрацией в среде (почва, вода, воздух) одного или нескольких микроэлементов. В пределах этих территорий вследствие избытка или недостатка микроэлементов могут появляться массовые нарушения обмена веществ у растений, животных и человека, с чем связаны специфические заболевания – биогеохимические эндемии. По ориентировочным данным к бедным почвам по подвижным формам микроэлементов относятся те, которые имеют содержание меди меньше 0,3; цинка - меньше 0,2; марганца - меньше 1; кобальта - меньше 0,2; молибдена - меньше 0,05; бора - меньше 0,1 мг на 1 кг почвы.

9 Поглощительная способность почв

Одной из важных свойств почв является ее поглощительная способность. Почва способна поглощать ряд веществ, газы и пары воды. Твердая фаза почвы представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц разных размеров – от крупных до мельчайших (илистых и коллоидных). Благодаря наличию тонкодисперсных частиц и пористости, почва обладает способностью задерживать те или иные вещества, приходящие с ней в соприкосновение. Почвой задерживаются вещества в молекулярном и ионном состоянии, тонких коллоидов и суспензий. Явление поглощения и удерживания веществ из почвенного раствора, а также коллоидально распыленных частиц, паров, газов и живых микроорганизмов получило название поглощительной способности почв. С ней связаны важнейшие особенности почвообразовательных процессов и многие свойства, определяющие плодородие почв.

Коллоидными называются частицы размером от 10^{-5} - 10^{-7} см. Коллоидные частицы проходят через обычные фильтры, не оседают в воде и имеют другие свойства. В воде эти частицы дают коллоидные растворы или системы. Они отличаются как от истинно молекулярных растворов (менее 10^{-7} см.), так и от грубых суспензий (более 10^{-5} см.).

Коллоидные частицы образуются двумя путями: конденсационным – когда они образуются вследствие физического или химического соединения молекул (или ионов) и дисперсионным, формирующиеся за счет механического или химического дробления крупных частиц.

По своей природе коллоиды делятся на минеральные, органические и комплексные.

Минеральные коллоиды состоят из первичных (кварц или слюда) и вторичных минералов. Вторичные минералы делятся по строению на кристаллические и аморфные. Вторичные минералы кристаллического строения – это в своем большинстве гидрослюды. К аморфным относятся

гидраты окиси железа, алюминия, кремния. Для большинства почв кристаллические коллоиды составляют 87 – 90 %, аморфные – 10-13 %. Органические коллоиды – это группы гумусовых (мертвых органических) веществ и живые коллоидно-дисперсные системы: клеточные оболочки, окончания корневых корешков, клетки микроорганизмов. Органо-минеральные (комплексные) коллоиды представляют из себя соединения гумусовых веществ с глинистыми и другими вторичными минералами.

Коллоиды – это двухфазные системы, состоящие из дисперсной фазы, т.е. массы коллоидных частиц, и дисперсной среды или почвенного раствора.

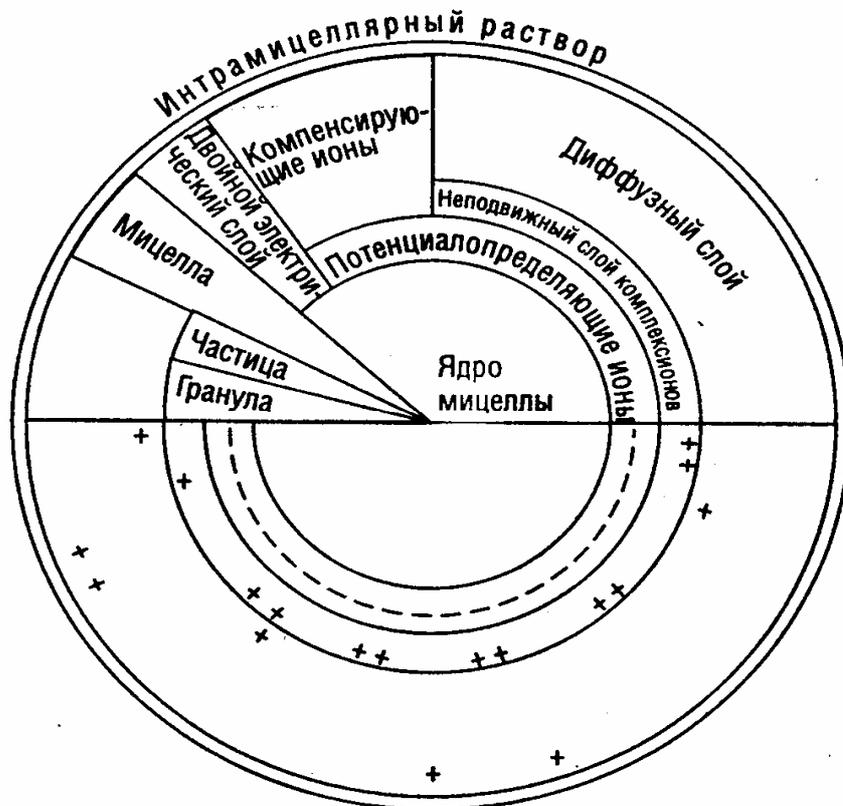
Почвенные коллоиды вследствие высокой степени дисперсности отличаются большой поверхностной энергией. При взаимодействии почвенных коллоидов (дисперсной фазы) с водой (дисперсной средой) в системе возникают электрические силы. Вокруг коллоидной частицы в растворе образуется двойной электрический слой, состоящий из зарядов противоположного знака.

Коллоидная частица всегда имеет какой-либо электрический заряд. Если это органические коллоиды, то заряд определяется за счет карбоксильных (COOH), карбонильных (CO) и гидроксильных (OH) групп. Если эта частица минеральная заряд образуется за счет несвязанной валентности. Наличие неизрасходованных валентности (остаточной валентности) обуславливает появление электрического поля, вызывающего притягивание ионов из раствора, т.е. их поглощение. В растворе создаются условия, когда органическая молекула, минеральная частица или органо-минеральное соединение поглощает преимущественно катионы или анионы. Закрепляются те ионы, которые дают при взаимодействии с ионами коллоидной частицы трудно растворимые соединения. За счет этих сил вокруг коллоидной частицы (ядра мицеллы) прочно удерживается неподвижный слой, несущий противоположный ядру заряд – слой потенциалопределяющих ионов. Ядро мицеллы вместе со слоем потенциалопределяющих ионов образует гранулу (рисунок 10). Между гранулой и раствором, окружающим коллоид, возникает электростатический потенциал, под влиянием которого ионы притягиваются из раствора или из дисперсной среды. Это, так называемые, компенсирующие ионы. Они расположены двумя слоями. Ионы, удерживаемые электростатическими силами, образуют неподвижный слой компенсирующих ионов. Ядро со слоями потенциалопределяющих ионов и неподвижных компенсирующих ионов называют коллоидной частицей. Между ней и окружающим раствором продолжает оставаться электрокинетический потенциал, под влиянием которого находится второй слой компенсирующих ионов – диффузный слой.

Коллоидная частица вместе с диффузным слоем образуют мицеллу. Мицеллы, как правило, не имеют шарообразной формы, а имеют вид пластинок, палочек, дисков, иголок. Коллоидная мицелла электронеутральна. Заряд коллоида определяют по заряду гранулы. Отрицательный заряд гранулы имеет большинство глинистых минералов, органические коллоиды.

Гидроокись алюминия и железа в кислой среде имеют положительный заряд гранул.

Одним из важнейших свойств коллоидов является их способности в определенных условиях диссоциировать в окружающий раствор ионы, удерживаемые



электрокинетическим и силами.

В зависимости от знака заряда коллоиды делятся на ацидоидные и базоидные.

Ацидоидные – коллоиды, несущие отрицательный заряд и диссоциирующие в раствор ионы водорода. К этой группе относятся органические кислоты, глинистые кристаллические минералы.

Рисунок 10 - Схема строения коллоидной частицы

Базоидными называют коллоиды, несущие положительный заряд и диссоциирующие в раствор гидроксил - ионы, т.е. обладающие свойствами оснований. К этой группе относятся гидраты окиси алюминия, железа, белковые соединения.

Степень диссоциации ионов, величина электрического заряда, знак заряда коллоидов зависит от реакции среды. В щелочной среде противоионами (компенсирующий ион) являются катионы и благодаря лучшей диссоциации потенциал коллоидов повышается. В кислой среде коллоиды гумусовых кислот характеризуются слабой степенью диссоциации, вследствие чего их электрический потенциал сравнительно небольшой. У глинистых минералов в щелочной среде электрический заряд повышается.

Некоторые коллоиды могут менять знак своего заряда. Эти аморфные коллоиды имеют на поверхности группы, которые в зависимости от реакции раствора ведут себя то как кислота, то как основание. Такие коллоиды получили название амфолитоиды. В условиях кислой реакции в растворе находится большое количество ионов водорода и небольшое количество гидроксил ионов, отчего подавляется диссоциация иона водорода: $Al(OH)_2 = Al(OH)_2 + OH$, т.е. гидроокись алюминия ведет себя как основание. В щелочных условиях в растворе проявляется высокая концентрация

гидроксила, что приводит к подавлению диссоциации гидроксил ионов, т.е. в этих условиях амфолитоид ведет себя как кислота: $Al(OH)_2=AlO(OH)_2+H$

Среди почвенных коллоидов преобладают ацидоиды, играющие важнейшую роль в явлениях поглощения катионов кальция, натрия, калия, магния. Наличие коллоидов с базоидными свойствами важно в связи с явлениями поглощения анионов, в частности фосфат-ионов.

Вследствие наличия электрических зарядов коллоидные частицы обладают свойством взаимодействовать с молекулами дисперсной среды. Они, в частности, способны взаимодействовать с водой. Молекулы воды, приближаясь к коллоидной частице, приобретают форму диполя. У них возникают два полюса, несущие заряды. Диполи приобретают строгую ориентировку, образуя вокруг частицы водную пленку, толщина которой зависит от природы коллоидов и величины их зарядов. По отношению к воде коллоиды могут быть разделены на две группы: гидрофобные и гидрофильные. *Гидрофильные* коллоиды способны удерживать многослойную пленку воды, *гидрофобные* коллоиды гидратируются слабо. К группе гидрофильных коллоидов относятся органические кислоты, белки, к гидрофобным относятся гидроокись Fe, каолинит и др. деление такое является во многом условным. Т.к. при измельчении твердых частиц степень гидратации возрастает из-за повышения энергии заряда.

Наличие электрического заряда обуславливает электрокинетические свойства коллоидов, главными из которых являются коагуляция и пептизация. Важнейшим свойством почвенных коллоидов является их агрегативная устойчивость, т.е. способность коллоидной системы сохранять неизменной степень дисперсности. Укрупнению частиц препятствует гидратация. Все коллоиды присутствуют в растворе в виде золя (коллоидного раствора, где частички разделены молекулами воды) и в виде геля, или осадка. Наиболее устойчивы гидрофильные коллоиды, которые способны сохранять неизменной степень дисперсности частиц в течении длительного времени. Гидрофобные коллоиды быстро теряют агрегативную устойчивость, укрупняются и оседают из раствора – коагулируют. Коагуляция представляет собой агрегирование коллоидных частиц. Условием агрегации является либо дегидратация, т.е. потеря водной оболочки (высушивание почвы, замораживание), либо изменение электрокинетического потенциала частиц вследствие прибавления в коллоидный раствор электролитов. Коагуляция может протекать под действием растворенных в дисперсной среде электролитов или в результате взаимного притяжения коллоидных частиц. В кислой среде, например, притягиваются отрицательно заряженные коллоиды органических кислот и несущие положительный заряд частички гидратов окиси алюминия и железа.

В результате коагуляции коллоидов образуется осадок – коагулят или гель. Характерна для некоторых коллоидов и способность к обратному переходу коагулята (геля, осадка) в коллоидный раствор – золь. *Явление перехода коагулята в золь называют пептизацией коллоидов.* Поэтому золь иногда называют вторичным коллоидным раствором. Этот переход связан с

изменением электрического потенциала коллоидных частиц и степени их гидратации. Гидрофильные коллоиды, насыщенные одновалентными катионами, дают устойчивые коллоидные системы, т.к. эти катионы создают большой потенциал и способны сильно гидратироваться. После коагуляции, вызванной прибавлением электролита, или дегидратацией, эти коллоиды способны переходить в золь, то есть пептизироваться. Такие коллоиды называются обратимыми. Гидрофобные коллоиды, насыщенные 2^x и 3^x валентными катионами, после коагуляции не пептизируются. Эти коллоиды называют необратимыми.

Особым видом коагуляции является тиксотропность, когда гель не отделяется от дисперсной среды, а образует студень, способный возвращаться в состояние золя при механическом воздействии. Это явление распространено в зоне вечной мерзлоты

По способности увеличивать электрокинетический потенциал коллоидов, то есть по диспергирующему воздействию на почву, катионы располагаются в возрастающем порядке: Al³⁺, Ca²⁺, Mg²⁺, H⁺, K⁺, Na⁺, Li⁺. Способность коллоидов к диссоциации ионов обуславливает физико-химическое поглощение катионов и анионов из почвенного раствора. С пептизацией связаны изменения растворимости гумусовых веществ и перемещение органических коллоидов из верхних горизонтов почвы в нижележащие. Гидрофильность коллоидов проявляется в набухании и усадке почвы. С агрегативной устойчивостью коллоидных систем связана способность к перемещению веществ с током воды по профилю почвы и с последующим формированием иллювиальных горизонтов.

Выделяется пять видов *поглотительной способности почв, т.е. способность почвы задерживать соединения или частицы, находящиеся в растворенном состоянии, а также коллоидально распыленные частицы минерального и органического вещества, живые микроорганизмы и грубые суспензии*. К ним относятся:

1) Механическая – обусловлена свойством почвы не пропускать через себя частицы, взмученные в фильтрующейся воде. Зависит от гранулометрического состава, агрегатного состава, плотности сложения почв. Глинистые почвы удерживают почвенные суспензии с диаметром взмученных частиц более 0,001 мм.

2) Химическая – способность почвы закреплять в трудно растворимых соединениях ионы, поступающие в раствор. Это закрепление осуществляется в том случае, если в почвенном растворе, электролите, добавляется соль, образующая с веществом, находящимся в почве, нерастворимое соединение..

3) Физическая – изменение (увеличение или уменьшение) концентрации молекул растворенного вещества в пограничном слое раствора, окружающим почвенные коллоиды. Она обусловлена свободной поверхностной энергией почвенных частиц. Почва и находящийся в ней раствор представляет собой дисперсную систему, в которой твердые частицы являются дисперсной фазой, а раствор – дисперсной средой. На границе соприкосновения почвенных частиц с дисперсной средой проявляется

свободная поверхностная энергия, измеряемая произведением поверхностного натяжения, возникающего на границе соприкосновения дисперсной фазы и дисперсной среды раствора, на суммарную величину поверхности частиц. Чем выше степень дисперсности почвенных частиц, тем больше величина их поверхностной энергии. По мере измельчения частиц резко возрастает их общая и удельная поверхности. А дисперсная система стремится уменьшить свою поверхностную энергию. Это возможно либо за счет укрупнения дисперсной фазы или в связи с уменьшением поверхностного натяжения. Все растворенные вещества делятся на вещества, понижающие поверхностное натяжение и повышающие его. Повышают его неорганические кислоты, основания, соли, органические вещества с большим количеством гидроксильных групп в частности сахара. Понижают поверхностное натяжение органические кислоты, спирты, алкалоиды. Вследствие стремления дисперсных систем к уменьшению поверхностной энергии происходит концентрация растворов органических кислот, спиртов и алкалоидов на границе разделов дисперсной фазы и дисперсной среды. Вещества, повышающие поверхностное натяжение, проявляют более низкую свою концентрацию на границе раздела дисперсной фазы и среды в сравнении с остальным объемом раствора. К веществам, повышающим поверхностное натяжение, относится также хлорид-ион. Вследствие своих свойств он легко выносится из почвы с водой и передвигается по профилю почвы..

4) Физико-химическая поглощательная способность связана с адсорбцией ионов в двойном электрическом слое коллоидов. Это так называемые адсорбционные свойства коллоидов – их способность поглощать катионы, анионы и целые молекулы, находящихся в почвенном растворе. Различают ионную и молекулярную сорбцию. Сорбция – это поглощение ионов или молекул, находящихся в растворе, почвенными коллоидами. Ионная сорбция носит обменный характер и заключается в обмене между катионами диффузного слоя мицеллы и окружающего раствора. В этой связи такую поглощательную способность почв называют *обменной*. (Если почву обработать раствором соли, то произойдет обменная реакция между катионами раствора соли и катионами, находящимися в слое компенсирующих ионов коллоидных мицелл. При этом эквивалентное количество катионов растворенной соли и катионами раствора меняются местами). Совокупность высокодисперсных твердых частиц почв, способных к реакциям обменного поглощения, получила название почвенного поглощающего комплекса (ППК). Основным сорбентом в почве является ее илистая фракция, в составе которой ведущее значение имеют коллоиды. Ионы, находящиеся в компенсирующем слое коллоидных мицелл и способные к реакциям обмена, получили название поглощенных или обменных. *Суммарное количество обменных ионов называется емкостью поглощения*. Ее величина выражается в мг – экв. на 100 г почв. Молекулярная сорбция – фиксация на поверхности мицелл молекул каких-либо соединений (например, молекул воды). В почве имеют место и процессы адгезии или

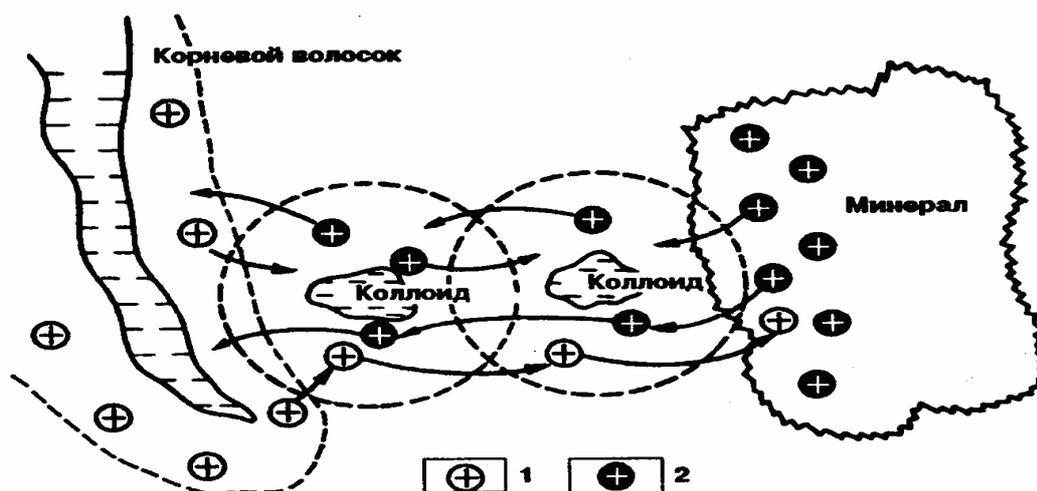
склеивания твердых частиц почвы с сорбированными на их поверхности или выпавшими в осадок минеральными, органическими и органо-минеральными веществами.

Необменное поглощение ионов происходит тогда, когда часть обменных катионов переходит в необменную форму, т.е. не вытесняется из почвы в окружающий раствор при действии нейтральных солей. Механизм этого перехода до конца не выяснен. Предположительно это явление связано с фиксацией этих ионов в межплоскостных промежутках кристаллических решеток глинистых минералов, входящих в состав коллоидов.

5) Биологическая фиксация связана с закреплением вещества в телах живых организмов. Осуществляется растениями, животными, микроорганизмами. Их важная особенность – избирательность, то есть избирательное усвоение из растворов с минеральным содержанием наиболее важных на текущий момент для организмов веществ в присутствии больших количеств остальных соединений.

Таким образом ППК представляет собой совокупность минеральных, органических и органо-минеральных соединений высокой степени дисперсности, нерастворимых в воде и способных поглощать и обменивать поглощенные ионы. В обменном состоянии обычно находятся Ca, Mg, K, Na, Mn, Fe, F, H, Fl. Энергия поглощения элементов находится в ряду: $Li < Na < K < Mg < Ca < Al < Fe$ (по возрастающей).

Поглотительная способность почв и питание растений. Многие вопросы, связанные с плодородием почв, с их способностью обеспечивать растения необходимыми элементами в нужном количестве и в необходимый период их вегетации остаются не до конца исследованными. Здесь излагается одна из версий, которая имеет много последователей (рисунок 11).



1 – ионы водорода; 2 – ионы металлов

Рисунок 11 - Схема поглощения элементов питания корнями растений (по В.Д. Келли и А.Ф. Фредериксону)

Ткани растений представляют собой гидрофильные гели, отрицательно заряженные или амфолитоидного характера. Между дисперсными системами почв и тканями корневых систем растений происходят биохимические и физико-химические реакции. В микроразонах корневых волосков растений, благодаря разнообразным корневым выделениям, создаются иные условия, чем в среднем по горизонту. Корневой аппарат выделяет как катионы, так и анионы, способные вступать в обменные реакции с почвой с ее коллоидами. Вследствие непрерывного оттока продуктов, поглощаемых корневыми системами растений, перехода их в ткани растений, в осадок или в комплексные соединения, происходит непрерывное поглощение новых и новых порций обменных ионов из почвы. Поглощенные катионы почв обмениваются на катионы и анионы, выделяемые корневыми волосками, поступают в ткани растений. От ионного состава ППК, таким образом, решающим образом зависит питание растений.

10 Структура и физические свойства почв

Структурой называют отдельности (агрегаты) различной величины и формы, на которые может распадаться почва. Способность почвы распадаться на такие отдельности называется *структурностью*. Структура влияет на ряд важных в агрономическом отношении свойства почвы, что сказывается на плодородии и других экологических свойствах. В структурных почвах по сравнению с бесструктурными, создаются благоприятные условия водного, воздушного, теплового и питательного режимов. Наиболее благоприятная в агрономическом смысле комковато-зернистая структура с размером агрегатов 0,25-10,0 мм. Важным свойством структуры является ее водопрочность. *Водопрочность* – это способность агрегатов противостоять размывающему действию воды. Водопрочная структура под действием воды или не разрушается, или лишь частично распадается на микроагрегаты. Неводопрочная структура под действием воды распадается на составляющие ее частицы. Если водопрочная структура имеет рыхлую упаковку и, следовательно, высокую пористость (больше 45 %), то почва легко воспринимает воду, а в их поры свободно проникают корневые волоски и организмы. При плотной упаковке агрегатов пористость почв низкая (30-40 %), поры тонкие, в них с трудом проникает вода и корневые волоски, живые организмы. *Поры* – это разнообразные по размерам и форме промежутки между первичными почвенными частицами (механическими элементами) и агрегатами, занятые воздухом или водой. Различают межчастичные поры, внутриагрегатные и межагрегатные. *Почвенными капиллярами* называют системы связанных между собой почвенных пор, диаметром менее 1000 мкм. Различают водопрочность истинную и условную. Истинная водопрочность - это если агрегаты в воздушно - сухом состоянии при быстром погружении в воду не теряют форму и не разрушаются до размеров меньше 0,25 мм. Про условную водопрочность говорят тогда, когда агрегаты не разрушаются в воде, будучи

смоченными перед погружением в воду. Условная водопрочность одних и тех же агрегатов всегда выше истинной.

В бесструктурной почве наблюдаются два крайних состояния увлажнения: а) избыточное, когда все промежутки почвы заполнены водой, а воздух отсутствует, развиваются анаэробные процессы, корни не получают кислорода; б) недостаточное, если в почве много воздуха и кислорода, но имеется недостаток в воде.

В структурной почве вода рассасывается по комкам, а промежутки между комками заполнены воздухом. Воздух содержится также и в порах аэрации, которые расположены внутри комков. Таким образом, в структурной почве одновременно присутствуют в достаточном количестве и вода, и воздух. Структурная почва богаче и доступными для растений питательными веществами. Структурная почва имеет хорошую водопроницаемость, в ней слабо выражен поверхностный сток, т. е. она лучше противостоит эрозии. Вода в ней меньше испаряется.

Следует учитывать и роль микроструктуры (от 0,25 до 0,01 мм). Водопрочная микроструктура повышает влагоемкость, улучшает водо- и воздухопроницаемость почвы. Однако почвы с преобладанием микроагрегатов способны к уплотнению, а это уменьшает водопроницаемость, повышает скорость испарения влаги из почвы, ухудшает газообмен между почвенным и атмосферным воздухом. Микроагрегаты податливы водной и ветровой эрозии. Поэтому только микроагрегатная структура не может обеспечить благоприятные условия для роста растений и защиту почв от эрозии.

Следует, однако, отметить, что оптимальный размер агрегатов зависит от зональных особенностей почв и систем земледелия. Так, во влажных зонах крупные агрегаты обеспечивают лучшую водо- и воздухопроницаемость, а в заболоченных почвах – и водоотдачу; в засушливых условиях важно снизить испаряемость, поэтому здесь ценность приобретают более мелкие отдельности.

В формировании структуры различают два основных разнонаправленных процесса: механического разделения почвы на агрегаты (комки), т.е. ее крошения, и процесс образования прочных, не размываемых в воде отдельностей, т.е. образование водопрочной структуры.

Разделение почвы на комки осуществляется в результате изменения объема почвы при переменном высушивании и увлажнении, промерзании и оттаивании, вследствие давления корней, деятельности копающих животных, червей, рыхлящих орудий.

При замораживании вода, находящаяся в почве, расширяется и давит на стенки комков, при этом участки с незамерзающей водой (внутри комков) уплотняются, часть воды из них выжимается в более крупные капилляры. Промораживание способствует разрыхлению почвы, образованию агрегатов, но водопрочность при этом не создается. Особая положительная роль промораживания сказывается при оптимальной влажной почве (не более 90 % полной влагоемкости).

Большое влияние на формирование почвенной структуры оказывает обработка почв сельскохозяйственными орудиями. Однако при механической обработке почв вместе с образованием структуры происходит и ее разрушение. В зависимости от количества и качества органического вещества, механического состава, применяемых орудий, влажности почв и других условий, при которых происходит обработка, могут преобладать процессы или создания или разрушения структуры.

Водопрочность приобретает в результате сцепления механических частиц и микроагрегатов коллоидными веществами (органическими и минеральными). Чтобы преимущественно минеральные отдельности, сцепленные коллоидами, не растворялись, коллоиды (коллоидные системы) должны быть необратимо скоагулированы. Такими коагулянтами в почве чаще всего являются 2-х и 3-х валентные катионы кальция, магния, железа и алюминия. При наличии одновалентных катионов необратимой коагуляции не происходит и прочной структуры не образуется. Наиболее прочно скрепляющими веществами являются органические коллоиды, в частности гуматы кальция, т.е. гумус, образующийся в ходе почвообразования. Агрегаты, образующиеся при участии только минеральных коллоидов, не обладают водопрочностью. Цементирующими веществами являются и коллоидные продукты жизнедеятельности и автолиза микроорганизмов. Непосредственно клеящим материалом могут быть продукты жизнедеятельности грибов и бактерий.

Травы оказывают наиболее сильное оструктурирующее влияние. Созданная под травами структура наиболее устойчива и лишь постепенно утрачивает водопрочность. Роль растительности в структурообразовании двойственна: а) под влиянием корневых систем происходит механическое разделение почвы на комки и их уплотнение; б) разлагаясь, трава образует гумус, основное клеящее вещество при образовании агрегатов.

Деятельность червей в структурообразовании общеизвестна. Частички почвы, проходя через кишечный тракт червей, уплотняются, склеиваются белковыми по природе выделениями и выбрасываются в виде небольших комочков – капролитов, обладающих высокой водопрочностью.

Таким образом основная роль в структурообразовании принадлежит биологическим факторам, растительности и организмам, населяющим почвы.

Утрата структуры происходит под влиянием механических, физико-химических и биологических причин. К механическим факторам относятся передвижение тяжелой сельскохозяйственной техники, людей, животных, многократное воздействие капель ливневых дождей. Физико-химические причины - это воздействие на структуру одновалентных катионов, попадающими в почву с отходами производства, с атмосферными осадками и удобрениями, а так же из нижележащих слоев почвенных горизонтов. Одновалентные катионы вызывают пептизацию почвенных коллоидов, что существенным образом уменьшают водопрочность структуры. Кроме того отходы могут влиять на видовой состав и биомассу растительности, естественной и культурной, что неминуемо приводит к снижению

содержания и запасов гумуса. Биологические причины связаны в первую очередь с микробиологическими процессами, вызывающими минерализацию органического вещества почв. Вследствие разрушения гумуса структура утрачивает свою водопрочность..

Восстанавливают структуру такие биологические приемы, как посев многолетних трав, внесение органических удобрений, посев сидеритов. Химическая мелиорация почв проводится совместно с биологической. Это известкование кислых почв, гипсование солонцов и солонцовых почв, внесение минеральных удобрений. Эффективными приемами являются обработка почв в спелом состоянии, применение структурообразующих веществ – битумы, вискоза, полимеры и сополимеры и др.

От структурного состояния почв во многом зависят их физические свойства. Физические свойства почв подразделяются на основные и физико-механические. *К основным физическим* свойствам относятся удельный вес, плотность сложения, пористость.

Удельный вес или плотность твердой фазы почвы – это отношение массы ее твердой фазы к весу воды в том же объеме при температуре +4 °С. Интервал значений удельного веса составляет 2,4 – 2,8 г/см³. Он зависит прежде всего от минералогического состава почв и от содержания в них органического компонента. Бедные органическим веществом почвы имеют удельный вес 2,65 – 2,70 г/см³. Мало гумусированные горизонты субтропических почв характеризуются более высоким показателем удельного веса – 2,7 – 2,8 г/см³, а богатые органическими компонентами торфяники имеют удельный вес 1,4 – 1,8 г/см³.

Плотность сложения или плотность почвы – вес единицы объема абсолютно сухой почвы, взятой в ее естественном сложении. Выражается в граммах на 1 см³. При определении плотности сложения узнают вес почвы в единице объема со всеми ее порами, поэтому показатели плотности сложения всегда меньше показателей удельного веса одной и той же почвы. Величина плотности сложения меняется в широких пределах: у минеральных почвах она составляет 0,9 – 1,8 г/см³; у торфянистых и болотных – 0,15 – 0,40 г/см³. На этот показатель оказывает влияние содержание органического вещества, механический и минералогический состав, структурность, сложение, т.е. взаимное расположение частиц твердой фазы почвы. Для черноземов характерно, когда в верхних горизонтах плотности сложения составляет 1,0 – 1,2 г/см³, в нижних – 1,3 – 1,6 г/см³. Благодаря систематическому агротехническому воздействию верхние горизонты окультуренных почв обычно имеют более низкие показатели плотности сложения. Эти величины существенным образом влияют на водный, воздушный и тепловой режимы почвы а, следовательно, на развитие растений. Для большинства растений оптимальной плотностью сложения являются величины в пределах 1,00 – 1,25 г/см³.

Пористость – это суммарный объем всех пор между твердыми частицами почв или между частицами твердой фазы почвы. Пористость выражается в процентах от общего объема почвы. Для минеральных почв эта

величина составляет 25-80 %, для торфяных горизонтов – 80-90 %. Поры в зависимости от величины делятся на капиллярные и некапиллярные. Капиллярная пористость равна объему капиллярных промежутков почвы. Некапиллярная – объему крупных пор. Сумма обоих видов пор составляет общую пористость. Общая пористость вычисляется по формуле:

$$Pr = (1 - PC/UV) \times 100, \quad (1)$$

где Pr – общая пористость, %;
 PC – плотность сложения, г/см³;
 UV – удельный вес, г/см³.

Отношение плотности сложения к удельному весу составляет объем твердой фазы почвы, а за единицу принимается общий объем почвы со всеми ее порами. Экспериментально общая пористость определяется методом заполнения всех пор жидкостью, объем которой замеряется. Величина пористости зависит от структурности, плотности сложения, механического и минералогического состава. Пористость, прежде всего, определяется структурностью почв. В почвах с агрегатами диаметром 1-5 мм соотношение между капиллярной и некапиллярной пористостью складывается в пользу последней. Между плотностью сложения и пористостью имеется обратная зависимость: чем плотнее почва, тем меньше ее пористость. С общей пористостью связаны такие важнейшие свойства почвы как водопроницаемость и воздухопроницаемость, влагоемкость и воздухоемкость, газообмен между почвой и атмосферой. Пористость принято дифференцировать на общую, пористость агрегатов, пористость межагрегатную, пористость капиллярную; учитываются поры, заполнение прочносвязанной водой, поры, заполненные рыхло связанной водой, поры, занятые воздухом (пористость аэрации).

В агрономическом отношении важно, чтобы почвы имели наибольшую капиллярную пористость, заполненную водой, и одновременно пористость аэрации не менее 15-20 % от общего объема минеральных почв.

К физико-механическим свойствам почв относятся: пластичность, липкость, набухание, усадка, связанность, твердость и сопротивление при обработке.

Пластичность – способность почвы изменять свою форму под влиянием какой – либо внешней силы без нарушения сплошности и сохранять приданную форму после устранения этой силы. Она проявляется только при влажном состоянии почвы. В зависимости от увлажнения характер пластичности меняется. Пластичность во многом связана с механическим составом: глинистые почвы имеют число пластичности 17; суглинистая – 7-17; супесь – меньше 7.

Липкостью называют способность почвы прилипать к различным поверхностям. При этом увеличивается сопротивление почвы на воздействующие на нее орудия и ухудшается качество обработки почв. Почвы по липкости делятся на: предельно вязкие (больше 15 г/см²), сильно

вязкие (5-15 г/см²), средние по вязкости (2-5 г/см²), слабо вязкие (меньше 2 г/см²). С липкостью связано такое свойство, как физическая спелость, когда у почвы при обработке исчезает свойство прилипать к сельскохозяйственным машинам. Различают ещё и биологическую спелость – состояние, при котором в почвенной массе активно проявляются биологические процессы (жизнедеятельность микроорганизмов, рост и развитие растений и т.д.).

Набухание – это увеличение объема почвы при увлажнении. Оно определяется по формуле:

$$V_{\text{наб}} = V_1 - V_2 \times 100 / V_2, \quad (2)$$

где V_1 – объем влажной почвы,

V_2 – объем сухой почвы.

Величина набухания зависит от количества и качества коллоидов. При насыщении одновалентными катионами $V_{\text{наб}}$ может равняться 150% и больше.

Усадка – сокращение объема почвы при высыхании. Величина ее зависит от тех же факторов, что и набухание.

$$V_{\text{ус}} = V_1 - V_2 \times 100 / V_2, \quad (3)$$

где V_1 – объем влажной почвы;

V_2 – объем сухой почвы.

Связанность почвы – это ее способность к сопротивлению внешнему усилию, стремящемуся разъединить частицы почвы. Определяется механическим и минералогическим составом, структурным состоянием, влажностью, характером сельскохозяйственного использования.

Твердостью называют сопротивление, которое оказывает почва проникновению в нее под давлением какого-либо тела. Оно определяется при помощи прибора – твердомера. Величина твердости почв измеряется в кг/см². Зависит твердость от увлажнения, структурности, состава поглощенных оснований, гумусированности.

Удельное сопротивление – это усилие, затрачиваемое на подрезание пласта, его оборот и трение между почвой и рабочей поверхностью агрегата. Выражается в кг/см². Его величина зависит от механического состава, влажности, физико-химических свойств почв. Колеблется в пределах от 0,2 до 1,2 кг/см².

11 Водный состав и водный режим почв

Вода – незаменимый фактор, определяющий жизнедеятельность любого организма. Для создания 1 грамма сухого вещества растения расходуют от 200 до 1000 грамм воды. Кроме того, вода является важным составляющим почвообразовательного процесса.

Поступающая в почву влага подвержена влиянию сил природы, под действием которых она может либо передвигаться в разных направлениях, либо задерживаться. Такими силами являются сорбционные, осмотические, менисковые и гравитационные.

Диполи воды способны притягиваться ионами и коллоидными частицами. Явление притягивания диполей воды ионами и почвенными частицами называется *гидратацией*. Она связана с сорбцией парообразной и жидкой влаги. Сорбция – способность тела (почвы) поглощать целые молекулы воды

Осмозом называется проникновение воды через полупроницаемую мембрану в раствор. Давление, развивающееся в сосуде с полупроницаемой стенкой, называется осмотическим. Оно связано с притяжением между частицами раствора и растворителя (воды). В почве осмотические явления наблюдаются в двух случаях: когда взаимодействуют вода (почвенный раствор) и обменные катионы и когда почвенный раствор имеет неодинаковую концентрацию в различных участках почвенной толщи.

В первом случае обменные катионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц, притягивают из раствора молекулы воды, которые стремятся создать вокруг него водную оболочку, способную отжать катион от поверхности почвенных частиц. Это явление рассматривается как проявление осмотического давления.

Менисковые или капиллярные силы обуславливаются поверхностным натяжением воды. Молекулы поверхностного слоя воды находятся под влиянием односторонне направленного притяжения, которое оказывает давление на всю массу жидкости. В силу того, что свободная энергия стремится к наименьшему значению, то это выражается в стремлении к максимальному уменьшению поверхности жидкости. За счет этого явления, а также в связи со смачиванием, происходит искривление поверхности жидкости у стенок сосуда, в который заключена вода. Мениски имеют вогнутую и выгнутую кривизну, что зависит от свойств жидкости (смачивающиеся и не смачивающиеся жидкости). Мениски образуются лишь в трубках (капиллярах) с очень малым диаметром. Высота капиллярного поднятия воды обратно пропорциональна радиусу капилляра и вычисляется по формуле Жюрена:

$$H = 2a/Rgd, \quad (4)$$

где a – величина поверхностного натяжения воды;

R – радиус капилляра;

g – ускорение силы тяжести (9,8 м/с);

d – плотность воды (1 г/см³).

Гравитационные силы влияют на влагу крупных пор.

Для характеристики совокупности сил различной природы введено понятие термодинамического потенциала почвенной влаги. Он является

суммой четырех частных потенциалов: осмотического, гравитационного, капиллярно-сорбционного и потенциала внешнего газового давления.

Почва, полностью насыщенная влагой и не содержащая солей, имеет потенциал почвенной влаги равный «0». По мере иссушения потенциал возрастает. Такая способность изменять свой потенциал получила название сосущей силы почвы. Сосущая сила почвы измеряется в сантиметрах водного столба или атмосферах. Для сухой почвы сосущая сила достигает огромной величины. Величину сосущей силы выражают через ее логарифм. Скофильд (1935) предложил рассматривать сосущую силу как величину энергии данной почвы, выраженную в единицах давления – сантиметрах водного столба. Обозначив свободную энергию символом, F автор обозначил логарифм этой величины символом rF . Таким образом rF – это логарифм всасывающего давления. При свободной энергии, соответствующей 1033 см водного столба, rF равен 3. По мере иссушения почвы величина rF стремится к своему верхнему пределу – к 7.

Существуют следующие основные категории, формы и виды почвенной влаги. Категории почвенной влаги различаются между собой прочностью связи с твердой фазой почвы и степенью подвижности (рисунок 12).

Кристаллизационная влага отличается исключительно высокой прочностью связей и полной неподвижностью.

Твердая влага – это лед. Она также неподвижна.

Парообразная влага передвигается в форме водяного пара от зон с высокой упругостью к участкам с низкой упругостью, но может передвигаться и с током воздуха.

Прочносвязанная влага весьма прочно удерживается адсорбционными силами, присущими почвенным частичкам, образующим на своих поверхностях пленку толщиной в 2-3 молекулы. Может передвигаться только в парообразном состоянии.

Рыхлосвязанная влага удерживается на поверхности тонких пленок прочно связанной воды силой ориентированных молекул (диполей) и за счет гидратирующей способности обменных катионов. Она образует вокруг почвенных частиц пленку, толщина которой достигает десятков молекул. Передвигается под влиянием сорбционных сил.

Свободная влага не связана силами притяжения с почвенными частицами. Передвигается под влиянием капиллярных и гравитационных сил. Свободная влага делится на три формы: подвешенная, подпертая гравитационная и свободная гравитационная. Подвешенная влага характеризуется отсутствием связи с водоносными горизонтами. Подпертая удерживается в силу близкого залегания грунтовых вод, подпирающих снизу воду в капиллярах или более крупных порах. Свободная гравитационная влага находится в крупных порах и передвигается под влиянием сил тяжести.

Подвешенная влага присутствует в четырех видах: стыковая капиллярно-подвешенная, внутриагрегатная капиллярно-подвешенная, насыщающая капиллярно-подвешенная, сорбционно-замкнутая (Роде, 1965).

Стыковая существует вокруг точек соприкосновения твердых частиц и удерживается капиллярными силами. Внутриагрегатная капиллярно-подвешенная влага существует внутри агрегатов, иногда в капиллярах, их пронизывающих, удерживается капиллярными силами, как и стыковая. Насыщающая капиллярно-подвешанная заполняет тонкие поры почв, удерживается капиллярными силами и силами смачиваемости первоначально сухой почвы. Сорбционно-замкнутая вода находится в виде микроскоплений в некапиллярных порах, изолированных перемычками и пробками из связанной воды; удерживается сорбционными силами.

Подпертая гравитационная влага делится на два вида: подперто - подвешенная капиллярная и подпертая капиллярная. Первая находится в мелкопористых слоях почвы, подстилаемых более легкими и крупнопористыми слоями, удерживается капиллярными силами. Вторая находится в капиллярах, подпираемых грунтовыми водами или верховодкой, так же удерживается капиллярными силами.

Свободная влага также имеет два вида: просачивающаяся и влага водоносных горизонтов. Просачивающаяся - это свободная гравитационная влага, которая передвигается в состоянии нисходящего тока под влиянием сил тяжести. Влага водоносных горизонтов удерживается вследствие непроницаемости водоупорного горизонта.

Границы значений влажности, характеризующие пределы появления различных категорий и форм почвенной влаги, называются почвенно-гидрологическими константами. Шкала влажности почв подразделяется на несколько **почвенно-гидрологических констант**, которые выражаются в процентах от веса или объема почвы. Их выделено всего шесть (рисунок 12).

1 Максимальная адсорбционная влагоемкость (МАВ) – наибольшее количество прочносвязанной воды, удерживаемое силами адсорбции. Эта влага недоступна для растений. **Адсорбция** – поглощение вещества из газовой или жидкой среды поверхностным слоем твердого тела или жидкости (адсорбента).

2 Максимальная гигроскопичность (МГ) – наибольшее количество влаги, которое почва может сорбировать из воздуха, почти насыщенного водяным паром (влажность воздуха более 94 %). Это влага также недоступная растениям.

3 Влажность устойчивого завядания растений (ВЗ) – это влажность, при которой растения начинают обнаруживать признаки завязания. Она представляет собой нижний предел доступности растениями влаги.

4 Влажность разрыва капиллярной связи (ВРК) – влажность почвы, лежащая в интервале между наименьшей влагоемкостью (НВ) и влажностью устойчивого завядания растений (ВЗ), при которой подвижность подвешенной влаги в процессе иссушения резко снижается

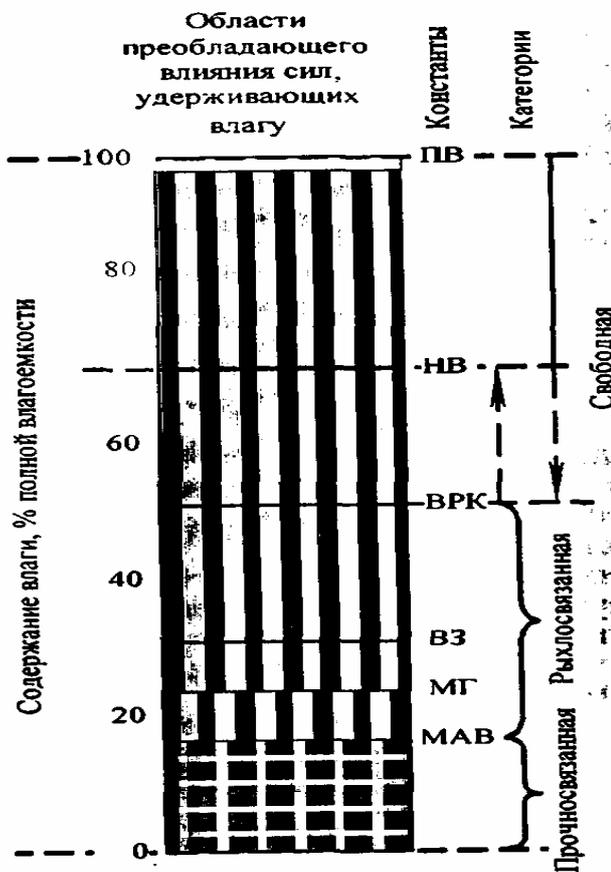
5 Наименьшая, или предельная полевая влагоемкость (НВ или ППВ) – наибольшее количество капиллярно-подвешенной влаги.

6 Полная влагоемкость или полная водовместимость (ПВ) есть наибольшее количество влаги, которое может содержаться в почве при

условии заполнения всех пор почв. Это сумма прочносвязанной, рыхлосвязанной и свободной воды в почве.

Для растений наиболее благоприятная влажность находится в интервале влажности разрыва капилляров (ВРК) и полевой влагоемкости (ППВ). Важнейшими водными свойствами почв являются водоудерживающая способность (сорбция воды), влагоемкость, водопроницаемость, водоподъемная способность.

Водоудерживающая способность почв – это ее свойство удерживать то или иное количество воды за счет сорбционных и капиллярных сил. Сорбция почвой воды, или ее способность поглощать влагу, тем сильнее, чем выше степень дисперсности почв. Зависит она от механического, минералогического и химического состава почв. Различают хемосорбцию, сорбцию парообразной воды и адсорбцию жидкой влаги. Хемосорбция протекает при образовании новых соединений почвы, в состав которых входят молекулы воды. Эта влага закрепляется весьма прочно. Из всех газов и паров, соприкасающихся с частицами почвы, наиболее энергично поглощаются пары воды, т.к. они лучше других «смачивают» почву и тем самым максимально уменьшают свободную энергию твердых частиц. Свойство почвы сорбировать парообразную влагу называется гигроскопичностью, а поглощенная влага получила название гигроскопическая. Когда относительная влажность воздуха приближается к



100 %, почва насыщается водой до уровня МГ. Ее величина зависит от механического состава почв, суммы и состава поглощенных катионов, от минералогического состава пород. Энергия поглощения почвой водяных паров весьма внушительна - до 1400 эрг/см². Поэтому эта влага прочно связана с твердой фазой почвы и недоступна растениям. Почвы, насыщенные до МГ, при соприкосновении с водой сохраняют способность притягивать новые ее порции, но делает это с меньшей силой. Поэтому эта влага получила название рыхлосвязанной.

Рисунок 12 - Почвенно- гидрологические константы и категории почвенной влаги

Толщина ее достигает сотен молекулярных диаметров (прочный связанный слой, как правило, не превышает толщины 2 диаметров молекул воды).

Остальная оболочка в десятки и более молекулярных диаметров воды состоит из рыхлосвязанной воды, удерживаемой силами последовательной ориентации диполей воды.

Влажность завядания представляет такой запас воды в почве, который считается недоступным растениям. Он зависит от плотности, механического состава почв, гумусированности, состава поглощенных катионов, степени и состава засоленности. С увеличением плотности влажность завядания повышается, особенно в почвах тяжелого мехсостава. Влажность завядания зависит и от биологических особенностей растений. Она может определяться расчетным путем, умножая показатель МГ на 1,5.

Влагоемкость представляет собой способность почвы удерживать влагу, поступающую извне. Различают максимальную адсорбционную влагоемкость, капиллярную, наименьшую и полную влагоемкости.

По мере поступления воды в сухую почву происходит адсорбция паров из воздуха до уровня максимальной адсорбционной влагоемкости. Процесс адсорбции сменяется капиллярным впитыванием. В зависимости от удерживающих влагу сил различают капиллярную, наименьшую и полную влагоемкость.

Капиллярная влагоемкость представляет собой запас влаги, удерживаемый над уровнем грунтовых вод капиллярными (менисковыми) силами. Зависит от мощности слоя и от того, на какой высоте от зеркала грунтовых вод находится слой почвы - чем меньше эта высота, тем больше капиллярная влагоемкость. Кроме того она зависит от общей и капиллярной скважности, от плотности почвы. Выражается в процентах от массы или объема почвы. С капиллярной влагоемкостью связано такое важное понятие, как капиллярная кайма. Это слой подпертой влаги между уровнем грунтовых вод и верхней границей фронта смачивания почвы этими водами.

Наименьшая влагоемкость соответствует такой влажности, которая сохраняется в почвогрунте, не испытывающем капиллярного подтока влаги после стекания избыточной воды, поступающей к поверхности почвы. Это максимальное количество воды, фактически удерживаемое почвой в природных условиях в состоянии равновесия, когда устранено испарение и дополнительный приток.

Когда в почве заполнены все поры, наступает состояние увлажнения, называемое **полной влагоемкостью**. При ней влага, находящаяся в крупных промежутках между твердыми частицами, непосредственно удерживается зеркалом грунтовых вод или водоупорным слоем. Но даже при этом состоянии 5-8 % объема этого пространства заполнены защемленным воздухом.

Разность между полной и полевой влагоемкостью называется максимальной водоотдачей.

Водопроницаемостью называют способность почвы воспринимать воду и передвигать ее вниз под влиянием силы тяжести. Водопроницаемость измеряется объемом воды, протекающей через единицу площади поперечного сечения в единицу времени. Имеется две стадии водопроницаемости: впитывание и фильтрация. О впитывании говорят, когда поры лишь частично заполнены водой. А о фильтрации - когда почвенные поры полностью насыщены водой и происходит движение воды в условиях сплошного потока жидкости. Для этой стадии водопроницаемость подчинена закону Дарси:

$$Q = K ГН, \quad (5)$$

где Q – объем воды, протекающего через единицу площади поперечного сечения;

K - коэффициент фильтрации;

$ГН$ - градиент гидравлического напора.

Водопроницаемость почв прямо пропорциональна пористости и обратно пропорциональна удельной поверхности почвенных частиц. Она зависит также от формы пор, что, в свою очередь, регулирует соотношение связанной и стыкованной воды.

Градация почвы по водопроницаемости разработана Н.А.Качинским. Если почва пропускает за час более 1000 мм воды при напоре 5 см и температуре 10 °С такая водопроницаемость называется провальная; если эта скорость составляет от 1000 до 500 мм - излишне высокая; 500-100 мм - наилучшая; 100-70 мм - хорошая; от 70 до 30 мм - удовлетворительная; менее 30 мм - неудовлетворительная.

Скорость фильтрации со временем снижается. Это снижение, его скорость, зависит от механического состава, водопрочности агрегатов, плотности сложения почв, их солонцеватости и засоленности.

Водоподъемная способность – это способность почвы вызывать капиллярный подъем влаги. Чем тоньше поры почвы, тем выше от уровня грунтовых вод поднимается по ним влага. В песчаных почвах максимальная высота капиллярного подъема составляет 0.5 – 0,7 м, для суглинистых, особенно для тяжелосуглинистых почв, она составляет 3 - 6 метров. Высота поднятия уменьшается за счет неоднородности поровых пространств и нарушения сплошности капиллярных отверстий в профиле почвы. По мере подъема влаги скорость процесса ее передвижения уменьшается.

Водным режимом почв называют совокупность всех явлений поступления влаги в почвы, ее передвижения, удерживания в почвенных горизонтах и расход из почвы. Основными источниками влаги являются осадки и грунтовые воды. Водный баланс почв - это количественное выражение водного режима почв, итог, учитывающий начальные и конечные запасы почвенной влаги за определенный период. Водный баланс можно составить применительно к разным слоям почв, всей толще почвы до определенной глубины. Запасы влаги измеряют в миллиметрах водного слоя

в кубическом метре на 1 га. Запасы влаги в отдельном генетическом горизонте определяют по формуле:

$$B = a d H, \quad (6)$$

где B – запасы воды в $\text{м}^3/\text{га}$ для слоя H ;

a – весовая влажность, %;

d – плотность, $\text{г}/\text{см}^3$;

H – мощность горизонта, см.

Различают общие запасы воды или суммарное ее количество на заданную мощность почвы ($\text{м}^3/\text{га}$) и полезный запас воды – общее количество продуктивной, доступной влаги для растений.

Численное значение годового водного баланса определяет соотношение величины инфильтрации и количества испаряющейся влаги. Основоположник учения о типах водного режима почв Высоцкий Г.Н. выделил три варианта такого соотношения. В основу его классификации типов водного режимов положено отношение величины поступающей и испаряющейся из почвы влаги:

а) испарение меньше инфильтрации – промывной тип водного режима; этот тип водного режима свойственен почвам таежно-лесной зоны, влажных субтропиков; его еще называют пермацидным;

б) испарение равно инфильтрации – непромывной или замкнутый тип, когда атмосферная влага просачивается на толщину до 3-5 метров и не достигает уровня грунтовых вод; такой тип характерен для большинства типов степных почв;

в) испарение больше инфильтрации воды в почву или выпотной режим; в этом случае преобладают процессы восходящих потоков влаги при неглубоком залегании грунтовых вод.

Промывной тип характерен для гидроморфных солончаков, пойменных, плавневых и некоторых других типов почв. Непромывной тип называют ещё замкнутым, импермацидным. Выпотной тип имеет и другое название – экссудативный.

Четвертым типом водного режима почв (по Высоцкому) является периодически промывной, которому свойственно чередование промывного и непромывного режимов. Это явление зависит от постоянно изменяющегося уровня грунтовых вод при неглубоком их залегании. Такое чередование присуще серым лесным почвам и почвам депрессий.

Другая классификация почв по водному режиму принадлежит А.А.Роде (рисунок 13).

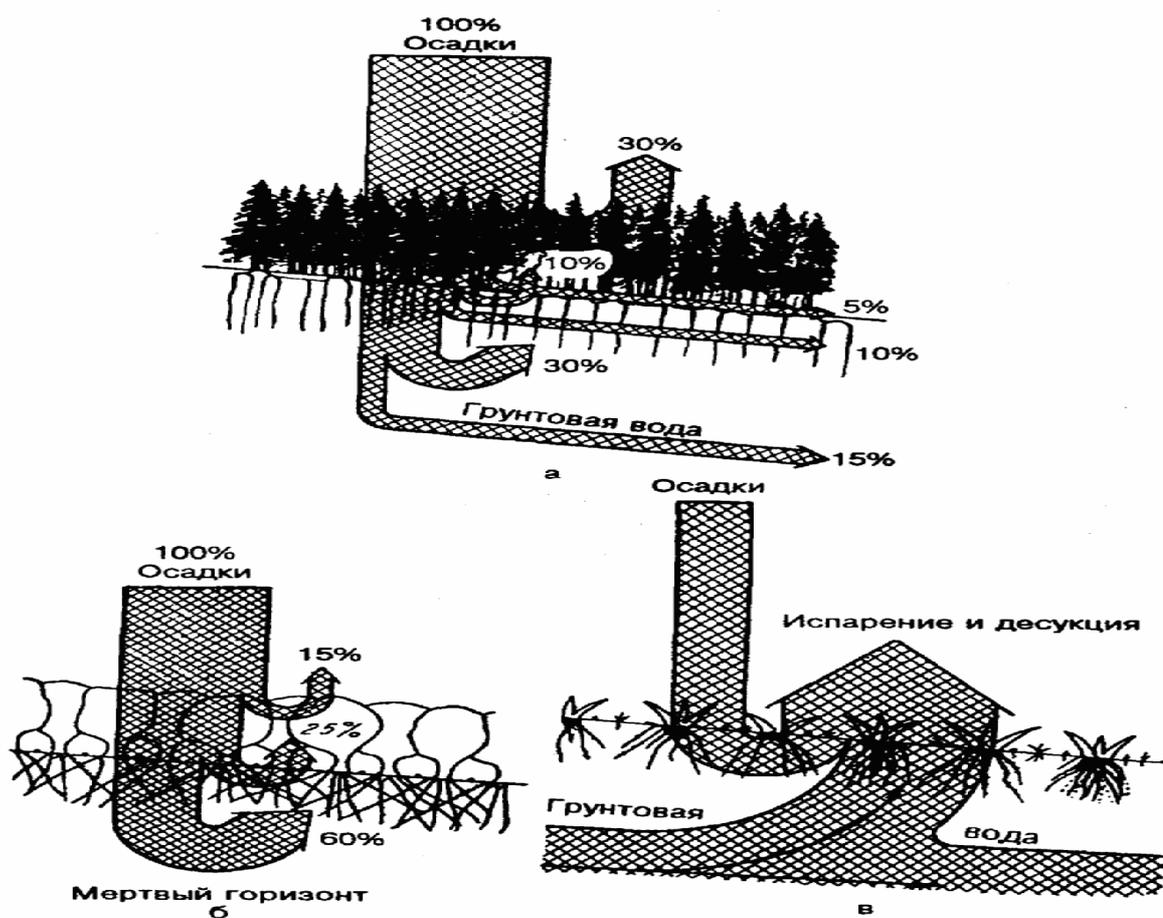
Сводится эта классификация к разделению водных режимов почв на 6 типов:

а) мерзлотный (криогенный), где величина возврата влаги в атмосферу может быть больше или меньше величины инфильтрации. Характерной чертой для почв этого типа водного режима является наличие слоя вечной мерзлоты – водоупора;

- б) промывной тип;
- в) периодически промывной;
- г) непромывной режим;
- д) выпотной;

е) ирригационный – характеризуется большей или меньшей величиной возврата влаги в атмосферу по сравнению с величиной инфильтрации. Зависит от норм полива, периодов орошения и др. Может меняться от глубокопромывного до выпотного.

Таким образом А.А.Роде добавил к классификации Г.Н. Высоцкого дополнительно два типа водного режима.



а – промывной тип; б – непромывной тип; в – выпотной тип

Рисунок 13 - Схематичное изображение типов водного режима (по А.А. Роде)

Регулирование водного режима почв осуществляется комплексом приемов, направленных на устранение неблагоприятных условий водного снабжения растений. Для создания оптимальных условий для роста и развития растений необходимо стремиться к уравниванию количества влаги, поступающей в почву, с ее расходом на транспирацию растений и испарение.

12 Воздушный и тепловой режимы почв

12.1 Воздушный режим почв

Почвенный воздух является важной составной частью почвы. Он занимает все поры, не занятые водой. Его количество зависит от пористости и влажности почв. Суммарная величина пористости составляет 25-80 %. В торфяных почвах она больше – до 90 %. Воздухоёмкость сухих почв может колебаться в пределах 25-90 % объема почвы.

В природе почвы всегда содержат влагу. От того и значение воздухоёмкости почв всегда ниже указанных величин.

Важным свойством почв является их воздухопроницаемость – способность почвы пропустить через себя воздух. Воздухопроницаемость является условием осуществления газообмена между почвой и атмосферой. Передвижение воздуха по почве происходит по порам, не заполненным водой и не изолированным друг от друга. Чем крупнее поры аэрации, тем лучше выражена воздухопроводность.

Если состав атмосферного воздуха постоянен и колебания его основных компонентов незначительны, то почвенный воздух отмечен меньшим постоянством содержания своих основных компонентов. В нем, как правило, меньше кислорода и больше углерода (до 20 %). Азота может быть больше в почвенном воздухе, чем в атмосферном, вследствие распада белков и денитрификации азотсодержащих веществ под действием микроорганизмов. Уменьшение азота в почвенном воздухе зависит от связывания этого вещества азотфиксирующими и клубеньковыми бактериями. В почвах с затрудненным газообменом концентрация кислорода может сильно сокращаться (до десятых частей процента). На содержание углекислого газа и кислорода влияет дыхание огромного количества организмов, которые населяют почву. Особенно верхних ее горизонтов. Основными потребителями кислорода являются корни растений, микроорганизмы, животное население. И лишь незначительная его часть расходуется на чисто химические процессы окисления (с выделением углекислого газа и воды). Количество кислорода, потребляемое растениями (высшими и низшими), зависит от особенностей физиологии растений, возраста, их количества, условий среды. Максимальное потребление кислорода у высших растений приходится на период цветения.

Основная масса кислорода в почве расходуется в процессе аэробного дыхания. В оптимальных условиях аэрации **дыхательный коэффициент (ДК)** равен единице, когда количество выделяемого углекислого газа эквивалентно количеству поглощенного за это время кислорода. Следовательно, по углекислому газу можно судить о количестве поглощенного кислорода. Огромное влияние на ДК оказывает содержание в почве кислорода, при недостатке которого ДК всегда больше 1. Поэтому для почв с пониженным газообменом и низким содержанием кислорода пользоваться этим методом нельзя.

Нормально аэрируемые почвы, занятые растениями, летом в среднем могут выделять до 2-10 л/м в сутки углекислого газа и примерно столько же кислорода. Основной газообмен происходит в самом верхнем, гумусовом горизонте почв.

Газообмен осуществляется через систему воздухоносных пор почвы, сообщающихся между собой и атмосферой. К факторам, вызывающим газообмен, относятся: а) диффузия, б) изменения температуры почвы, в) динамика барометрического давления, г) изменение количества влаги в почве под влиянием осадков, д) влияние ветра, е) изменения уровня грунтовых вод.

Диффузия газов в почве осуществляется через поры аэрации и зависит от градиента концентрации этих газов.

Динамика кислорода и углекислого газа в почвенном воздухе происходит почти непрерывно и зависит от типа почвы, ее свойств (физических, химических, биологических), от времени года, погодных условий и вида угодья (пашня, лес, луг). На пашне она зависит от возделываемой культуры и применяемой агротехники. Вниз по профилю почв содержание кислорода уменьшается, а количество углекислого газа увеличивается. Особенно большое значение на состав почвенного воздуха оказывают влага и температура почвы. Увеличение влажности вызывает уменьшение воздухоемкости, нарушается система воздухоносных пор, ухудшаются условия газообмена. Изменяется интенсивность биологических и биохимических процессов, что сопровождается изменением потребления кислорода и выделения углекислого газа. При оптимальной влаге с повышением температуры содержание углекислого газа в почвенном воздухе увеличивается, а кислорода уменьшается. В летний период, при высоких температурах и влажности, близкой к влажности завядания, наблюдаются самые низкие концентрации углекислого газа и высокие концентрации кислорода.

Наблюдения за динамикой кислорода и углекислого газа в газовой фазе почв показывают, что взаимосвязь между составом почвенного воздуха и условиями, ее определяющими, многофакторна и сложна.

Основная роль кислорода – это обеспечение дыхания растений. При недостатке кислорода дыхания растений ослабевает, уменьшается их метаболическая активность, а также энергетические ресурсы растений. Увеличение аэрации способствует улучшению развития корней, интенсивному поглощению ими воды и питательных веществ, усилению роста и повышению урожайности.

Оптимальные условия для растений создаются при содержании кислорода в почвенном воздухе в пределах около 20 %. Косвенно кислород влияет на почву через воздействие на окислительно-восстановительный потенциал. При его недостатке развиваются анаэробные процессы с образованием токсичных для растений соединений, в результате снижается доступность питательных веществ, а по совокупности признаков – снижается почвенное плодородие. Аэробные процессы в верхнем горизонте почв при

оптимальной температуре и влажности начинают развиваться при наличии в газовой фазе почв 2,5 – 5,0 % кислорода (в зависимости от содержания органики). При низких температурах или при низкой влажности (около влажности завядания), когда биологические процессы угнетены, аэробные процессы возможны и при содержании кислорода до 0,5 %.

Высокая концентрация углекислого газа оказывает отрицательное влияние на семена, корни и, как следствие, урожайность растений. Углекислый газ оказывает большое влияние на химическое изменение минеральной части почвы и на накопление питательных веществ. Почвенные растворы, насыщенные углекислым газом, оказывают растворяющее влияние на многие соединения почвы, прежде всего минеральные. Значительное количество углекислого газа потребляется растениями в процессе фотосинтеза. Таким образом, оптимальный воздушный режим имеет влияние на большинство процессов, происходящих в почве, и оказывает мощное воздействие на рост и развитие произрастающих на ней растений.

12.2 Тепловой режим почв

Температура почвенных горизонтов, характеризующая тепловое состояние почвы, является основным показателем ее теплового режима. Тепловой режим играет большую роль в почвообразовании, т.к. с ним связана энергия, происходящих в почве биологических, химических, физических и биохимических процессов. Он оказывает непосредственное влияние на рост и развитие растений. Так, температурные интервалы прорастания семян различных сельскохозяйственных растений свидетельствуют о тесной зависимости между тепловым состоянием почвы и начальными жизненными функциями растений. С температурой связана растворимость в воде минеральных соединений, кислорода, углекислого газа, скорость поступления в растения питательных элементов и влаги. Температура почв оказывает непосредственное влияние на жизнедеятельность почвенной микрофлоры. Оптимальные условия для развития большинства микроорганизмов создаются при 25-30 °С.

Лучистая энергия солнца является главным источником тепла на земной поверхности. Солнечная постоянная или среднее количество тепла, поступающего к земле, составляет для умеренной зоны 1,946 кал/см²/мин. Она уменьшается главным образом за счет рассеивания и атмосферного отражения.

Теплота, выделяемая при химических и биохимических процессах, идущих в почве, приток тепла из глубинных слоев (мантии) также включается в общий баланс температур.

Основные тепловые свойства почв являются теплопоглощательная способность, теплоемкость, теплопроводность, теплоиспускающая способность.

Теплопоглощительная способность проявляется в поглощении почвами лучистой энергии солнца. Ее еще называют лучепоглощительной способностью. Она обычно характеризуется величиной **альбедо**, которая показывает какую часть поступающей лучистой энергии отражает почва. Альбедо будет равно 100 %, если вся энергия отражается поверхностью, на которую она падает. В природе стопроцентного альбедо не наблюдается. Альбедо чистого снега достигает 91 %, высокогумусных черноземов - 10-15 %.

Теплоемкость – это свойство почвы поглощать тепло. Различают весовую и весовую и обменную теплоемкость. Весовая теплоемкость – это количество тепла в калориях, затрачиваемое на нагревание 1 г почвы на 1 градус. Объемная теплоемкость – количество тепла в калориях, затрачиваемое на нагревание 1 см³ на 1 градус. Весовая теплоемкость для минеральных почв в сухом состоянии колеблется в пределах 0,17 – 0,20 °С. По мере увлажнения теплоемкость песчаных почв возрастает до 0,7; торфяных – до 0,9 °С.

Теплопроводность почвы – способность почв проводить через себя тепло. Теплопроводность измеряется количеством тепла в калориях, которое проходит в 1 секунду почвы слоем в 1 см. Она осуществляется через твердые частицы, воду, воздух. При этом теплопроводность твердой фазы почвы примерно в 100 раз больше, чем теплопроводность воздуха. Поэтому рыхлая почва характеризуется относительно низкой теплопроводностью. При увеличении пористости от 30 до 70 % теплопроводности уменьшается в 6 раз.

Теплоиспускательная способность почв – это свойство почвы выделять в окружающее пространство тепловые лучи. Она зависит от температуры и состава почвы, степени ее увлажнения, состояния поверхности.

Тепловым режимом почвы называют совокупность всех явлений поступления, передвижения и отдачи тепла почвой. Поэтому его еще называют температурным режимом. Температурный режим почв определяется температурой почвы на различных глубинах и в разные сроки. Каждый почвенный тип характеризуется определенным годовым ходом температурных кривых на различной глубине. В умеренных широтах максимальная температура фиксируется в июне и июле. Минимальная температура характерна для января и февраля.

13 Классификация и закономерности географического распространения почв

13.1 Классификация, диагностика и номенклатура почв

Классификация почв – это объединение почв в группы по их важнейшим свойствам, генезису и функциям в биосфере.

Первая эколого-генетическая классификация была предложена В.В. Докучаевым и дополнена Н.М. Сибирцевым и Я.Н. Афанасьевым. В ней связь между генетическими типами почв устанавливалась как по свойствам, так и по особенностям залегания в географическом пространстве. В нее входили три крупных отдела почв – зональные, переходные (к горным породам) и интразональные. Морфогенетическая классификация (Коссович, 1903, 1910) основана на важнейших свойствах почв и также включает анализ условий почвообразования. В этой классификации почвы делятся на самостоятельные, элювиальные и подчиненные или иллювиальные. В совершенствовании этой классификации принимали участие К.Д. Глинка (1924) и К.К. Гедройц (1927). Эволюционно-генетическая классификация высказана в работах В.Р. Вильямса и развита трудами Б.Б. Польшова (1933) и В.А. Ковды (1933). Она основана на развитии почвообразовательного процесса от щелочного почвообразования к кислому и от гидроморфной фазы к автоморфной. Западноевропейская классификация основывается на агрогеологических данных и исходит от свойств почвообразующих пород, учитывая их минералогический, физико-механический и химический состав. В современном американском почвоведении принят принцип деления почв на высшие и низшие таксономические единицы. Для высших групп используется генетический принцип выделения, а для низших – агроэмпирический, основанный на опыте использования почв с учетом уровня их плодородия. ФАО и ЮНЕСКО разработали свою классификацию почв для составления мировых почвенных карт, которая в основе своей имеет генетические корни.

Классификация почв СССР была разработана и принята в 1977 году. По этой классификации составлено большинство их ныне используемых почвенных карт – от отдельных хозяйств до почвенных карт государств, континентов и мира. По своей сути она явилась этапом совершенствования эколого-генетической классификации. Она исходит из следующих основных принципов: опирается на основные свойства почв и учитывает процессы, их создающие, а также условия почвообразования; строится, исходя из строгой научной системы таксономических единиц; в ней учитываются свойства почв, приобретенные в процессе их использования; она раскрывает производственные особенности почв. При классификации учитываются качественный состав органического вещества почв, их физико-химические и физические свойства, тепловой, водный, газовый и питательный режимы, особенности биологического круговорота веществ и вопросы энергетики почвообразования.

Основной таксономической единицей классификации почв является **генетический почвенный тип**. Для почвенного типа характерно единство происхождения, миграции и аккумуляции веществ. Каждый тип развивается в однотипно сопряженных биологических, климатических, гидрологических условиях и характеризуется ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами. Характерные черты почвенного типа определяются:

- а) однотипностью поступления органического вещества и процессов их превращения,
- б) однотипностью процессов разложения минеральной массы и синтеза минеральных и органоминеральных образований,
- в) однотипным характером миграции и аккумуляции веществ,
- г) однотипным строением почвенного профиля,
- д) однотипной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия.

Ниже почвенного типа предусматриваются следующие таксономические единицы: подтип, род, вид, разновидности, разряд. Эту нисходящую ветвь почвенной классификации часто называют **систематикой** почв.

Почвенные подтипы выделяются в пределах типа. Это группы почв, качественно отличающиеся по проявлению основного и налагающегося процессов почвообразования и являющиеся переходными ступенями между типами. При выделении подтипов учитываются процессы, связанные как с подзональной, так и с зональной сменой природных условий.

Роды почв существуют в пределах подтипа. Их особенности обусловлены влиянием комплекса местных условий, составом почвообразующих пород, химизмом грунтовых вод.

Виды почв выделяются в пределах рода и отличаются по степени развития важнейших почвообразовательных процессов: степени подзолистости, глубине и степени гумусированности, степени засоления и их взаимной сопряженности.

Разновидности почв определяются по механическому составу верхних почвенных горизонтов и почвообразующих пород.

Разряд почв определяется генетическими свойствами почвообразующих пород (плотные, моренные, аллювиальные, элювиальные).

Полное название почвы может быть, например, таким: чернозем – тип; обыкновенный – подтип; солонцеватый – род; карбонатный – род; среднегумусный – вид, среднемощный – вид; тяжелосуглинистый – разновидность; на карбонатных пермских глинах – разряд.

Устанавливаемые в почвоведении названия почв принято называть **номенклатурой почв**.

Частично названия почвенных типов исходит из некоторых особенностей их состава и свойства: солончак, солонец, торфяно-глеевая почва. Имеются названия, исходящие от естественной окраски верхних почвенных горизонтов: чернозем, подзол, краснозем, серые почвы, бурые почвы, каштановые, сероземы, желтоземы. Поскольку окраска у некоторых типов почв оказалась сходной при больших различиях в их свойствах возникли такие термины, как бурые лесные почвы и бурые полупустынные, серые лесные и сероземы. Номенклатура некоторых типов почв исходит из названия ландшафта или угодья: болотные почвы, луговые почвы, аллювиальные почвы. Номенклатура подтипов подразумевает выделение центрального подтипа, для которого часто используют термин «типичный», и

подтипов переходных, в которых можно отметить те или иные признаки, связывающие данный тип с соседними типами. Для обозначения подтипов используют термины, характеризующие дополнительные процессы. Например, чернозем оподзоленный, что указывает на приобретение признаков, более свойственным типам почв, расположенным по соседству с данным подтипом чернозема. Название подтип может указывать на изменение его окраски по сравнению с центральным подтипом (светло-серые, темно-серые) или на положение подтипа внутри почвенной зоны - (чернозем южный).

Для номенклатуры родов используют термины, определяющие характерные свойства почв (солонцеватые), указывающие на реликтовые признаки, оставшиеся от предшествующих фаз почвообразования (остаточно – луговатые).

Для характеристики видов почв используются три категории терминов:

а) указывающие на количество (содержание) некоторого вещества (мало-, средне-). Гумуса или, к примеру, карбонатов;

б) указывающие на мощность отдельных почвенных горизонтов и всего профиля (маломощные, мощные, среднемощные);

в) характеризующие выраженность явлений (слабо-, средне-, сильнооподзоленные).

Для номенклатуры разновидностей используют название механического состава, а для номенклатуры разрядов – термины, характеризующие литологию или генезис почвообразующих пород.

Совокупность признаков почв, по которым они могут быть выделены и отнесены к тому или иному классификационному подразделению, называется **диагностика почв**. Для диагностики почв используют признаки, легко устанавливаемые при почвенных исследованиях, морфологическом изучении почвенного профиля. Однако часто этого оказывается недостаточно, и приходится диагностировать почвы с помощью данных лабораторных анализов (состав поглощенных оснований, состав и количество гумуса, валовый состав некоторых веществ, входящих в состав почв).

В 2004 году на IV съезде почвоведов России в Новосибирске была представлена “Классификация и диагностика почв России” основанной на субстантивно-генетической концепции. Новая классификация почв впервые включила в себя классификацию антропогенно-преобразованных почв. В нее включена систематика непочвенных техногенных поверхностных образований. Даны определения системы диагностических горизонтов и признаков, представлена иерархическая система таксономических единиц и критерии их выделения. Среди принципов, положенных в основу классификации, главным является принцип *генетичности*, а также *историчности*, в связи с которыми неприемлема коренная ломка номенклатуры почв, затрудняющая эффективное использование классификации; принцип *воспроизводимости*, который обеспечивает однозначность идентификации почв, является своеобразным их стандартом,

принцип *открытости*, позволяющий включение в классификацию новых, ранее неизвестных почв; принципы *изменчивости и стабильности*, обеспечивающие в своей совокупности совершенствование и развитие почвоведения, а так же принципы *сочетания объективности и субъективности*, которые дает возможность совместить генетическую логику с формальной диагностикой и принцип *иерархичности*, т.е. последовательного соподчинения системы таксономических единиц.

Система таксономических единиц этой классификации предусматривает выделение восьми таксономических категорий: ствол, отдел, тип, подтип, род, вид, разновидность и разряд. *Ствол* – высшая таксономическая единица, отражающая разделение почв по соотношению основных процессов почвообразования и накопления осадков. *Отдел* объединяет группу почв, характеризующихся единством основных процессов почвообразования, формирующих главные черты почвенного профиля.

Остальные таксономические категории идентичны ранее принятой классификации почв.

13.2 Основные закономерности географического распространения почв

Закономерности географического распространения почв определяются природными условиями, взятыми в их взаимной связи и взаимной обусловленности. Это положение лежит в основе развития важнейших разделов географии почв: учения о горизонтальной зональности, учения о вертикальной зональности, учения о почвенно-климатических фациях и провинциях, теории структуры почвенного покрова.

По современным представлениям о горизонтальной зональности почв почвенном покрове суши выделяются широтные почвенно-климатические пояса, обусловленные главным образом термическими особенностями климата (полярной, бореальной, суббореальной). Для каждого пояса характерен свой ряд типов почв, которые не встречаются в других поясах. Они имеют сходный теплоэнергетический режим, но различаются по условиям увлажнения.

Почвенно-климатические пояса разделяются на почвенно-биоклиматические области, характеризующиеся определенными гидротермическими особенностями и определенными типами растительности (таблицы 1,2).

Различают области:

а) влажные (экстрагумидные и гумидные) с лесным, таежным или тундровым растительным покровом;

б) переходные (субгумидные и субаридные) со степным, ксерофитно-лесным и саванным растительным покровом;

в) сухие (аридные и экстрааридные) с полупустынным и пустынным растительным покровом.

Почвенный покров почвенно-биоклиматических областей более однороден, чем почвенно-климатических поясов, но все же состоит из

нескольких зональных и сопутствующих им интразональных почвенных типов. Поэтому в каждой почвенно-биоклиматической области выделяются 2 или 3 почвенные зоны. Каждая почвенная зона может быть определена как ареал зонального почвенного типа и сопутствующих ему интразональных почв. Почвенные зоны двух или нескольких соседних областей, образуют в совокупности зональные системы или зональные спектры.

Таблица 1 - Биоклиматические пояса Земли

Биоклиматический пояс	Годовая сумма температур больше 10°C	Культурные растения – экологические индикаторы	Площадь, млн. км ²	Биомасса суши, % от общей
Полярный (полярный и субполярный)	0,5-800	Не сельскохозяйственные зоны	5,9	1
Бореальный (умеренный)	800-1800	Рожь, лен, картофель, брюква, турнепс	15,7	18
Суббореальный (умеренно-теплый)	1800-4000	Пшеница, кукуруза, соя, сахарная свекла, подсолнечник, яблоня, груша, слива, вишня	17,7	12
Субтропический	4000-6000	Зерновые, чай, цитрусовые, тунг, хлопчатник, маслины, инжир, виноград	16,8	14
Тропический	6000-14000	Рис, сахарный тростник, батат, кофе, бананы, ананас каучуконосы	50,9	56

В центрах крупнейших континентов земли наблюдаются широтные зональные спектры, связанные с широтным распределением температурных условий и осадков. На континентальных массивах меньших размеров зоны увлажнения распределяются параллельно очертаниям берегов, и поэтому наблюдается отклонения от широтной вытянутости и приближение к меридиональному простираанию – меридиональные спектры.

Условия в пределах почвенных зон не вполне однородны и это приводит к расчленению почвенных типов на подтипы. В этой связи часто выделяются почвенные подзоны, каждая из которых представляет собой часть почвенной зоны, вытянутую в том же направлении, на территории которой распространены определенные зональные подтипы почв.

По простираанию почвенные зоны обособляются на почвенные фации и провинции. Фациальные разделения связаны с неодинаковой

континентальностью климата, с различиями в суровости зимы, с неодинаковым распределением осадков по сезонам года и т.д.

Таблица 2 - Атмосферное увлажнение почв различных ландшафтных зон

Ландшафт	Почвы	Средне-годовые суммы осадков, мм	Индекс сухости Кс	Коэффициент увлажнения Ку	Типы водного режима
Тундра	Тундрово-глеевые, болотные	100-250	< 0,45	>2,2	Преимущественно водно – застойный (мерзлотный)
Тайга	Подзолистые, подбуры	350-600	0,45-0,8	2,2-1,2	Промывной
Лесостепь	Серые лесные	350-500	0,8-1,2	1,2-0,5	Периодически промывной
Степь	Черноземы, каштановые	250-400	1,2-1,3	0,6-0,3	Непромывной
Полупустыня	Бурые пустынно-степные	150-250	3,0-5,0	0,3-0,2	
Пустыня	Серо-бурые пустынные	<150	>0,5	<0,2	
Влажные субтропические леса	Красноземы и желтоземы	1000-2600	0,45-0,6	2,2-1,6	Промывной

Таким образом, почвы разных фаций внутри генетического типа существенно отличаются по особенностям гидротермического режима. Почвенные провинции являются более мелкими подразделениями того же порядка, что и фации и выделяются внутри фации. В большинстве случаев их обособление связано с ландшафтными особенностями региона. Почвенные провинции по орографическим и литологическим признакам и структурам почвенного покрова разделяют на почвенные округа и районы. Почвенный округ – это часть почвенной провинции, характеризующаяся определенным типом почвенных комбинаций, обусловленных особенностями рельефа и почвообразующих пород. Для почвенного округа характерно наличие особых рядов и разновидностей зональных почв в комбинациях с интразональными почвами, развитие которых связано со спецификой пород или грунтовых вод, а почвенный район представляет собой часть почвенного округа, характерной

чертой которого является единый тип мезоструктуры почвенного покрова. Почвенные округа качественно различаются по составу и строению почвенного покрова; почвенные районы различаются лишь по количественному соотношению родов, видов и разновидностей почв, свойственных округу.

Наиболее общее значение имеет закономерность распределения почв по элементам мезо- и микрорельефа, получившая название закона аналогичных топографических рядов (С. А. Захаров). Сущность его заключается в том, что распределение почв по элементам рельефа во всех зонах имеет аналогичный характер. На возвышенных элементах залегают почвы генетически самостоятельные (автоморфные), которым свойственна аккумуляция малоподвижных продуктов почвообразования. По пониженным элементам рельефа (шлейфы склонов, днища низин и западин) расположены генетически подчиненные почвы (полугидроморфные или гидроморфные) с аккумуляцией подвижных продуктов почвообразования в своем профиле; на склоновых элементах рельефа залегают переходные почвы, в которых по мере приближения к отрицательным формам рельефа возрастает аккумуляция подвижных веществ.

Распределение почв по конкретной территории в соответствии с законом аналогичных топографических рядов часто осложняется сменой пород и других местных условий.

Основы учения о вертикальной зональности почв в горных условиях были заложены В.В. Докучаевым, также как и основы учения о горизонтальной зональности. Изучение вертикальной зональности почв показало, что в горах имеется относительно большее разнообразие биоклиматических условий и генетических типов почв, чем на равнине. Хотя в целом горные типы почв могут быть отнесены к тем же эколого-генетическим группам, что и почвы равнин. Структура вертикальной зональности почв определяется:

- а) положением горной страны в системе горизонтальных почвенных зон;
- б) высотой горной страны;
- в) положением горной страны по отношению к преобладающему движению воздушных масс;
- г) наличием температурных инверсий, то есть стекания массы холодного воздуха по склонам в определенные зоны и застаиванием его в депрессиях.

Первые два из указанных положений определяют общий порядок смены и число вертикальных почвенных зон в горных системах данной почвенно-биоклиматической области (рисунок 14). Этот порядок, в общем, аналогичен смене горизонтальных зон на равнинах при движении к северу или в сторону более мягких климатических условий.

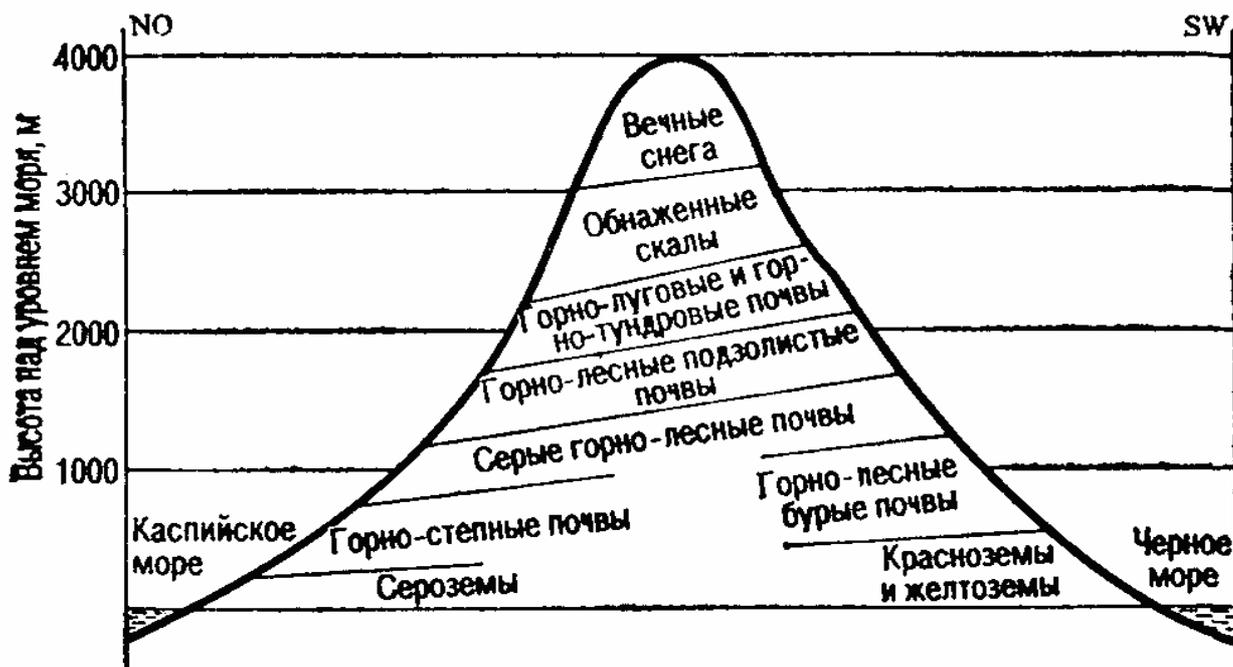


Рисунок 14 – Схема вертикальных зон северного и южного склонов Большого Кавказа (по А.С. Захарову)

Третье и четвертое положение определяют существенные отклонения от изложенной схемы для каждой горной системы, для каждого ее склона.

Учение о генезисе, составе, формах почвенных неоднородностей и их агрономическом значении получило название учения о структурах почвенного покрова. Оно в определенной мере объединяет два важнейших раздела географии почв: учения о географической зональности и учения о вертикальной зональности. Основой этого учения (о структуре почвенного покрова) является представление об элементарном почвенном ареале (ЭПА) — небольшом участке территории, на котором почвенный покров представлен одним разрядом почв. Главная характеристика ЭПА — единая классификационная принадлежность, которая раскрывает генезис, состав, свойства и уровень его плодородия.

Структура почвенного покрова (СПП) — это закономерная совокупность ЭПА. Характерные параметры структуры — компонентность (состав), сложность (частота пространственной смены ареалов) и контрастность (степень генетического и агрономического различия между ареалами).

В зависимости от особенностей рельефа, свойств пород и некоторых других условий ЭПА могут составлять различные микро-, мезо- и макрокомбинации, создавать конкретную структуру почвенного покрова. Микрокомбинации характеризуются чередованием мелких (единицы и десятки квадратных метров) ЭПА, чаще всего связанных с микрорельефом; мезокомбинации — это чередования более крупных по занимаемой площади

ЭПА и микрокомбинаций, обычно связанных с мезорельефом или пространственной сменой почвообразующих пород; макрокомбинации представляют собой чередования обширных ЭПА и мезокомбинаций, обусловленные макрорельефом. В каждой из этих групп различают контрастные и неконтрастные комбинации.

Впервые С. С. Неуструев (1915) разделил комбинации почв на комплексы и сочетания в связи с изменением рельефа. Комплексами он предложил называть закономерное чередование пятен контрастных почв в связи с изменением микрорельефа, сочетаниями — закономерную смену более крупных контуров почв, обусловленную мезорельефом. Эти понятия прочно утвердились в почвоведении.

В. М. Фридланд (1973), обобщая накопленные материалы по структурам почвенного покрова, предложил в составе микрокомбинаций различать комплексы (с контрастным почвенным покровом) и пятнистости (с неконтрастным почвенным покровом); в составе мезокомбинаций обособить две главные генетические группы — мезокомбинации, обусловленные мезорельефом, и мезокомбинации, обусловленные пространственной сменой почвообразующих пород.

Комплексы и сочетания исследуются с точки зрения строения, контрастности образующих их компонентов, соотношения площадей, размеров почвенных контуров и их распределения по микро- и мезорельефу.

Учение о структурах почвенного покрова — новый раздел почвоведения, который с успехом используется в целях землеустройства, дифференцированного применения агротехники и для мелиоративного (и агротехнического) выравнивания первичной неоднородности почвенного покрова полей. Разграничения почвенных комбинаций на комплексы, пятнистости и сочетания имеют большое практическое значение, так как различные почвенные контуры, слагающие почвенный покров, нуждаются в применении разных агротехнических приемов. Почвенные комплексы, однако, несмотря на их большую неоднородность, приходится обрабатывать по единой технологии и в одно время, т.к. занимаемая ими площадь не представляет возможности применять к каждому из контуров отдельную агротехнику, при очевидной необходимости в индивидуальном подходе к техническим методам использования каждого из них.

Как видно из изложенного, все главные закономерности географического распределения почв связаны в первую очередь с факторами почвообразования.

14 Почвы арктической и тундровой зон

Обширная территория севера России представляет собой полярную почвенно-биоклиматическую область, которая делится на две зоны: арктическую и тундровую. Арктическая зона включает острова Ледовитого

океана и узкую приморскую азиатскую части материка. Подразделяется на две под зоны: арктических пустынь и арктических тундр. Тундровая зона расположена к югу от арктической и простирается от севера Кольского полуострова до Берингова пролива. На юге она граничит с таежно-лесной зоной. Делится на подзоны арктической типичной и южной тундры, включая лесотундру. Общая площадь двух зон составляет около 180 млн. га. Кроме того, в горных областях выделяются горно-тундровые почвы, площадь которых составляет более 160 млн.га.

Условия почвообразование и почвы арктической зоны

Зона характеризуется суровым холодным климатом. Осадков, в основном в виде снега, выпадает 130 – 200 мм. Оттаивание почвогрунтов происходит лишь на 2,0-2,5 месяца. На глубину 30-50 см. Термический режим суровый. Среднесуточная температура июля не превышает двух градусов.

В зоне выражены явления вымораживания – трещинообразования и мерзлотного выветривания. Результатом этих явлений стало широкое развитие специфических «структурных» форм микрорельефа – трещин, каменистых колец, многоугольников. На каменистых породах на поверхности скапливается обломочный материал.

Растительный покров зоны разрежен и представлен далеко расположенными друг от друга куртинами арктико-альпийских растений. На поверхности развиты сине-зеленые водоросли, лишайники, мелкие мхи. Фон создают поверхности, покрытые корочкой водорослей

Для почвообразования в арктической зоне характерно: небольшое поступление органики (до 6,0 ц/га), формирование арктических дерновых почв с маломощным (менее 10 см) гумусовым горизонтом, выраженная не равномерность гумусового горизонта по мощности и по содержанию (2-7 %), что связано с трещинообразованием и увеличением запасов органики под куртинами, отсутствие или слабая развитость процессов оглеения в связи с хорошей аэрацией, отсутствие процессов выщелачивания, нейтральная реакция, отсутствие илистой фракции, прерывистый характер почвенного покрова на водоразделах.

Условия почвообразования тундровой зоны

Климат. Средняя годовая температура составляет минус 0,2 °С, на западе и понижается до минус 9 и даже минус 16 °С – на востоке. Сумма температур больше 10 °С равна 400 - 600 градусов. Продолжительность периода с температурой 5 °С равна 40 дням в северной части и доходит до 100 дней на юге. Количество осадков – 300 мм (150 – 450 мм). Характерна многолетняя мерзлота. На Кольском полуострове она встречается пятнами, на востоке – сплошная (мощность до 600 м). Летом, в зависимости от климата подзон, рельефа, растительности, механического состава почв, оттаивание происходит на глубину от 30 – 80 см до 2-х метров.

Рельеф. В основном – равнинный, местами волнистый, увалисто-холмистый. Глубокое промерзание влажных почвогрунтов в период продолжительной и суровой зимы на фоне многолетней мерзлоты приводит к

развитию в тундре специфических явлений – вымораживанию, выпучиванию, образованию трещин, к развитию бугорково – пучинного микрорельефа. Кроме того встречаются замкнутые понижения, большое количество озер, а также типичные горные формы рельефа.

Растительность. Характерная особенность местности – это отсутствие леса. В подзоне арктической тундры растительность имеет сплошной покров и дифференцирована по элементам рельефа: на водоразделе преобладает злаково-осоковая растительность с моховым ковром, а на понижениях развиты осоковые болотные фитоценозы. В подзоне типичной тундры господство мохово-лишайниковой растительности. Мох преобладает на суглинках, лишайники – на грубоскелетных, каменистых почвах. Иногда распространена кустарниковая тундра, в растительности которой господствует вереек, черника, голубика. Для южной тундры обычны мохово-кустарниковые растительные ассоциации с хорошо выраженной ярусностью. Верхний ярус – карликовая березка с примесью кустарниковых ив. Второй ярус – брусника, голубика и другие виды травянистой растительности. Нижний ярус – мхи и лишайники. На самом юге тундровой зоны встречаются одиночные невысокие чахлые деревья: береза, сибирская ель, сибирская лиственница и другие.

Почвообразующие породы: ледниковые, моренные, морские и аллювиальные отложения разного механического состава, часто сильнокаменистые. Иногда засоленные.

Генезис и почвы тундровой зоны

Почвообразование в тундре протекает в условиях переувлажнения почвы и недостатка тепла, оно охватывает лишь небольшой по мощности оттаивающий «активный» слой. Характерен медленный темп биологического круговорота веществ, а также замкнутость водного и солевого режима вследствие наличия горизонта многолетней мерзлоты. Микробиологические процессы сосредоточены в поверхностном 20-30 см слое.

Малая биомасса растений, невысокая зольность опада, бедность его основаниями, прежде всего кальцием, неблагоприятный температурный режим, слабая аэрация, бедность микрофлоры определяют замедленность процессов разложения опада и синтеза гумусовых веществ. Поэтому, несмотря на небольшое количество ежегодно образующегося опада (до 10 ц/га), для почвообразования в тундре характерно накопления заметного количества мертвых растительных остатков, благодаря чему на поверхности скапливается до 50 ц на га органических остатков, а в самой почве, вместе с дерниной, – до 800 ц на га. Особенностью превращения опада является образование большого количества водорастворимых органических веществ. В гумусе преобладают фульвокислоты ($C_{гк}/C_{фк} = 0,3 - 0,5$).

Переувлажнение, накопление полуразложившихся остатков, высокое содержание водорастворимых веществ благоприятствуют развитию в почвах тундр явлений оглеения. *Оглеение* представляет собой биохимический восстановительный процесс, протекающий в анаэробных условиях при наличии органического вещества при участии анаэробных микроорганизмов.

Происходит разрушение минералов, существенному превращению подвергаются элементы с переменной валентностью (Fe, Mn, S, N). При периодическом переувлажнении железо может находиться то в окисной, то в закисной форме в зависимости от степени увлажнения и периода аэрации. При восстановлении железа образуется двууглекислое железо – $\text{Fe}(\text{HCO}_3)$, которое хорошо растворимо в воде и при смене восстановительных условий сравнительно легко окисляется до гидроокиси железа:



При длительном увлажнении закисное железо вступает в реакцию с кремнеземом и глиноземом, образуя вторичные алюмо-феррисиликаты, которые имеют сизую и грязно-зеленоватую окраску, что морфологически характеризует глеевый процесс. Глеевый горизонт имеет весьма низкие физические свойства, в нем формируются неблагоприятные тепловые, воздушные водные и питательные режимы. На юге в полосе кустарниковых тундр, где проявляется нисходящий ток воды, создаются некоторые условия для развития подзолистого процесса.

Зональным типом почв в субарктической зоне являются тундровые глеевые почв. Морфологической особенностью этих почв является торфянистая подстилка и хорошо выраженный глеевый горизонт. Подтиповое деление их окончательно не проведено из-за слабой изученности. По совокупности показателей тип делится на четыре подтипа:

а) тундровые слабogleевые гумусные. Их профиль состоит из маломощной торфянистой подстилки, гумусового горизонта мощностью 3 - 5 см и подстилающей его минеральной толщи с неяркими пятнами ржавчины;

б) тундровые глеевые перегнойные состоят из торфянистой подстилки (2 - 3 см), перегнойного горизонта (5 - 7 см) и сизого горизонта G;

в) тундровые глеевые торфянистые приурочены к кустарниковой тундре. Торфянистая подстилка этих почв (5 - 7 см) переходит в более мощный коричневый полуразложившийся собственно торфянистый горизонт (до 30 см), сменяющимся горизонтом G;

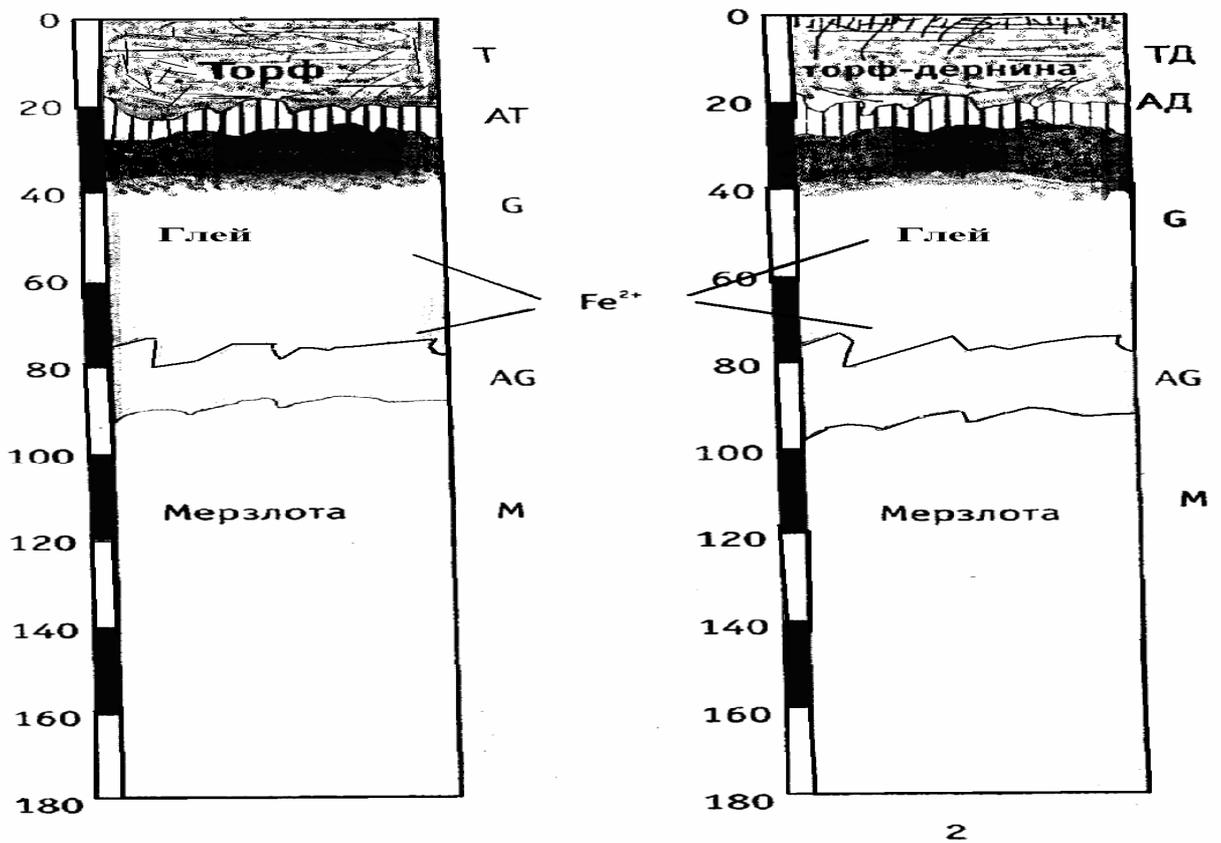
г) тундровые глеевые оподзоленные. Эти почвы подразделяются на тундровые глеевые оподзоленные на тяжелых породах и тундровые иллювиально-гумусовые оподзоленные на легких породах. Общим морфологическим показателем их является наличие признаков подзолистого процесса. В тундровых глеевых оподзоленных почвах оподзоливание выражено слабо. В профиле таких почв под торфяным слоем залегает глеевый горизонт с признаками оподзоливания в виде белесоватых прерывистых пятен и общего просветления в верхней части горизонта.

Тундровые глеевые почвы делятся на два рода: тундровые глеевые (собственно) и тундровые глеевые иллювиально-гумусовые.

Собственно тундровые глеевые почвы формируются на суглинистых и глинистых породах. Профиль этих почв имеет следующее строение:

торфяная подстилка; не сплошной темно-серый грубогумусовый аккумулятивный горизонт, мощностью 2-6 см; нижележащий глеевый грязно-серый с сизыми оттенками и отдельными ржавыми пятнами горизонт, переходящий в породу.

Тундровые глеевые иллювиально-гумусовые почвы формируются на песчаных и супесчаных породах. Под горизонтом A_0 также развит прерывистый гумусово-аккумулятивный горизонт A_1 , под которым залегает отчетливо выраженный иллювиально-гумусовый горизонт B_h , переходящий в породу (рисунок 15). Глеевые проявления выражены относительно слабо в виде отдельных сизых пятен. В тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных почвах под подстилкой уже ясно выделяется оподзоленный горизонт. Он часто бывает прикрыт прерывистой незначительной грубогумусовой прослойкой горизонта A_1A_2 .



1 – торфяно-болотная, 2 – торфяно-глеевая
Рисунок 15 – Строение почв тундры

Фациальные особенности тундровых почв следующие: тундровые глеевые почвы Сибири отличаются от Европейских относительно высокой степенью разложения органического вещества и близким расположением к поверхности многолетней мерзлоты. Почвы Восточно-Европейской тундры характеризуются максимальным оглеением.

Болотные почвы также типичны для тундры. Они представлены преимущественно низменными торфяниками, маломощными и среднемощными. Большинство болотных почв тундры относится к кислым и даже сильнокислым. Степень насыщенности основаниями – 20-70 %. Характерной особенностью химического состава большинства тундровых почв является значительное содержание подвижного железа, как следствие интенсивного развития глеевого процесса при отсутствии выраженных процессов выноса железа. Для механического состава характерно высокое содержание крупной пыли.

Территория тундры в сельскохозяйственном отношении имеет большое значение как кормовая база северного оленеводства. Лишайниковые тундры используются как зимние пастбища, а моховые, травянисто – моховые и ельниковые – как летние. Арктическая зона менее благоприятна для оленеводства. Основными сельскохозяйственными культурами открытого грунта в зоне тундры и лесотундры являются картофель, капуста, лук, морковь, кормовые корнеплоды.

15 Почвы таежно-лесной зоны

Таежно-лесная природная зона занимает большую часть бореального пояса. Она граничит на севере с тундрой, на юге – с лесостепной зоной. Общая площадь ее на территории России составляет 1150 млн. га. Она значительно превышает половину площади государства. При этом треть площади под этими почвами расположена в горных районах.

Климат зоны относится к умеренно-холодному поясу. Средняя годовая температура изменяется от плюс 4 °С в европейской части, от минус 7 до минус 16 °С в Восточной Сибири и до плюс 7,5 °С на Дальнем Востоке. Осадков выпадает за год в среднем 350 – 700 мм. Продолжительность периода с температурой выше 10 °С составляет 40-155 дней. Сумма температур за этот период составляет 400-2450 °С. Эти данные характерны для Центральной таежно-лесной области. В Восточной Сибири эти показатели соответственно составляют: 150-600 мм, 40-123 дня, 400-2000 °С, в Дальневосточной области: 380-1000 мм, 40-103 дня, 400-1500 °С. Все эти показатели закономерно меняются не только по широте, но и по долготе.

Максимум осадков выпадает за теплое время года. Годовое количество осадков превышает испаряемость в 1,1 – 1,3 раза. Поэтому в целом территория относится к зоне достаточного и избыточного увлажнения. В Восточной Сибири распространена сплошная и островная многолетняя («вечная») мерзлота. Образование почв происходит в условиях промывного водного режима; в Восточной Сибири – мерзлотного водного режима.

Рельеф. Европейская часть зоны расположена в пределах Русской равнины. В ее границах встречаются как равнинные территории, так и возвышенности. На их происхождения большое влияние оказала ледниковая деятельность. К наиболее значительным возвышенностям относятся

Валдайская, Литовско-Белорусская, Северные увалы. Абсолютная высота местности составляет в их пределах 290 – 460 м. Возвышенности представлены грядами холмов. Между ними расположены озера и заболоченные пространства. Поверхность расчленена речными долинами, балками, оврагами. Из понижений следует назвать Мещерскую, Верхневолжскую, Полесско-Днепровскую низменности. Это плоские или слаборасчлененные местности с абсолютными высотами 100-150 м. и с большим количеством озер и обширными заболоченными пространствами.

В Западной Сибири большая часть зоны расположена на обширных пространствах Западно-Сибирской низменности. На Дальнем Востоке горные хребты чередуются с участками равнины.

Почвообразующие породы. В европейской части зоны почвообразование происходит на ледниковых и водно-ледниковых отложениях. Наряду с ними встречаются породы и другого происхождения. Основными породами здесь являются: моренные отложения (карбонатные и бескарбонатные, разного механического состава); покровные суглинки и глины, а также лессовидные карбонатные отложения; водно-ледниковые песчаные и супесчаные породы; древнеаллювиальные песчаные и супесчаные отложения; двучленные породы – пески и супеси, подстилаемые с глубины 40-60 см. суглинками и глиной; ленточные глины; элювий и делювий коренных пород; встречаются современные аллювиальные отложения, приуроченные к поймам рек.

Растительность. Преобладающим типом растительности являются таежные моховые, мохово-кустарниковые и травяно-кустарниковые леса, которые на юге сменяются лиственными и широколиственными лесами. Большим распространением пользуются и луговая растительность. Европейская и западносибирская части зоны по растительности подразделяют на три подзоны: северной тайги, средней и южной тайги. Основными лесообразующими породами являются ель, сосна, пихта, кедр, лиственница.

Подзона северной тайги занята изреженными еловыми лесами, а под пологом леса развит ярус субарктических болотных кустарников, мхов, лишайников. Травянистая растительность почти не развита. Почвенный покров образует подзону глеево-оподзоленных и подзолисто-иллювиально-гумусовых почв

Средняя тайга представлена темнохвойными еловыми лесами. Под пологом развит сплошной моховой покров с почти полным отсутствием травянистой растительности. На песчаных породах произрастают сосновые боры-беломшанники. Образующиеся здесь почвы составляют подзону подзолистых почв.

Южная тайга состоит из темнохвойных лесов с примесью широколиственных пород (дуб, ясень, клен, липа). Под пологом хорошо развит травянистый покров. В этих условиях сформировались дерново-подзолистые почвы.

Условия почвообразования изменяются при движении с севера на юг. Совокупности этих условий формируют фации: теплую (западно- и южно-европейскую); длительно мерзлотную (восточносибирскую и дальневосточную); холодную и влажную (тихоокеанскую).

Основной процесс, под воздействием которого формируется почвенный покров зоны – подзолистый. Кроме того, распространены дерновый и болотный процессы. Они могут протекать как самостоятельно, так и в сочетании.

Почвы подзолистого типа образуются в результате развития подзолистого процесса, который в наиболее чистом виде протекает под пологом таежного хвойного леса с моховым покровом и временным избыточным увлажнением. Особенностью подзолистых почв является наличие у них под слоем лесной подстилки малопродуктивного белесого подзолистого горизонта с кислой реакцией, низким содержанием питательных веществ и неблагоприятными в агрономическом отношении физическими свойствами. Существенной особенностью подзолистого процесса является разрушение в верхней части профиля первичных и вторичных минералов и вынос продуктов распада в нежележащие горизонты и грунтовые воды.

Развитие подзолообразовательного процесса можно представить в следующем виде.

Лесная, преимущественно хвойная подстилка накапливается на поверхности почвы. Она мало содержит таких минералов как кальция, азота, но много труднорастворимых органических соединений (лигнин, воска, дубильные вещества). Подстилка разлагается грибной и бактериальной флорой. При этом грибной процесс является ведущим. При разложении подстилки образуются различные водорастворимые органические соединения. Происходит интенсивное кислотообразование (преобладают фульвокислоты и другие низкомолекулярные органические соединения - муравьиная, уксусная, лимонная). К ним присоединяются кислоты, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов непосредственно в почве и кислоты, выделяемые растениями. Однако ведущая роль принадлежит кислотам, образующимся в процессе превращения растительной лесной органики.

Под влиянием промывного водного режима кислоты из подстилки попадают в верхние горизонты (слои) почвы. В результате их действия из верхних горизонтов почвы удаляются в первую очередь все легкорастворимые соединения. Затем разрушаются и более устойчивые соединения первичных и вторичных минералов. К этому процессу примыкает влияние контактного поглощения корнями растений питательных веществ из твердой фазы почв, что «расшатывает» кристаллическую решетку минералов и способствует их быстрому разрушению уже под влиянием все тех же кислот.

В результате всех этих процессов в верхней части профиля почв все минералы подвергаются разрушению, в том числе и кварц, хотя и в меньшей

степени. Быстрее других разрушаются мелкие минеральные частицы, поэтому происходит постепенное обеднение верхнего горизонта илом.

Продукты разрушения минералов переходят в раствор и в форме минеральных или органоминеральных соединений перемещаются из верхних горизонтов в нижние (чаще в виде солей). В результате подзолообразовательного процесса под слоем лесной подстилки обособляется подзолистый горизонт, обладающий следующими основными признаками: а) из-за выноса железа и марганца и накопления остаточного кремнезема цвет горизонта из бурого становится светло-серым, белесым, б) он обеднен элементами питания, а также полуторными окислами, илистой фракцией, в) горизонт имеет кислую реакцию почвенного раствора и слабую насыщенность основаниями, г) при тяжелом механическом составе он приобретает пластинчатую структуру или становится бесструктурным.

Часть веществ, вынесенных из лесной подстилки и подзолистого горизонта, закрепляется в нижеследующем горизонте. Образуется горизонт вымывания или иллювиальный горизонт, обогащенный илстыми частицами, полуторными окислами железа и алюминия и другими соединениями. Другая часть вымываемых из верхнего горизонта частиц достигает почвенно-грунтовых вод и выходит за пределы почвенного профиля. В иллювиальном горизонте за счет вмываемых соединений образуются вторичные минералы типа гидроокислов железа и алюминия. Этот горизонт приобретает уплотненность, некоторую цементированность. Иногда в почвах легкого механического состава в этом горизонте накапливается некоторое количество гумуса. Интенсивность подзолообразования зависит от сочетания многих условий; одним из главных из них является нисходящий ток воды: чем выше промачивание почвы, тем интенсивнее проявляется этот процесс. При повышенном увлажнении образуются закисные легкорастворимые формы железа, алюминия и марганца. Кроме того, большое значение в подзолообразовании приобретает состав древесных пород и минералогический состав горных почвообразующих пород. На карбонатных породах, к примеру, подзолообразование возможно только при условии их предварительного выщелачивания из верхних генетических горизонтов.

Таким образом, подзолистый процесс сопровождается разрушением минеральной части почвы и выносом некоторых продуктов разрушения за пределы почвенного профиля. Часть продуктов закрепляется в иллювиальном горизонте, образуя новые минералы. Этому процессу противостоит другой процесс, связанный с биологической аккумуляцией веществ. Лесная древесная растительность в процессе жизнедеятельности создает и накапливает огромную массу органического вещества, достигающего 200-250 тонн на гектар и содержащего 0,5-3,5 % зольных веществ. Некоторая часть (5-8 т на 1 га) ежегодно возвращается на поверхность почвы с лесным опадом. Высвобождающиеся при его разложении элементы зольного и азотного питания вновь используются лесной растительностью. А часть органических и минеральных веществ, образующихся при разложении лесной подстилки, может закрепляться в

верхних горизонтах почвы, образуя гумусово-аккумулятивный горизонт. Однако, в связи с тем, что при гумусообразовании в описанных условиях образуются преимущественно подвижные формы гумусовых веществ, его обычно накапливается мало.

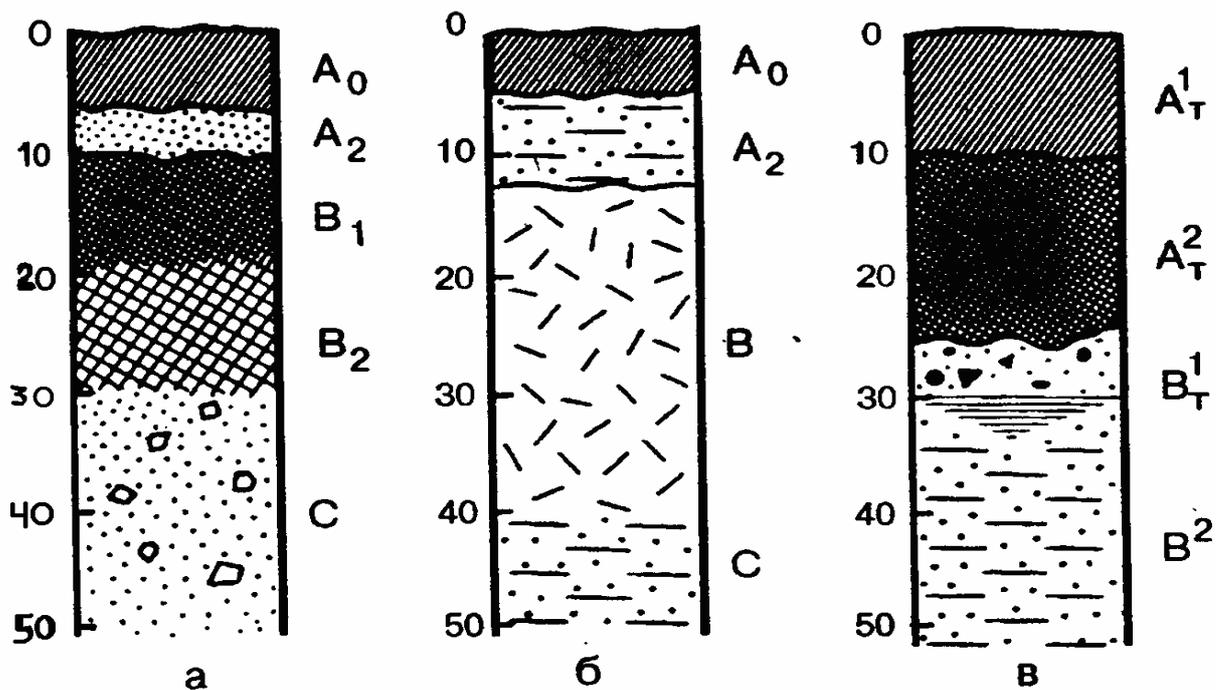
Подзолистые почвы в своем естественном состоянии в результате непрерывного биологического круговорота в системе почва – лесная растительность – подстилка – почва часто обеспечивают достаточно высокую биологическую продуктивность лесных экосистем. Использование подзолистых почв в сельском хозяйстве требует специальных мероприятий по повышению их плодородия.

Все подзолистые почвы объединены в *тип подзолистых почв*, которые разделены на два подтипа: *подзолистые почвы* и *глево-подзолистые почвы*. *Подзолистые* (собственно) почвы имеют следующее строение профиля (рисунок 16): подстилку A_0 (2-10 см); гумусовый горизонт A_0A_1 , состоящий из грубого гумуса мощностью 1-3 см. Иногда он бывает вымыт на глубину до 3-5 см. (A_1A_2) Это вымывание происходит при значительном преимуществе легкоподвижных фульвокислот над гумусовыми кислотами. Ниже образуется подзолистый горизонт (A_2), затем иллювиальный горизонт (В), а еще ниже – порода (С). Между подзолистым и иллювиальным горизонтом иногда выделяют горизонт переходный, а между иллювиальным и породой – горизонт ВС. Верхние горизонты сильнокислые, рН почвенного раствора достигает значений 3,3-4,0. Мощность всего почвенного профиля составляет более 120 см.

Глево-подзолистые почвы сохраняют признаки подзолистых почв, но отличаются выраженным оглеением верхней части профиля. Мощность всего профиля составляет до 100 см. Подтип расположен севернее собственно подзолистых почв

Фациальные особенности почвообразования делят этот тип на подзолистые почвы теплой фации (Европейская часть России), рН почвенного раствора которых достигает 2,9- 3,5 и подтип подзолистых почв холодной фации (Западная и Восточная Сибирь), которые отличаются слабой оподзоленностью и так же сильной кислотностью почвенного раствора (рН =3,0-3,8).

Роды подзолистых почв представлены обычными, остаточно-карбонатными (почвообразующие породы содержат углекислый кальций); контактно-глееватыми (формируются на двучленных породах); иллювиально-железистыми (развиваются на песчаных породах, богатых железом, в связи с чем горизонт В имеет ярко-охристый цвет); иллювиально-гумусовыми (также образуется на песчаных породах, но содержат повышенное количество органики) и слабо дифференцированными (формируются на сухих рыхлых песках со слабым проявлением типовых признаков).



а - иллювиально-железисто-гумусовый подзол; б – поверхностно-глеево-подзолистая почва; в – болотная торфяно-глеевая почва

Рисунок 16 - Строение профиля почв таежно-лесной зоны европейской территории России

На виды подзолистые почвы делятся по следующим признакам:

а) по степени подзолистости: - слабоподзолистый (горизонт A₂ выражен пятнами), среднеподзолистый (горизонт A₂ сплошной, плитчатый), сильноподзолистый (горизонт A₂ сплошной, листовой или чешуйчатый), подзолистый (горизонт A₂ сплошной, мучнистый);

б) по глубине оподзоливания - оподзоленные (то есть от нижней границы A₀): поверхностно-оподзоленные – до 5 см; мелкоподзолистые – до 20 см, не глубоко подзолистые – до 30 см, глубокоподзолистые – более 30 см.

Подзолистые почвы содержат мало гумуса, до 2 - 4 %, который сосредоточен в небольшом по мощности горизонте – 2 - 3 см. В составе гумуса доминируют фульвокислоты. Эти почвы характеризуются невысокой емкостью обмена (от 2 - 4 до 12 - 17 м - экв), малой насыщенностью основаниями, кислой реакцией и малой буферностью. Они бесструктурные, обладают повышенной плотностью, особенно в иллювиальном горизонте, малой пористостью, обладают невысоким коэффициентом фильтрации. При распашке такие почвы склонны к образованию корки и к заплыванию. Поэтому нуждаются в постоянном и интенсивном окультуривании.

Помимо описанного типа в структуре почвенного покрова зоны заметную роль выполняют *дерново-подзолистые* почвы, которые сочетают в

себе подзолистый и болотные процессы и образующиеся под травянистыми и мохово-травянистыми лесами; а также болотно-подзолистые почвы, формирующиеся в результате подзолистого и болотного процессов при временно избыточном увлажнении поверхностными или мягкими грунтовыми водами.

16 Черноземные почвы лесостепной и степной зон

Черноземные почвы широко представлены на территории России. Основные площади черноземов находятся на Северном Кавказе, в Центральных областях, в Поволжье, на Урале, в Западной Сибири.

Черноземные почвы распространены в лесостепной и степной зонах.

Климат черноземной зоны характеризуется теплым летом и умеренно холодной зимой. В восточных областях зима холодная. Неоднородность климата, особенно в степной зоне, проявляется, прежде всего, в различиях обеспеченности теплом в период вегетации, зимних температур и характера увлажнения. По мере движения с запада на восток уменьшается количество тепла, нарастает континентальность климата, снижается количество осадков. Более мягкий и менее континентальный климат в северной части зоны (лесостепь). Средняя температура июля колеблется от 23-25 °С на западе до 19-21 °С на востоке, а средние температуры января от минус 4 °С до минус 25, минус 27°С. Продолжительность периода с температурой выше +10 °С составляет в западных районах лесостепи 150-180 дней, а в восточных регионах этот период достигает 90-120 дней, в степной части черноземной зоны эти показатели имеют значения соответственно 140-180 и 97-140 дней.

Сумма температур выше плюс 10 градусов колеблется в лесостепной части зоны от 2400 – 3200 °С на западе до 1400-1600 на востоке. В степной зоне эта сумма составляет соответственно от 2300-3500 до 1500-2300°С.

Наибольшее количество осадков выпадает на западе и в Предкавказье (500 – 600 мм) и, постепенно уменьшаясь по мере движения на восток, составляет в Поволжье 320-450 мм, на Урале – до 420 мм, в Западной Сибири – 300-350 мм. Количество осадков уменьшается также по мере движения с севера на юг. Значительная часть годового количества осадков выпадает в летний период - в европейской части 30-40 % и в Азиатской до 50 %. В целом черноземная зона характеризуется недостаточным увлажнением. Лишь на севере коэффициент увлажнения приближается к единице, а на юге он снижается до 0,50-0,66.

Рельеф в пределах европейской части зона имеет преимущественно равнинный или слабоволнистый рельеф, в разной степени расчлененный речными долинами и овражно-балочной сетью. Более спокойный рельеф в южной части зоны. Здесь среди плоских водоразделов часто встречаются различного рода понижения – поды, лиманы, западины.

Наибольшая расчлененность овражно-балочной сетью характерна для Волго-Подольской, Средне Русской и Приднепровской возвышенностей, а

также Донецкого Кряжа, Приволжской возвышенности, а в Заволжье для возвышенностей Общего Сырта.

В азиатской части черноземная зона занимает слаборасчлененную равнинную, южную часть Западно-Сибирской низменности. Далее на восток черноземы встречаются в равнинных и предгорных областях Алтая, в Минусинской впадине и в пределах холмисто-равнинной полосы на окраине предгорий Восточных Саян. Отдельными участками черноземные степи расположены в Забайкалье, где приурочены к крупным тектоническим депрессиям.

Основные почвообразующие породы зоны – лессы и лессовидные суглинки различного механического состава. В Поволжье, на Урале и в Казахстане среди почвообразующих пород встречаются элювиальные хрящеватые породы пермского, юрского и мелового генезиса. Общей особенностью химического состава почвообразующих пород черноземной зоны является их карбонатность. В отдельных провинциях встречаются засоленные породы.

Естественная растительность в прошлом в лесостепной (северной) части зоны характеризовалась чередованием лесных участков с луговыми степями. Лесные участки, сохранившиеся частично и сейчас, расположены по водоразделам, балкам и речным террасам и представлены в европейской части широколиственными породами, преимущественно дубом. В Западной Сибири по понижениям широкое развитие имеют березовые колки. По песчаным террасам встречаются сосновые боры.

Растительность степной (южной) части черноземной зоны представляла собой разнотравно-ковыльные и типчаково-ковыльные степи. Среди первых основной фон составляли узколистные дерновинные злаки – ковыли, типчак, степной овес и др. с широким участием разнотравья – шалфея, клевера, колокольчиков и др. Типчаково-ковыльные степи характеризовались менее мощной и разнообразной растительностью. В настоящее время основные площади черноземных почв распаханы. Естественная растительность сохранилась лишь на отдельных участках (балки, крутые склоны, заповедные участки).

Важнейшая генетическая особенность черноземов является то обстоятельство, что эти почвы развиваются под степной и разнотравно-степной травянистой растительностью. Весь облик этих почв свидетельствует о богатстве их органическим веществом. В профиле черноземов выделяется мощный темно окрашенный гумусовый, или перегнойно-аккумулятивный, горизонт (35-150 см) с большим запасом гумуса (250-700 т/га).

Гумусовый слой в связи с неодинаковой интенсивностью его окраски органическим веществом разделяется на два самостоятельных горизонта – верхняя наиболее гумусированная часть выделяется как гумусовый горизонт (А) и нижняя часть гумусового слоя до гумусовых затеков – как переходный горизонт (АВ). Этот переход к горизонту В постепенный и характеризуется появлением коричневого оттенка в окраске, который книзу заметно

усиливается. Слой с гумусовыми затеками переходит и граничит с горизонтом В. Ниже горизонта В залегает горизонт максимального скопления карбонатов – карбонатный или карбонатно-иллювиальный горизонт (ВС), постепенно переходящий в почвообразующую породу (С).

В целинных почвах под девственной степной растительностью в черноземных почвах выделяется горизонт степного войлока А₀, состоящий из остатков травянистой растительности. На пахотных почвах распаханная часть горизонта А выделяется в самостоятельный пахотный слой А_{пах}.

Характерный признак черноземных почв – зернистая и комковатая структура гумусового слоя, особенно отчетливо выраженная в подпахотной части горизонта А.

Черноземы, благодаря наличию мощного гумусового слоя с водопрочной зернисто - комковатой структурой, характеризуется как почвы высокого природного плодородия, обладающие значительным запасом элементов питания, благоприятными водными, воздушными и физико-химическими свойствами.

По вопросу образования (генезиса) черноземов были высказаны различные точки зрения, которые можно объединить в три группы: гипотезы о морском происхождении черноземов; теории болотного образования черноземов; теория растительно-наземного их происхождения.

Гипотезы о морском происхождении черноземов были высказаны первыми исследователями этих почв, рассматривавшими черноземы как морской ил, оставшийся после отступления Каспийского и Черного морей, или же как продукт размыва ледниковыми водами черной юрской сланцевой глины. Эти гипотезы в настоящее время имеют лишь исторический интерес.

Сторонники теорий болотного образования черноземов считали, что в прошлом черноземная зона представляла собой тундровые сильно заболоченные пространства. При последующем постепенном дренировании территории в условиях теплого климата шел процесс энергичного разложения болотной и тундровой растительности и болотного ила с последующим поселением наземной растительности, что и обусловило формирование черноземных почв. В настоящее время доказано, что далеко не на всей территории черноземной зоны ранее существовали болота.

Теория растительно-наземного происхождения черноземов связывает их образование с поселением и развитием лугово-степной и степной травянистой растительности. Теория растительно-наземного образования черноземов наиболее полное и завершающее развитие получила в работе В.В. Докучаева «Русский чернозем». Докучаев рассматривал образование черноземов как результат накопления в породе перегноя «..от согнивания травянистой степной, а не лесной растительности как результат тесного взаимодействия климата, возраста страны, растительности, рельефа местности и материнских пород». В этой связи ведущим процессом черноземообразования является гумусоаккумулятивный процесс, в результате которого образуется хорошо оструктуренный мощный

гумусоаккумулятивный горизонт с высоким содержанием элементов питания растений».

В образовании черноземов В.В. Докучаев подчеркивал разностороннюю роль климата, который определяет не только тип растительности (степная флора), но и темп ее развития (годовой прирост), скорость и направление процессов разложения. Современные материалы по биологическому круговороту веществ под растительностью черноземных степей позволяют наиболее глубоко понять особенности черноземообразования. Природная растительность черноземных степей характеризуется значительным ежегодным отчуждением в опад органической массы (100 – 200 ц на 1 га, или 40 – 60 % всей биомассы). При этом около 40 – 60 % опада составляют корни растений. Средняя зольность опада (с учетом надземной части корней) в лугово-степных сообществах составляет 7 – 8 %, (для сравнения в хвойных лесах его доля не превышает 0,7 – 1,7 % , в лиственных – 1,6 – 7,5 %). Среднее содержание азота также самое высокое в опаде лугово-степных сообществ (1 – 1,4 %). Если под хвойными лесами ежегодно поступает с опадом 40-300 кг/га азота и зональных элементов, в сухих степях (каштановые почвы) – 200 – 250 кг на 1 га, то под растительностью черноземов поступление этих элементов равно 600-1400 кг на 1 га. Следовательно, важнейшей особенностью биологического круговорота веществ при черноземообразовании является ежегодное поступление в почву с опадом больших количеств азота и зольных элементов. Оптимальные условия образования гумуса складываются при щелочной реакции, достаточном количестве кислорода и влаги. Наиболее благоприятные условия для процесса гумификации в черноземной зоне создаются в весенний и раннелетний периоды. В это время почва достаточно хорошо прогрета и в ней присутствуют значительные остаточные запасы влаги, оставшейся от осенне-зимних осадков и весеннего снеготаяния. В период летнего иссушения и прерывистого увлажнения микробиологические процессы заметно ослабевают, что способствует предохранению образующихся гумусовых веществ от их быстрой минерализации. Одновременно повышение температур и некоторое иссушение почвы в летний период благоприятствуют процессам усложнения гумусовых веществ, вследствие интенсификации реакций поликонденсации и окисления образовавшейся органики. Некоторое улучшение водного режима осенью также благоприятствует повышению интенсивности микробиологических процессов, но этот период ограничивается быстрым осенним понижением температур. В зимний период при промерзании почвы происходят процессы денатурации гумусовых веществ. Богатство опада растительности черноземной зоны кальцием приводит к непрерывному образованию в почвах биогенного кальция как следствие соединения кальция с образовавшейся углекислотой (результат разложения растительной биомассы) и его миграции по профилю в форме гидрокарбоната $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$. Поэтому процесс гумификации идет в условиях избытка кальциевых солей и насыщения образующихся гумусовых веществ кальцием, что (из-за

образования малоподвижных и труднорастворимых гуматов и фульватов кальция) почти полностью исключает образование и вынос свободных водорастворимых органических продуктов.

Таким образом, особенность биологического круговорота под травянистыми сообществами черноземов заключается также в том, что гидротермические условия зоны благоприятствуют разложению богатого основаниями и азотом опада по типу гумификации с образованием сложных высококонденсированных перегнойных соединений типа гуминов. Необходимо подчеркнуть качественные особенности органического вещества чернозема – гуматный характер органического вещества почв, сложность гуминовых кислот, высокую их конденсированность и окисленность, преимущественное закрепление их в форме гуматов кальция, почти полное отсутствие свободных фульвокислот и более сложное их строение по сравнению с фульвокислотами подзолистых почв. Главные черты взаимодействия органических продуктов почвообразования при черноземном процессе – образование органо-минерального комплекса из устойчивых органо-минеральных соединений, а также синтез вторичных минералов из продуктов разложения опада.

Вместе с накоплением перегноя при черноземообразовании идет процесс закрепления в форме сложных органо-минеральных соединений важнейших элементов питания растений – азота, серы, фосфора, калия, кальция и других.

Развитие мощных корневых систем мочковатого строения лугово-степной и степной растительности и образование гуматов кальция благоприятствуют оструктурированию профиля почвы.

Рассмотренные общие черты черноземообразования имеют свои особенности проявления в пределах зоны, что связано с изменением состава растительности и климатических условий. Наиболее благоприятны условия черноземообразования в южной части лесостепной зоны (типичные черноземы), где создается максимальное количество растительной массы и наилучшим образом складывается гидротермический режим почв.

К югу нарастает дефицит влаги, уменьшается количество поступающего в почву опада и ухудшается зольный и азотный его состав, а также уменьшается глубина проникновения корневых систем растений в почву. Все это определяет менее интенсивный процесс гумусонакопления с продвижением к югу в пределах черноземной зоны (обыкновенные и южные черноземы).

К северу от типичных черноземов (в подзоне оподзоленных и выщелоченных черноземов) более влажные условия климата способствуют большому выносу оснований из опада и карбонатов их верхних генетических горизонтов. Это, в свою очередь, приводит к образованию более кислых органических продуктов превращения растительных остатков, нейтрализация которых частично идет уже за счет разложения почвенных минералов. В этих условиях возможно проявление некоторого оподзоливания почв.

Существенное влияние на формирование черноземов, их признаки и свойства (мощность гумусового слоя, процент содержания гумуса, форма выделения карбонатов, глубина промачивания, водный и тепловой режимы) оказывают фациальные особенности почвообразования. Существуют черноземы южно-европейской фации, где биологический круговорот наиболее интенсивный, мощность гумусового профиля высокая, а весь профиль отличается промытостью; черноземы центральных провинций (Среднерусская, Заволжская и Предуральская провинции), которые развиваются в условиях континентального климата, где сокращается период вегетации и общее количество тепла и влаги, в связи с чем они по количеству органики относятся к средне- и, в меньшей степени, к высокогумусным; черноземы Западносибирской и Восточносибирской фаций, образование которых проходит в условиях резко континентального климата при дефиците влаги, меньшей глубины промачивания и которые отличаются меньшей мощностью гумусового горизонта и повышенной гумусированностью, языковатостью почвенного профиля из-за зимнего (морозного) растрескивания верхней части почвенного профиля.

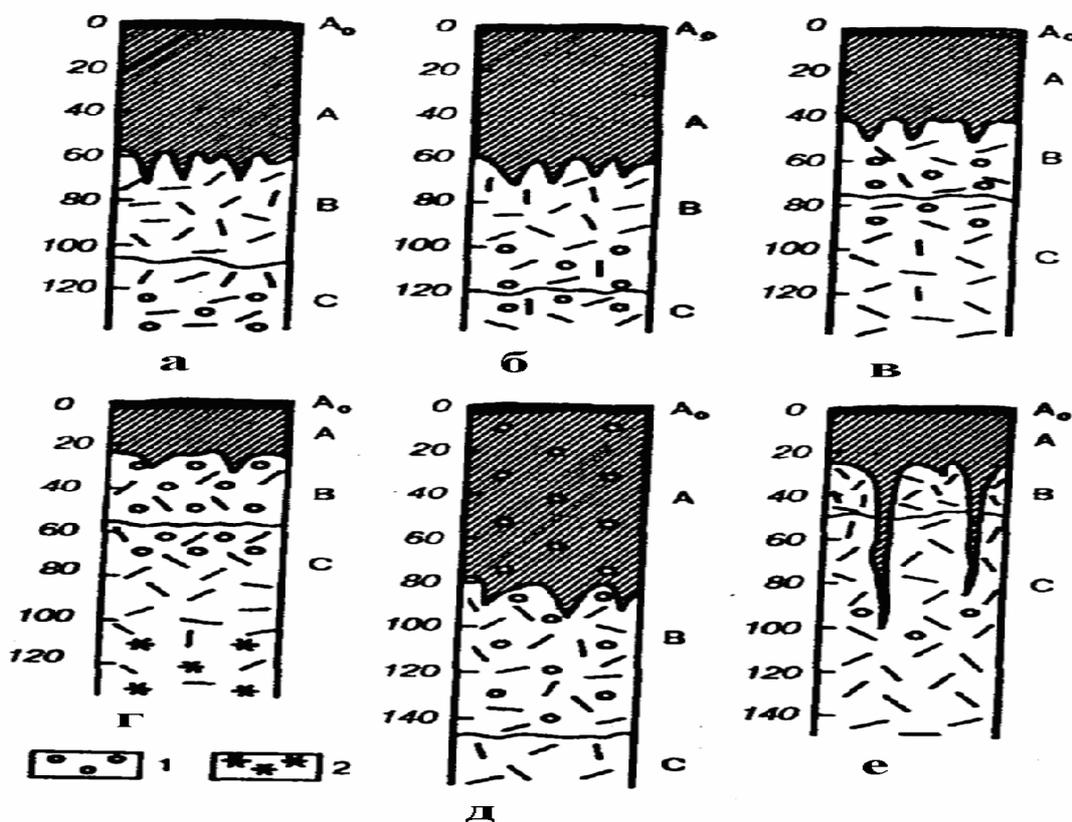
В соответствии с отмеченными зональными и фациальными особенностями черноземообразования закономерно изменяется степень выраженности основных признаков черноземного типа почв.

Замена природной растительности сельскохозяйственными растениями приводит к заметным изменениям как в характере биологического круговорота веществ, так и в условиях формирования водного и термического режимов. При возделывании сельскохозяйственных культур происходит ежегодное отчуждение большей части создаваемой биомассы, а, следовательно, и значительного количества питательных веществ, сокращается срок активного взаимодействия корневых систем растений с почвой. Кроме того, почва значительный период остается без растительного покрова (пар, осенний, зимний и ранневесенний период при возделывании яровых и пропашных культур). Последнее обстоятельство приводит к уменьшению поглощения почвой зимних осадков, так как имеет место значительный снос снега с полей, лишенных растительности. Это необходимо учитывать и принимать меры для задержания снега и талых вод на пахотных почвах. Кроме того прямые солнечные лучи, достигающие поверхности почв, вызывают повышение температуры верхних горизонтов и интенсификацию процессов испарения. Распашка целинных черноземов приводит также к частичному разрушению структуры и снижению содержания гумуса и азота в пахотном слое. Наиболее резкое уменьшение гумуса и азота наблюдается в первые годы сельскохозяйственного использования почв. Затем содержание гумуса и другие свойства почв относительно стабилизируются, достигая равновесия с новыми условиями почвообразования, другим, отличным от естественного, сочетанием факторов почвообразования, где ведущая роль принадлежит антропогенному фактору.

Систематическое применение органических и минеральных удобрений, выращивание высоких урожаев сельскохозяйственных культур способствует

сохранению высокого уровня потенциального и эффективного плодородия черноземов.

Черноземы лесостепи представлены типичными, выщелоченными и оподзоленными подтипами (рисунок 17). Оподзоленные черноземы имеют остаточные признаки подзолистого процесса в виде белесой присыпки и пониженную границу залегания карбонатного горизонта, а также красно-бурый иллювиальный горизонт, расположенный под гумусовым горизонтом. Характерной особенностью выщелоченного чернозема является наличие под гор. В выщелоченного от карбонатов горизонт В₂ буроватой окраски и ореховатой структуры.



Европейская часть России: а – выщелоченный чернозем; б – мощный чернозем; в – обыкновенный чернозем; г – южный чернозем; д – южный поверхностно-мицеллярный (Предкавказский) чернозем; Западная Сибирь: е – выщелоченный глубокопромерзающий чернозем; новообразования: 1 - карбонатные; 2- гипсовые

Рисунок 17- Строение профиля некоторых подтипов черноземов

Типичные черноземы имеют классические для черноземов морфологические и другие генетические признаки. Карбонаты выделяются в нижней части гор. АВ, а визуально они проявляются в гор. В в форме мицелия. Мощность гумусового слоя (А+АВ) составляет 65-80 см.

Черноземы степной зоны, обыкновенные и южные, имеют между собой некоторые различия. Гумусовый горизонт А обыкновенного чернозема имеет мощность до 40 см. Карбонаты залегают в форме белоглазки в горизонте В_к, расположенном ниже горизонта В. Южные черноземы на юге граничат с темно-каштановыми почвами. Мощность гумусового горизонта А обычно не превышает 40 см, но чаще она составляет 25-35 см. В почвах этого подтипа также присутствует иллювиальный карбонатный горизонт В_к, в котором карбонаты присутствуют в виде белоглазка, а линия вскипания расположена в средней части горизонта А.

Подтипы черноземов подразделяются на следующие роды:

а) обыкновенные, б) слабо дифференцированные, в) глубоко вскипающие, г) бескарбонатные, д) карбонатные, е) остаточно-карбонатные, ж) карбонатные перерытые, з) солонцеватые, и) глубокосолонцеватые, к) остаточно-солонцеватые, л) осолоделые, м) проградированные (вторично-насыщенные), н) остаточно-луговатые, о) глубинно-глееватые, п) щельные, р) слитые, с) неполноразвитые.

Деление черноземов на виды осуществляется по следующим признакам:

- по мощности гумусового горизонта: сверхмощные (больше 120 см), мощные (120-80 см), маломощные (40-25 см) и очень маломощные (меньше 25 см);

- по содержанию гумуса – тучные (больше 9 %), среднегумусные (от 9 до 6 %), малогумусные (от 6 до 4 %) и слабогумусированные (меньше 4 %).

Механический состав почв обличается разнообразием. Важнейшими химическими и физико-химическими свойством их является богатство питательными веществами, насыщенность ППК поглощенными основаниями, гуматный тип гумуса, отсутствие в профиле легкорастворимых соединений, слабощелочная реакция почвенного раствора. Физические свойства черноземов характеризуются высокой оструктуренностью и хорошей водоустойчивостью агрегатов, благодаря чему они обладают оптимальной плотностью (1,00-1,22 г/см³). Пористость гумусового горизонта составляет 50-60 % при хорошем сочетании капиллярной и некапиллярной пористости. Водопроницаемость почв соответствует отличной с хорошей оценкам. Тепловой, водный и воздушные режимы целинных черноземов близки или соответствуют оптимальным значениям.

17 Почвы пойм

Часть речной долины, которая периодически заполняется полными водами, называется поймой. Главной особенностью почвообразования в поймах рек – развитие поемных и аллювиальных процессов. **Пойменные**

процессы – затопление той или иной территории поймы полыми водами. Они решающим образом влияют на почвообразование. По существу – это ежегодное природное орошение, дополнительное к атмосферному и грунтовому, одновременно – это повышение уровня грунтовых вод, смягчение климатических условий, влияние на микробиологические процессы, солевой режим почв, растительности. **Аллювиальные процессы** – принос паводковыми водами взмученного материала, размывание пойм, переотложение на поверхности частиц в виде аллювия, зачастую богатого органикой и питательными веществами.

Территория поймы делится на три области: прирусловую, центральную и притеррасную. Они различаются по составу аллювиальных отложений, характеру рельефа, гидрологическим условиям, растительному и почвенному покрову. Механический состав аллювия связан со скоростью движения полых вод в пойме: чем больше скорость, тем крупнее размер оседаемых частиц. По мере замедления движения воды в русле реки в осадок выпадают все более и более мелкие частицы. Энергия, а вместе с ней и скорость водного потока падает от русла реки к берегу в межень и от русла к террасе – во время половодья. Поэтому большое влияние на характер аллювия оказывает удаленность той или иной части поймы от русла. В прирусловой части, где энергия потока полых вод достигает наибольших значений, оседает большое количество песчаных, гравийных и больших по размеру частиц (в зависимости от скорости и массы водного потока.). В центральной и притеррасной пойме, где скорость полых вод замедляется, аллювий состоит из пылеватых, а еще дальше – илестых частиц. Поэтому в притеррасовой части пойм, где откладываются самые мелкие частицы, формируется понижения. Поскольку русло рек не остается постоянным, то скорость полых вод в пойме на одних и тех же участках изменяется. Меняется скорость потока и от характера паводка, что , в свою очередь, зависит от количества выпавшего за зиму снега и скорости его таяния. Следовательно, механический состав аллювия меняется от суглинистого до песчаного и наоборот. Поэтому для аллювиальных наносов характерна неоднородность по механическому составу или слоистость.

На механический состав и количество отлагаемого материала оказывает влияние и состав почв и пород водосборных территорий, климатические особенности, степень облесения и распаханности бассейна реки. Влияет на механический состав аллювия и рельеф поймы.

Прирусловая пойма имеет волнистый рельеф с песчаными и галечниковыми валами и высокими гривами. По мере перехода в центральную пойму рельеф становится более спокойным. Здесь преобладают суглинистые отложения и располагаются старицы рек – выгнутые вдоль русла озера. Притеррасная пойма представляет собой несколько пониженную территорию, большей частью заболоченную.

Чрезвычайно разнообразна растительность пойм. Господствующим типом являются луговые разнотравно-злаковые группировки. Наиболее богатый и ценный травостой приурочен к центральной пойме. Видовой состав

представлен здесь многими семействами, в большинстве своем мезофитами. Прирусловая пойма характеризуется неоднородным и относительно изреженным травостоем сравнительно бедного видового состава. Здесь выделяются луга трех уровней: высокого, среднего и низкого. Луга высокого уровня занимают повышенные участки и наименее продуктивны. Широкие понижения заняты лугами низкого уровня. Здесь имеются благоприятные условия для увлажнения и пищевого режима растений, в связи с чем в этих ландшафтах распространены такие злаки, как пырей, мятлик луговой, костер безостый, клевер и разнотравье. На склонах грив расположены луга среднего уровня. Сильно заболоченные участки притеррасовой поймы заняты осоками, рогозом, мхами и другой болотной растительностью. Продуктивность пойменных лугов колеблется в зависимости от условий увлажнения. В центральной пойме средняя урожайность сена составляет 30 - 40 ц/га.

В пойме произрастает и древесная растительность, состав которой определяется природными особенностями зоны. В таежно-лесной зоне это ель, пихта, береза, ива; в лесостепи и степи – дуб, вяз, клен, тополь, осина, береза.

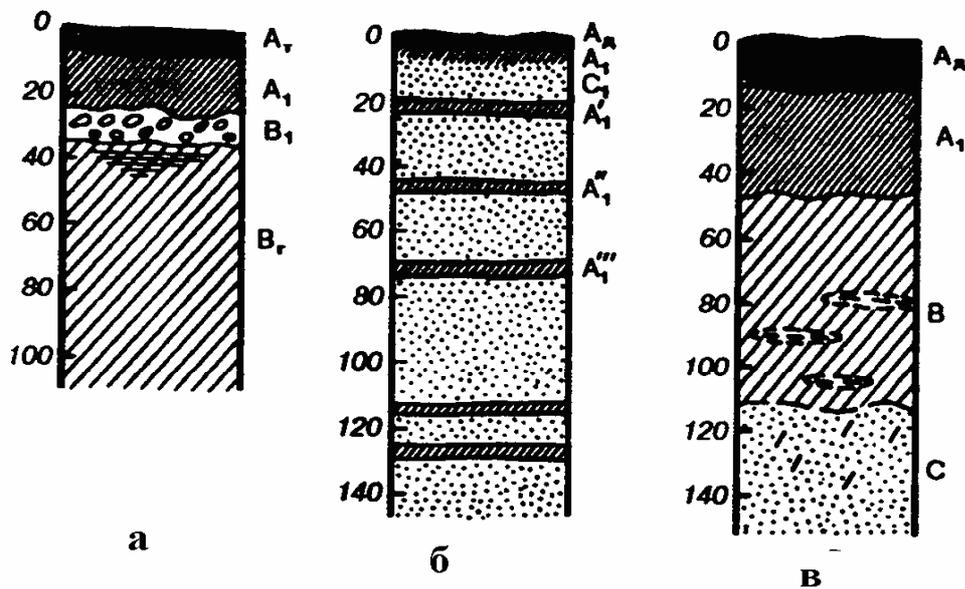
В зависимости от природных условий отдельные области пойм могут отсутствовать. В горных районах с быстрым течением рек наиболее развита прирусловая область, а в степи – притеррасная.

В связи с особенностями почвообразования в поймах выделяются три группы типов аллювиальных почв. Это дерновые, луговые и болотные.

Аллювиальные дерновые почвы развиваются на песчаных и супесчаных отложениях преимущественно в прирусловой части поймы. Морфологическая особенность – четко выраженная слоистость профиля. Слои имеют мощность от 1 мм до 10 см. в типичном выражении они имеют профиль А-С со слабо выраженном гумусовом горизонте, содержащем 1-3 % гумуса. Гумусовый горизонт А имеет разную мощность: от 3 до 30 см и больше. Характерно низкое содержание гумуса и азота. Это наименее развитые и плодородные аллювиальные почвы.

Аллювиально-луговые почвы формируются в центральной пойме при атмосферно-грунтовым увлажнением в межливневый период. Растительность здесь высокопродуктивна. Имеет мощную корневую систему, которая способствует оструктуриванию почвенной массы, что вместе с растрескиванием в период высыхания наилка придает почвам структурность. Отсюда их старое название “пойменные зернистые”. Профиль этих почв обычно простой, но содержит много переходных по гумусированности горизонтов. Характерно высокое содержание гумуса (8-12 %) и значительная емкость катионного обмена (до 30 мг-экв/100 г). Это очень плодородные почвы, при этом их плодородие постоянно воспроизводится. В полосе перехода от прирусловой к центральной поймы развиваются слоисто-зернистые почвы. Они отличаются чередованием светлых песчаных бесструктурных слоев с более темными слоями зернистой структуры. Их генезис связан с различным характером отложения аллювия в отдельные

годы различных половодий. По своим свойствам они занимают промежуточное положение между описанными двумя типами. Часто наблюдается случай погребения зернистых почв слоистыми отложениями.



а – формирующаяся дерновая почвы прируслового вала; б – луговая почва центральной поймы; в – торфяно- перегнойная почва низинного болота

Рисунок 18 - Строение профиля болотных и пойменных почв Нечерноземного центра европейской территории России

Аллювиально-болотные почвы развиваются в притеррасных областях. Почвы заилены. Профиль типичен для болотных почв: А(Т) – G (рисунок 18). Они богаты азотом, фосфором и другими элементами питания растений. Подпитываются грунтовыми водами.

Каждый из кратко охарактеризованных групп типов аллювиальных почв состоят из 2 – 4 самостоятельных типов. В этой связи почвенный покров пойм отличается пестротой, сложностью, мозаичностью, что, помимо прочего, связано с постоянными процессами миграции различных частей пойм, меандрированием речного русла.

Несмотря на то, что аллювиальный процесс оказывает огромное влияние на почвообразование в поймах, почвенный покров их отражает зональные условия почвообразования. Чем меньше пойма, тем значительнее и резче выражена зональность пойменных почв. Она связана с особенностями теплового режима, условиями атмосферного увлажнения, свойствами почв, переносимых во время паводков в поймы рек.

18 Почвы Оренбургской области

Особенности факторов почвообразования

Устройство поверхности региона

Оренбургская область расположена в предгорной части Южного Урала. Формирование ее поверхности связано с развитием уральской складчатости. В геологической истории этой территории чередовались периоды горообразования с периодами относительного покоя. Континентальный период прерывался наступлением морей. Континентальное время характеризуется развитием интенсивной денудации. Геологическая история области, различная в ее восточной и западной частях, наложила свой отпечаток и на геологическое строение региона. Северо-западная и центральная части – Предуралье - характеризуется господством пестрых по литологии пермских отложений, залегающих горизонтально. По мере движения к югу появляются более молодые отложения — триаса, юры и неогена. Пермские породы обнажаются на сильно размытом основании, на крутых и покатых склонах. В южном Предуралье на террасах древние породы зачастую перекрыты акчагыльскими (донными отложениями, оставшимися после многократных трансгрессивно-регрессивных движений Каспия), как правило засоленными, или молодыми аллювиальными отложениями тяжелого механического состава.

При движениях на восток и приближении к Уральской складчатости согласованность залегания слоев нарушается. Здесь, а Приуралье, отложения смяты в разновеликие складки меридионального и близкого к нему простирания. Породы, слагающие эти складки, разнообразны по возрасту и литологии. Местность представлена чередующимися полосами карбоновых и пермских отложений. В районе города Медногорска осадочные и метаморфические породы сменяются изверженными кембрийскими и силурийскими, слагающими основной хребет Урала, его южную окраину. Еще восточнее появляются девон и юра, на ряде участков перекрытые отложениями третичной системы. В Зауралье, на востоке области, присутствуют метаморфические отложения каменноугольной системы и кислые изверженные породы кембрия.

Абсолютные отметки поверхности территории Оренбургской области колеблются от 50 до 500 м над уровнем моря. Большая часть территории имеет высоту 200—300 м в Предуралье и до 400 м в Зауралье. Южные отроги гор и Предуралье имеют более глубокие врезы и значительную расчлененность территории долинами рек, балками, оврагами. Увалистый эрозионный рельеф территории прерывается массивами мелкосопочника и равнинными террасами крупных рек.

Характерной чертой рельефа Предуралья является асимметрия водоразделов, связанная с широтным простиранием речных долин. Склоны южной и юго-восточной экспозиции круты и короткие, северной и северо-

западной — пологи и длинные. Склоны имеют самое разнообразное строение и форму. Водоразделы придвинуты обычно к южному склону и сливаются с ним. Нередко их венчают холмообразные выходы коренных пород — шиханы.

Почвообразующие породы

Почвообразующие породы территории представлены большим комплексом разновозрастных пород, важнейшей особенностью которых является контрастность (генетическая, химическая, минералогическая, текстурная) и частая сменяемость в пространстве.

Для удобства рассмотрения почвообразующие породы можно объединить их в крупные возрастные и генетические комплексы.

Одним из таких комплексов является толща гипсов и соли кунгурского яруса перми, образовавшаяся в результате выпаривания морских рассолов и содержащая прослойки глины и доломитов. В почву, в ее верхние горизонты, эти породы поставляют хлориды и сульфаты натрия, магния, кальция. Это крайне неблагоприятные для почвообразования породы, на которых формируются солончаки.

Породы казанского яруса перми выходят на значительной территории в Абдулинском, Пономаревском, Шарлыкском, Александровском и Октябрьском административных районах. Характерными чертами яруса являются глинистый механический состав и умеренная засоленность выходящих на поверхность отложений.

Обширную территорию от хребта Гирьял на востоке до г. Бузулука на западе занимают выходы красноцветных отложений нижнего триаса и татарского яруса перми, состоящие из обломочных пород от конгломератов до глины. Это континентальные речные, дельтовые и озерные отложения, не содержащие первичноосадочных солей. Красноцветные отложения поставляют для почвообразования все фракции обломочного материала от гальки и щебня до глины. Среди них преобладают песчаная и алевроитовая фракции. В целом незасоленная красноцветная толща является благоприятным субстратом для почвообразования.

В Кваркенском, Адамовском и Домбаровском административных районах значительные площади занимают выходы угленосных пород раннего карбона. Это полимиктовые песчаники и конгломераты; в верхних частях разрезов присутствуют мергели, известняки и кремнистые породы.

Почти на всех перечисленных выше комплексах пород содержатся прослойки глины. Мощные глинистые толщи, имеющие самостоятельное почвообразующее значение, необходимо рассматривать отдельно.

На востоке Оренбуржья широко распространена толща континентальных тяжелых загипсованных сероцветно-красноцветных глины аральской свиты миоцена. Они выходят на Орской равнине, на Ащисайском участке заповедника “Оренбургский” и в других местах. Из-за тяжелого механического состава, из-за сульфатной и хлоридной засоленности на этих глинах образуются почвы с низкими агроэкологическими свойствами.

Большие площади в области занимают переважаемые пески четвертичных речных террас в долинах рек Илека, Кумака, Ори, Самары и Боровки. На высоком самарском правобережье пески имеют в основном элювиальное происхождение.

Шире всего распространены очень молодые (позднеплейстоценовые и голоценовые) суглинки, имеющие незначительную, в среднем 1 — 1,5 м, мощность. Эти суглинки принято считать делювиальными.

Степень наследования суглинками свойств подстилающих пород различна и зависит от многих причин. Кроме маломощных суглинков в Оренбуржье также распространен мощный (до 40 м и выше) делювий (сыртовая толща). Эта делювиальная толща имеет относительно тонкий гранулометрический состав по сравнению с маломощным делювием, в нем очень редко встречается щебень. Он характеризуется меньшей связью с подстилающими породами. В этом делювии передаваемые от подстилающих пород свойства максимально усредняются и затушевываются возрастными свойствами, которые задаются климатическими и, частично, растительными условиями эпохи. Именно на них располагаются самые плодородные черноземы западной части области. Частично это связано с выровненным рельефом, образуемым сыртовой толщей. Но не только рельеф имеет значение в залегании почвообразующих пород, а вместе с этим и в формировании структуры почвенного покрова территории области и плодородия почв - сами сыртовые суглинки являются хорошим материалом для почвообразования. Одной из благоприятных их качеств является лессовидность и связанная с этим повышенная, близкая к оптимальной, пористость.

Среди четвертичных пород значительные площади занимают аллювиальные отложения рек и малых водотоков. На поверхности пойменных равнин, на террасах рек они представлены рыхлыми пойменными накоплениями. По составу это чаще всего суглинки и супеси. Породы обогащены приносимым в паводки гумусом и минералами, благодаря чему на них развиваются высокобонитетные почвы.

Климатические условия

Оренбургская область занимает обширную территорию в 124 тыс км², расположенную в глубине материка, на восточной окраине Европейской части РФ, в пределах юго-восточной части Русской платформы, и на границе с Западно-Сибирской низменностью, на востоке Сибирской платформы, которые разделены южными отрогами Уральского хребта. Следует отметить, что Уральский хребет, несмотря на свою незначительную высоту, является той возвышенностью, на восточные склоны которой выпадают последняя влага, переносимая с Атлантики. Поэтому гидротермические условия восточной части области заметно отличаются от аналогичных показателей западных ее пределов. На востоке климат суше, а температура выше. Совокупность этих факторов отразилась на растительном покрове территории и, в целом, вызвала инверсию географических, а вместе с ними и почвенных зон и подзон.

В области выпадает 300—420 мм осадков в год. Годовое испарение (по Вильду) в среднем в два раза превышает количество осадков. Распределение осадков в течение года неравномерно. В теплый период их выпадает 190—255 мм, т. е. в два раза больше, чем в холодный (61—160 мм), но и в теплый период осадки выпадают неравномерно.

В Предуралье наблюдаются два максимума осадков — летний (июнь) и осенний (октябрь.) В Зауралье имеется только один — июльский — максимум. Зимние осадки оцениваются по мощности снежного покрова.

Климат Оренбургской области характеризуется большой годовой амплитудой температур при низких зимних и высоких летних температурах воздуха. Средняя температура января колеблется по области от минус 24,3 до минус 27,4 °С. Среднеиюльские температуры составляют от плюс 19,9 до плюс 22,4 °С. Самыми жаркими являются южные и юго-восточные районы области, где температура июля от плюс 22,4 до плюс 27,0 °С. Температура на поверхности почв под паром в отдельные дни на востоке области достигает плюс 60 °С. Зима в восточной части области длится дольше и она холодней, чем в западной. Здесь часто стоят устойчивые сильные морозы.

Таким образом, географическое положение Оренбургской области создает в ней типичный континентальный климат с резкими температурными контрастами: холодная, суровая малоснежная зима и жаркое лето, быстрый переход от зимы к лету, который вызывает бурное снеготаяние, а вместе с ним и развитие эрозионных процессов, неустойчивое количество и дефицит атмосферных осадков, значительное преобладание испарения над увлажнением и обилие солнечной радиации.

Климатические условия крутых склонов и плоских поверхностей резко отличим. Климат пологих склонов и плоских участков можно условно принять близким к средним климатическим условиям области. Климат крутых склонов является более континентальным. Последнее связано в основном с уменьшением количества осадков и некоторыми различиями в температурных условиях. Наиболее ярко это явление проявляется на склонах южной и юго-восточной экспозиции. Здесь же отмечается и значительное развитие эрозии.

Растительный покров

Основная часть территории области занята разнотравно-типчакково-ковыльными степями. Лишь на севере тянется неширокая полоса луговых степей. К югу разнотравье выпадает, засушливость степей увеличивается и они переходят в типчакково-ковыльные, а на юго-востоке — в полынно-ковыльно-типчакковые злаковые ассоциации. Основная роль в степных ассоциациях принадлежит многолетним злакам, хотя в нее входят полыни, эфемеры, эфемероиды и кустарники разных видов.

Для луговых степей лесостепной зоны на тучных черноземах характерны злаки: ковыли (узколистный, красивейший, опушеннолистный и Иоанна), тонконог степной, тимофеевка степная, мятлик и др. Много видов растений из семейства зонтичных и бобовых. Залежи в этой зоне имеют бурьянисто-разнотравную и пырейно-мятликовую стадии сукцессий.

В подзоне обыкновенных черноземов также господствуют узколистные злаки (ковыли, овсяница, овес, тонконог, тимофеевка), уменьшается количество разнотравья и появляются полыни. Залежи в этой подзоне имеют также бурьянистую и пырейную стадии, которые впоследствии сменяются рыхлокустовой и, наконец, типчаково-разнотравной.

На южных черноземах и темно-каштановых почвах растительный покров степи еще более обедняется. Уменьшается степень проективного покрытия и задернения поверхности почвы вегетативными органами растений.

По мере движения по сухой степи на юг и юго-восток области увеличивается пестрота растительного покрова за счет появления пятен солонцеватых почв и солонцов, а также участков щебенчатых почв.

Своеобразен растительный покров песчаных почв и песков (древний аллювий на надпойменных террасах рек Урала, Илека, Самары, а также продукты разрушения песчаника легкого механического состава). Богатство влагой и рыхлость субстрата способствуют развитию рыхлокустовых и корневищных злаков.

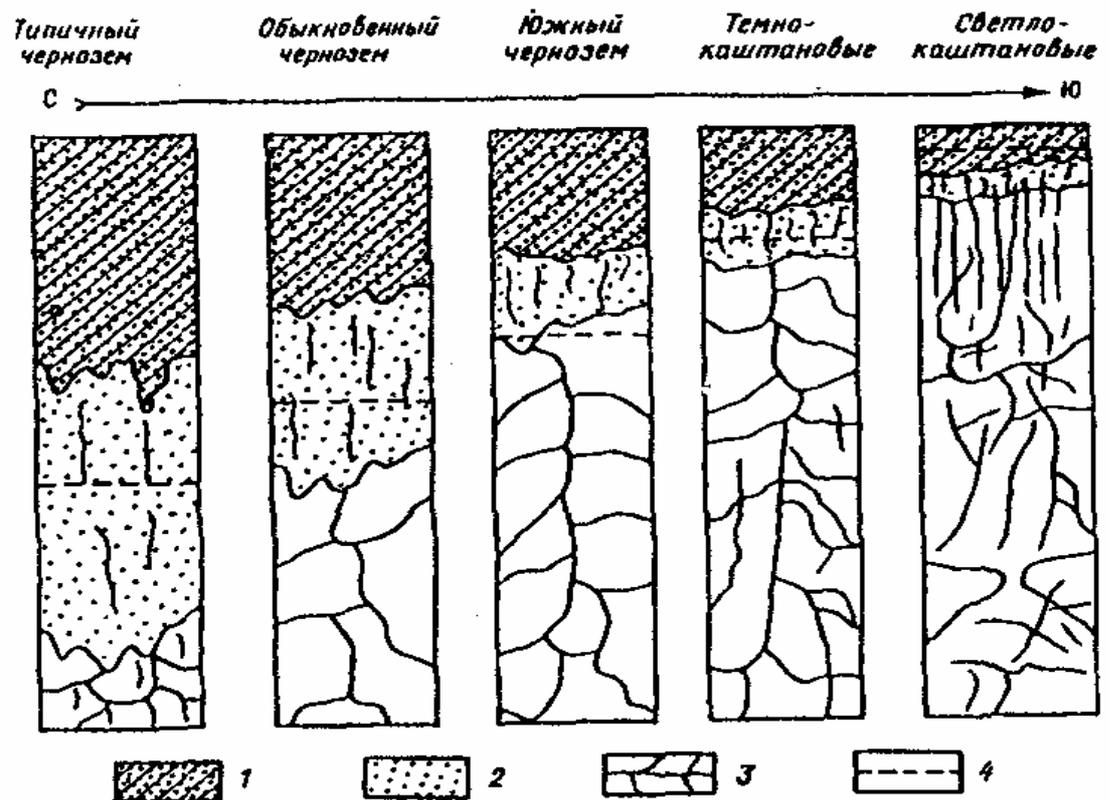
Возрастание степени континентальности климата к восточной части области сказывается и на растительном покрове. Здесь граница сухой южной степи проходит значительно севернее, чем в западной части. Изменяется и состав редких древесных пород.

Древесные породы на западе области представлены дубом, липой, березой и осинкой. Широко распространена на песчаных массивах сосна. На востоке выпадают широколиственные породы, в первую очередь дуб. Фрагментарно встречается западносибирская березовая лесостепь.

Запасы подземной биомассы в профиле почв (до 62—74 см) уменьшаются от обыкновенных черноземов (3890 г/м²) к южным (2484 г/м²). Наибольшее количество массы корней (62—75 %) приурочено к верхнему двадцатисантиметровому слою. Естественные лесные массивы в области занимают 4,1 % от общей площади. Их можно разделить на две группы: пойменные леса, использующие грунтовое увлажнение, и леса балочные, ориентированные на поверхностное увлажнение.

Почвенный покров

В размещении почв на территории региона четко проявляется широтная зональность: почвенные зоны распространены широкими полосами с запада на восток и почти совпадают с растительными. По мере снижения с северо-запада на юго-восток количества осадков и смены в связи с этим видового состава растительных сообществ и уменьшения проективного покрытия травостоя происходит смена типов и подтипов почв от типичных черноземов с фрагментами выщелоченных до темно-каштановых почв. Основу почвенного покрова области (67 % ее территории) образуют различные подтипы чернозема (рисунок 19).



1 - гумусово-аккумулятивный горизонт (А)

2 - иллювиальный горизонт (В)

3 - материнская порода (С)

4 - потолок вскипания карбонатов

Рисунок 19 - Широтно-зональная смена почв

В степной зоне, которая простирается от р. Малый Кинель до рр.Самары и Урал на западе и в центре области и до северной части междуречья рр.Урал - Суундук на востоке под разнотравно-типчакково-ковыльной растительностью сформировались обыкновенные черноземы. В отличие от типичных они имеют менее мощный гумусовый горизонт (от 45 см до 60 см), содержание гумуса в них равно 6 — 10 %, а при легком механическом составе не превышает 4 — 5 %.

Под типчакково-ковыльной и полынно-ковыльной растительностью южнее рр. Самара и Урал, а также на междуречье рек Кумака и Суундука получили развитие южные черноземы. Они содержат 4 — 7 % гумуса при мощности гумусового горизонта в 40 — 50 см.

Южнее рек Илека и Кумака, на крайнем юге региона, южные черноземы сменяются темно-каштановыми почвами, которые составляют здесь основной фон почвенного покрова. Для них характерна преобладающая мощность гумусового горизонта в 30 — 40 см при содержании гумуса 3,5 — 5 %.

Наряду с черноземными почвами в лесостепной и степной зонах распространены лугово - черноземные почвы. Они формируются по долинам, понижениям, в западинах и на надпойменных террасах при дополнительном

увлажнении за счет временного скопления влаги поверхностного стока или за счет подпитывания грунтовыми водами. Аналогично выделяются лугово-каштановые почвы.

Крупные массивы среди степных черноземов и каштановых почв на засоленных породах в условиях выраженного микрорельефа и при близком залегании соленосных пород занимают интразональные типы: солонцы и солончаки, комплексы которых с фоновыми почвами занимают общую площадь, равную почти двум миллионам гектаров. Наибольшие площади этих комплексов сосредоточены в Первомайском, Акбулакском, Домбаровском, Ясенском и Светлинском административных районах (рисунок 20).

На юге лесостепной зоны, охватывающей северные районы Оренбуржья, черноземный процесс получил максимальное развитие. Здесь под разнотравно-злаковой растительностью сформировались типичные тучные черноземы. Они имеют мощность перегнойного горизонта более 60 см, а содержание гумуса составляет от 6 % до 12 %, а на целине может достигать и 15 %. Под лиственными лесами с густым травостоем и под луговыми степями получили распространение выщелоченные черноземы. Однако этот подтип черноземов, как и серые лесные почвы, образованные отдельными участками под массивами лесов не получили широкого распространения.

Почвы Оренбуржья отличаются карбонатностью, что связано с повышенным содержанием карбонатов в почвообразующих породах и биогенным его образованием.

В структуре пахотных угодий области черноземы занимают 79 % площадей, подтип темно-каштановых почти — 17 %, серые лесные почвы — 4 %. Среди черноземов наибольшую площадь занимают южные черноземы — 44 %, обыкновенные — 26 %, типичные и выщелоченные — 9 %. В подзонах южных и обыкновенных черноземов соответственно 14 % и 7 % площади занимают солонцы. В подзоне темно-каштановых почв площадь солонцов составляет 36 %.

Неполноразвитые и эродированные почвы занимают среди типичных черноземов 17 % их площади, среди обыкновенных черноземов — 39 %, южных — почти 50 %, в подзоне темно-каштановых почв — 22 % ее площади. Следует отметить, что подзона обыкновенных черноземов распахана на 74 %, южных — на 52 %, темно-каштановых почв — на 43 %.

В целом типичные и выщелоченные черноземы лесостепной зоны занимают 944 тыс. га. Площади, занятые обыкновенными черноземами, составляют 2917,0 тыс. га, из них 202,3 тыс. га составляют комплексы с солонцами. Наибольшая площадь приходится на южные черноземы — 3527,0 тыс. га (в т.ч. комплексы с солонцами — 494,0 тыс. га). Темно-каштановые почвы имеют площадь 1402,0 тыс. га, из них 319,1 тыс. га приходится на комплексы с солонцами и солончаками. Типичные солонцы занимают 725,8 тыс. га. На луговые и аллювиальные почвы, развитые по поймам рек, приходится 734,0 тыс. га.

ПОЧВЕННАЯ КАРТА

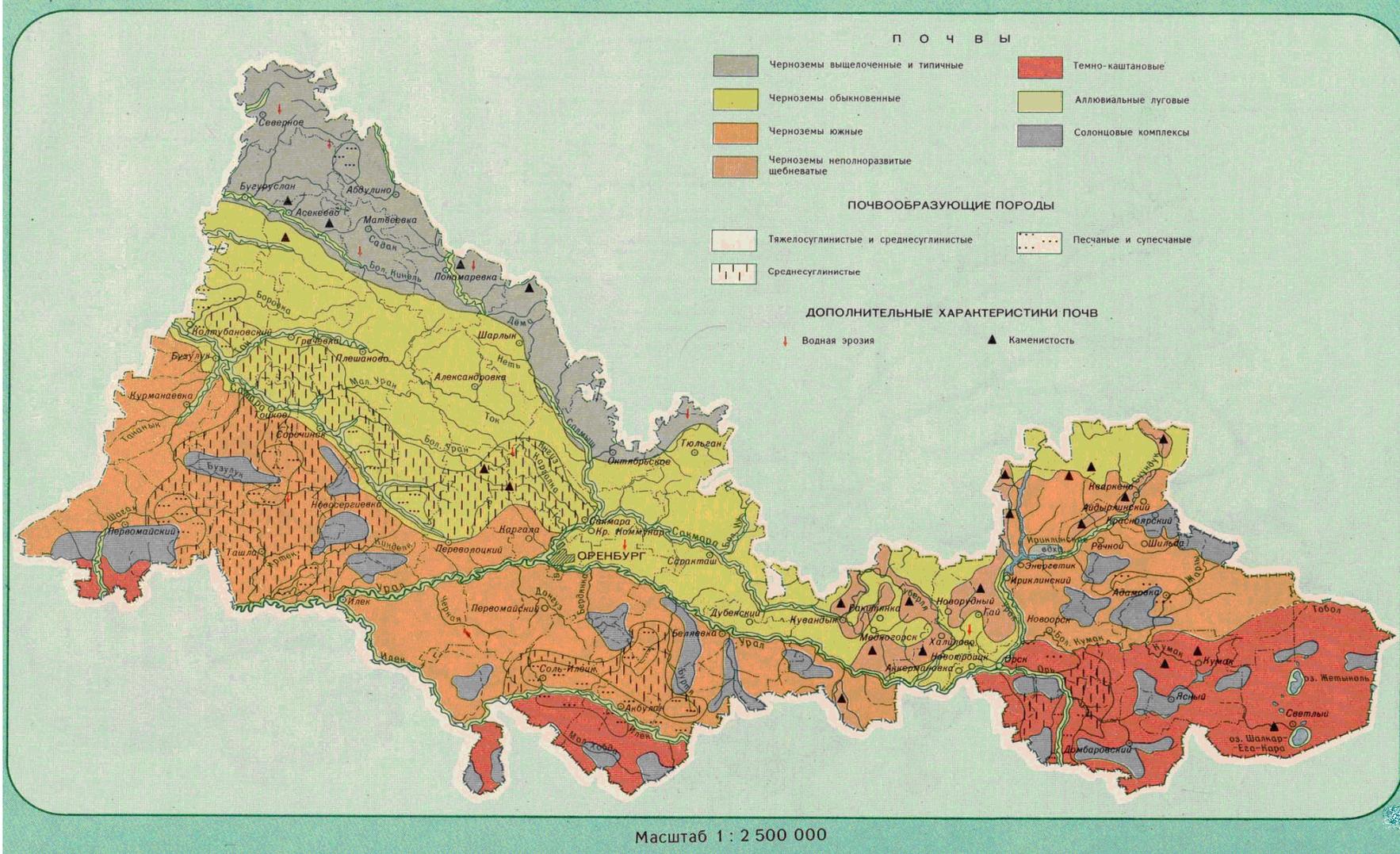


Рисунок 20 - Карта почв Оренбургской области

Основная часть неполноразвитых почв (общая площадь 1335,0 тыс. га) занята пастбищами. Площадь песков составляет в области около 100 тыс. га.

В целом почвы области отличаются высоким естественным плодородием, имеют высокий показатель бонитета (это касается в первую очередь почвы северо-западного региона области) и вполне пригодны для в сельскохозяйственном производстве. Вместе с тем, из-за сложного рельефа и связанной с ним эрозией, пониженной мощности верхнего гумусового горизонта, высокой сложности структуры почвенного покрова, осложненной солонцами, солончаками и песчаными почвами, низкой облесенности территории, существования в регионе крупных промышленных предприятий, ориентированных на добычу полезных ископаемых, что подразумевает разрушающее воздействие на почвенный покров почвы области нуждаются в особой охране и их рациональном использовании.

Список использованных источников

1 Апарин, Б.Ф. Докучаевская парадигма естествознания/ Б.Ф. Апарин – М.: ТРИЗ-профи, 2006. – 23 с.

2 Блохин, Е.В. Экология почв Оренбургской области: почвенные ресурсы, мониторинг, агроэкологическое районирование / Е.В. Блохин. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. - 228 с.

3 Добровольский, В.В. География почв с основами почвоведения: учебник для вузов / В.В. Добровольский. - М. : Владос, 1999. - 384 с.

4 Добровольский, Г.В. География почв: учебник/ Г.В. Добровольский, И.С. Урусевская. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1984. – 416 с.

5 Добровольский, Г.В. Экология почв. Учение об экологических функциях почв: учебник / Г.В. Добровольский, Е.Д. Никитин. – М.: Изд-во Моск. ун-та; Наука, 2006. – 364 с.

6 Кауричев, И.С. Почвоведение / И.С. Кауричев, Л.Н. Александрова, Н.П. Панов. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1982. – 496 с. (Учеб. и учеб. пособия для с/х вузов)

7 Классификация и диагностика почв СССР. - М.: Колос, 1977.- 224 с.

8 Классификация и диагностика почв России / авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. – Смоленск: Ойкумена, 2004 - 342 с.

9 Орлов, Д.С. Химия почв: учебник / Д.С. Орлов. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.

10 Почвоведение : учеб. пособие для вузов / под ред. А.С. Фатьянова, С.Н. Тайчинова.- М.: Колос, 1972.-480 с.- (Учеб. и учеб. пособия для с/х вузов)

11 Розанов, Б.Г. Морфология почв: учебник для высшей школы / Б.Г. Розанов. – М.: Академический проект, 2004. – 432 с.

12 Шеин, Е.В. Курс физики почв: Учебник / Е.В. Шеин. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 432 с.

