МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт Горного дела и строительства
Кафедра Геоинженерии и кадастра

Утверждено на заседании кафедры
«Геоинженерии и кадастра»
«09» июня 2022г., протокол №4

Заведующий кафедрой
_____И.А. Басова

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**
**по выполнению лабораторных работ**
**по дисциплине (модулю)**
**«Почвоведение и инженерная геология»**

**основной профессиональной образовательной программы**
**высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки
**21.03.02 Землеустройство и кадастры**

с направленностью (профилем)
**Кадастр недвижимости**

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: **210302-02-22**

Тула 2022 год

**Разработчик(и) методических указаний**

Король В.В., доц. каф. ГиК, к.т.н. _____
*(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)* *(подпись)*

## СОДЕРЖАНИЕ


| | | Стр. |
|---|---|---|
| | Введение…… | 3 |
| 1 | Морфологические свойства минералов …… | 6 |
| 2 | Классы минералов…… | 12 |
| 3 | Горные породы…… | 24 |
| 4 | Почвенный профиль…… | 29 |
| 5 | Описание образцов почв. окраска почв. выделение фракций по агрономической схеме и классификации Н.А. Качинского…….. | 35 |
| 6 | Структура почвы…….. | 38 |
| 7 | Определение механического состава почв в полевых условиях……. | 42 |
| 8 | Гранулометрический состав почвы…… | 46 |
| 9 | Определение влажности почв полевым методом. определение влажности почв в лабораторных условиях…… | 56 |
| 10 | Определение сухого остатка и засоленности почв……. | 59 |
| 11 | Химический анализ почв. буферная способность почв…… | 62 |
| 12 | Кислотность почв……. | 64 |
| 13 | Щелочность почв…….. | 67 |
| 14 | Анализ гумуса…….. | 69 |
| 15 | Определение плотности почв…… | 73 |
| 16 | Определение плотности твердой фазы почв (минеральной части почв)…….. | 75 |
| 17 | Определение водопроницаемости почв……. | 77 |
| 18 | Описание и определение почв полярного пояса…….. | 80 |
| 19 | Описание и определение почв тундры…….. | 82 |
| 20 | Описание и определение почв таежно-лесной зоны…… | 86 |
| 21 | Почвенный ключ…….. | 93 |
| 22 | Отбор проб почв для лабораторных анализов…….. | 99 |
| 23 | Почвенные разрезы …… | 103 |
| | Учебно-методическое обеспечение…… | 106 |

## Введение

Почва являются одним из наиболее важных планетарных феноменов, существование которых обусловлено тесным взаимодействием биосферы и литосферы при участии водной и воздушной сред. Без существования почв на поверхности Земли была бы невозможна растительная жизнь, а следовательно – жизнь животных и человека. Многие тысячи лет почва является основой сельскохозяйственного производства, обеспечивающего человека растительной и животной пищей, сырьем для текстильной промышленности, материалами для изготовления жилья, топливными ресурсами и т. д.

Почвоведение, наука о почвах, является одной из фундаментальных естественных наук. В сферу интересов этой науки входят представления об образовании почв, их строении, химическом составе, физико-химических свойствах, географическом распространении, живом населении, плодородии и путях рационального использования.

Почвы формируются под влиянием климатических условий, геологической структуры материнской породы, флоры и фауны данной области, поэтому в различных регионах планеты они существенно отличаются друг от друга. В свою очередь, состав и структура почв оказывает заметное воздействие на флору и фауну – достаточно вспомнить, как меняется состав растительности при подкислении или засолении почв. В связи с этим, изучение природных экосистем невозможно в отрыве от изучения особенностей почвенного покрова исследуемого региона. Базовые знания о почвах являются важной составляющей биологического образования.

Сборник описания лабораторных работ написан применительно к программе курса «Почвоведение» для направления 120300 «Землеустройство и кадастры».

Цель преподавания дисциплины «Почвоведение» состоит в том, чтобы студенты овладели теоретическими и практическими знаниями в области почв для научного обоснования для проведения государственного земельного кадастра; правильного размещения севооборотов; рационального использования земельных фондов в сельскохозяйственном производстве, лесном хозяйстве и для других целей; решения вопросов охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

После завершения курса студенты должны приобрести следующие знания, умения и навыки:

**Знать:**

- происхождение, состав и свойства почв;
- морфологические признаки почв;
- географию почв, характеристику почвенного покрова природных зон;
- мероприятия по повышению плодородия и охране почв.
- строение земли и литосферы;
- классификацию минералов и горных пород;
- геологическую и рельефообразующую деятельность поверхностных и подземных вод, ветра, ледников и других природных факторов;
- влияние деятельности человека на геологические процессы и рельеф;

- формы негативного воздействия подземных и поверхностных вод на рельеф и использование земельных ресурсов;
- водные ресурсы Земли;
- круговорот воды на Земном шаре;
- гидрологию ледников, рек, озер, подземных вод.

**Уметь:**

- давать характеристику минералам и горным породам;
- давать характеристику почвообразующих пород;
- давать полное название почв по гранулометрическому составу;
- описывать почвенные монолиты по морфологическим признакам;
- давать полное название почвы.
- проводить диагностику почв по результатам химических анализов;
- составлять геологические профили;
- определять объем стока и расходов воды;

**Владеть:**

- работы с материалами почвенных обследований в землеустройстве;
- работы с почвенными картами;
- работы с геохронологическими таблицами и геологическими картами;
- работы с материалами анализов воды по физическим и химическим свойствам.

## Лабораторная работа № 1
## 4 часа
## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МИНЕРАЛОВ

*Цель работы*

Закрепить методику определения минералов.

*Задачи работы*

1. Изучить морфологические свойства минералов, позволяющие их диагностировать (твердость, цвет и окраску черты, блеск, спайность, излом, прозрачность плотность).

2. Научиться работать со схемами для определения минералов.

*Обеспечивающие средства*

Коллекция «Минералы», Шкала твердости Мооса, подручные материалы для определения твердости минералов, фарфоровые пластины, скальпели, лупы, стеклянные пластинки, альбом с иллюстрациями, микроскоп, коллекция срезов.

*Задание*

Записать в рабочую тетрадь морфологические признаки выданных минералов и определить их названия.

*Технология работы*

1. Ознакомиться с коллекцией «Морфологические свойства минералов» (с помощью преподавателя) и формами нахождения минералов в природе.

2. Используя схемы для определения минералов, установить названия выданных
минералов.

*Теоретические основы*

***Минералы.*** Природное тело, имеющее постоянный химический состав и определенные физические свойства, называют минералом.

По происхождению различают первичные минералы, входящие в состав магматических пород, и вторичные минералы, образовавшиеся в результате выветривания первичных минералов и изменения их химического состава.

К первичным минералам почв относят те минералы, которые входили в состав магматических пород и перешли в другие породы и почвы без каких-либо изменений состава. Таким образом, первичные минералы представляют собой остаток магматических пород, подвергшихся только механическому разрушению, но сохранивших свой химический состав. Первичные минералы обычно примешаны к вторичным минералам, которые образуют основную массу почв. Только песчаные породы и почвы состоят в основном из первичного минерала — кварца. В состав почвообразующих пород и почв входят следующие первичные минералы: кварц, полевые шпаты (ортоклаз, микроклин), слюды, магнетит, гематит и др. Первичные минералы образуются из магмы в недрах Земли при определенной

температуре и давлении. При выходе на земную поверхность они под воздействием воды, воздуха и живых организмов разрушаются и превращаются во вторичные минералы, из которых формируются осадочные почвообразующие породы.

**Физические свойства минералов**

**Твердость** - это сопротивление твердого тела царапающему действию другого тела, т. е., если испытуемый минерал мягче, чем тот предмет или минерал, которым вы царапаете по его поверхности, то на нем остается след-царапина.

Для определения твердости минералов обычно используется шкала твердости Мооса. Она представлена такими специально подобранными минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. В шкалу входят следующие минералы:

Порядковый номер минерала этой шкалы принят за его относительную твердость. Так, твердость кальцита равна трем, кварца — семи и т. д.Твердость минерала определяется следующим образом.

В самом начале минералом проводят по стеклу (стекло нельзя держать в руке!). Если на стекле остается царапина, то твердость минерала больше 5, если минерал скользит по стеклу, то твердость его меньше 5. После этого следует уточнить твердость по шкале Мооса. В первом случае, из шкалы берут эталонный ми-

нерал с твердостью 6 (полевой шпат), выбирают на определяемом минерале ровную поверхность и чертят по нему эталоном. Если на минерале остается царапина, то твердость искомого минерала меньше 6. Далее пробуют царапать минералом с твердостью 5 (апатит) и, если не остается царапины, то твердость минерала между 5 и 6, т. е. 5,5.

Во втором случае, начинают уточнение твердости искомого минерала эталоном из шкалы Мооса с твердостью 4 (флюорит). Этим минералом чертят по искомому минералу, на нем может остаться след-черта, которая стирается пальцем, это будет значить, что у искомого минерала твердость больше 4, но меньше 5, т. е. 4,5.

Мы с вами по твердости все минералы будем делить на 7 групп.

I — на минералах этой группы ноготь (твердость ногтя по шкале Мооса 2) оставляет царапину — это минералы с твердостью от 1 до 2 по шкале Мооса: тальк, графит, гипс. Если минерал пишет на бумаге, не царапая ее, то его твердость равна 1.

II — на минералах этой группы (минералы с твердостью больше 2 до 3 включительно) ноготь не оставляет царапины, но кончик стального ножа легко, без заметного усилия, чертит по нему: кальцит, медный колчедан (халькопирит).

III — на минералах этой группы для получения царапины кончиком ножа нужно применить небольшое усилие. К минералам этой группы относятся минералы с твердостью более 3 до 4 включительно.

IV — на минералах этой группы (минералы с твердостью более 4 до 5 включительно) кончик ножа оставляет царапины только при значительном усилии.

V — на минералах этой группы (минералы с твердостью более 5 до 6 включительно) кончик ножа оставляет царапины только при крайнем усилии (твердость минерала 5,5). Минералы с твердостью 6 и более сами оставляют царапины на ноже.

VI — к этой группе относятся минералы с твердостью выше 6 до 7 включительно.

VII — к этой группе относятся минералы с твердостью выше 7. Минералов этой группы немного: гранаты, топаз, берилл, турмалин, корунд.

При определении твердости необходимо помнить, что твердость некоторых минералов в зависимости от кристаллографического направления может быть различной. Например, у дистена твердость на плоскости спайности вдоль длинной оси кристалла составляет 4, а поперек на той же плоскости — 6; у кальцита твердость на гранях ромбоэдров по спайности 3, а на гранях призмы около 4.

Очень твердые минералы встречаются только в группе с неметаллическим блеском.

**Блеск** у минералов существует благодаря отражению лучей света от его поверхности. По блеску мы все минералы будем делить на две большие группы: минералы с металлическим блеском и минералы с неметаллическим блеском. Практически к первым относятся минералы, дающие черную черту и непрозрачные даже в тонких осколках: уголь, графит, магнетит. Исключением здесь стоят минералы с металлическим блеском, но цветной чертой. Это золото с зеленоватой чер-

той, серебро с серебряно-белой чертой, медь с медно-красной чертой, халькопирит с зеленоватой чертой, блеклые руды с темно-бурой чертой.

Металлический блеск напоминает блеск свежего излома металлов. Он хорошо виден на свежей (неокисленной) поверхности образца. Минералы с таким блеском непрозрачны, как и большинство нам хорошо известных металлов (железо, алюминий, медь, золото и др.) и более тяжелы по сравнению с минералами, имеющими неметаллический блеск.

Металлический блеск характерен для минералов, являющихся рудами различных металлов: медный колчедан (халькопирит), свинцовый блеск (галенит).

Неметаллический блеск может быть различным.<

1. Стеклянный, напоминающий блеск поверхности стекла: каменная соль, горный хрусталь и др.
2. Алмазный — искрящийся, напоминает стеклянный, но более сильный: алмаз, цинковая обманка (сфалерит) и др.
3. Перламутровый — подобен блеску перламутра, т. к. поверхность минерала отливает радужными цветами: кальцит, слюда и др.
4. Шелковистый — мерцающий блеск. Характерен только для минералов, имеющих волокнистое или игольчатое строение: асбест, селенит и др.
5. Жирный. Поверхность минерала как будто смазана жиром. Иногда сам минерал жирен на ощупь: тальк.
6. Восковой — подобен жирному, но более слабый: халцедон.
7. Металловидный или полуметаллический, когда минерал имеет блеск металла, но черта и порошок цветные.

**Цвет** — постоянный признак лишь для немногих минералов: так малахит всегда зеленый; золото — золотисто-желтое и т.д., а для большинства минералов этот признак непостоянен. Чтобы определить цвет минерала, необходимо получить свежий скол его.

**Цвет черты** (цвет порошка минерала) у некоторых минералов не отличается от цвета самого минерала, но встречаются и такие минералы, цвет порошка, которых резко отличается от их собственного цвета. Например, кальцит бывает белый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый, бурый, черный, а порошок его всегда белый.

Порошок минерала, т. е. его черту, можно получить на шероховатом, не покрытом глазурью фарфоре, так называемом бисквите. Для этого необходимо по поверхности бисквита провести определяемым минералом и полученную черту слегка размазать пальцем. Здесь необходимо помнить, что твердые и очень твердые минералы черты не дают, т. к. они царапают бисквит. Для получения цвета порошка минерала можно соскоблить часть его ножом на белую бумагу и растереть.

**Спайность** — это способность минерала расщепляться или раскалываться в определенном направлении, давая при этом гладкие блестящие поверхности.

Свойство спайности открыл в 1669 г. профессор Копенгагенского университета Эразм Бартолин. Он опубликовал результаты своих работ (о законах спайности и двупреломления света, проходящего через кристаллы минерала, привезенного из Исландии, получившего впоследствии название «исландский шпат» — бес-

цветная разновидность кальцита) в Лейпциге, Копенгагене и Лондоне и разослал образцы минерала отдельным ученым и академиям. Работы Э. Бартолина были встречены с полным недоверием. Английское Королевское общество даже назначило для проверки специальную комиссию из видных ученых: Ньютона, Бойля, Гука и других. Эта авторитетная комиссия признала открытые Бартолином явления случайными, а законы несуществующими. Понят Э. Бартолин был лишь спустя столетие после смерти.

Мы с вами будем различать пять градаций спайности у минералов.

Спайность весьма совершенная — минерал легко расщепляется на тонкие пластинки: слюда, гипс, тальк.

Спайность совершенная — при любом ударе молотком минерал раскалывается на обломки, ограниченные плоскостями спайности: кальцит, галит, флюорит, барит, галенит, большинство полевых шпатов.

Спайность средняя или ясная — при раскалывании минерала получаются обломки, ограниченные как плоскостями спайности, так и неровными поверхностями по случайным направлениям: ортоклаз, авгит.

Спайность несовершенная — обнаруживается с трудом: оливин, апатит, берилл.

Спайность весьма несовершенная, — т. е. практически отсутствует: кварц, пирит, магнетит.

Некоторые минералы обнаруживают спайность нескольких направлений, что часто является для них главным диагностическим признаком. Спайность двух направлений имеют полевые шпаты, барит, трех — кальцит, доломит, галит.

**Излом**. Изломом называют поверхность раскола, прошедшую в минерале не по спайности. Различают обычно изломы 4 типов.

Ровный, поверхность его ровная, но не зеркально ровная как при спайности.

Ступенчатый — наблюдается у кристаллов с более или менее совершенной и ясной спайностью: полевые шпаты.

Неровный — например, у апатита и других минералов с несовершенной спайностью.

Занозистый — у минералов волокнистого сложения; напоминает излом древесины поперек волокнистости: гипс, золото.

Раковистый — формой поверхности напоминает раковину: кварц, опал, халцедон и др.

Для многих минералов отличительным или диагностическим признаком является **магнитность**. Для определения магнитности используется стрелка компаса или намагниченный перочинный нож. Испытания на магнитность производятся следующим образом. К маленькому кусочку (порошку) испытуемого минерала прикасаются намагниченным перочинным ножом или магнитной подковкой и, если частички минерала притягиваются (прилипают) к магниту, то этот минерал обладает магнитностью. При использовании компаса, последний кладут на ровную поверхность, ждут пока успокоится стрелка и подносят к кончику стрелки минерал, не касаясь компаса. Если стрелка компаса смещается, то минерал магнитен.

Некоторые минералы, имеющие в своем составе углекислые соли, под действием соляной кислоты (10 % раствор) выделяют углекислый газ в виде пузырь-

ков или, как говорят «**вскипают».** К таким «вскипающим» минералам относятся кальцит, малахит, из горных пород — мел, известняк, мрамор.

Некоторые минералы **хорошо растворяются в воде**. Эта способность минералов определяется на вкус, например, каменная соль (галит) — соленый вкус, калийные соли (сильвин, карналлит) — горько-соленый вкус и др.

Если необходимо исследовать минерал на **горение** или **плавкость**, следует отколоть от него маленький кусочек и внести его пинцетом в пламя свечи, спиртовки или газовой горелки. Некоторые минералы (сера) загораются даже в пламени спички.

*Контрольные вопросы:*

1. Чем отличаются минералы от горных пород?
2. Чем отличаются первичные минералыот вторичных?
3. Перечислите и охарактеризуйте морфологические свойства, позволяющие распознавать минералы.
4. Опишите формы нахождения минералов в природе.

*Требования к отчету*

Указать номера и назвать выданные минералы. Морфологические признаки каждого минерала описать по образцу:

Минерал № 31 – графит. Твердость – 1 (царапается ногтем), цвет черты – серовато-черная, блестящая, окраска – черная, спайность весьма совершенная в одном направлении, излом мелкозернистый, удельный вес – 2; жирный на ощупь, пачкает руки, пишет на бумаге.

## Лабораторная работа № 2
## 4 часа
## КЛАССЫ МИНЕРАЛОВ

*Цель работы*

Ознакомиться с наиболее распространенными породообразующими минералами.

*Задачи работы*

1. Ознакомиться с различными классификациями минералов – генетической, химической, классификацией по практическому применению.
2. Охарактеризовать основные породообразующие минералы.
3. Перечислить минералы в соответствии с различными классификациями.

*Обеспечивающие средства*

Коллекция «Минералы», шкала твердости минералов Мооса, подручные материалы для определения твердости минералов, фарфоровые пластины, скальпели, лупы, стеклянные пластинки, альбом с иллюстрациями, микроскоп, коллекция срезов.

*Задание*

Изучить по образцам с этикетками внешние признаки и физические свойства основных породообразующих минералов. Описать представителей следующих классов минералов: I – самородные элементы (графит, сера); II – сульфиды (пирит, халькопирит, галенит, сфалерит); III – галогениды (галит, сильвин, карналлит, флюорит); IV – оксиды и гидроксиды (кварц, халцедон, опал, магнетит, лимонит, гематит, корунд, боксит); V – соли кислородных кислот (карбонаты – кальцит, магнезит, доломит, сидерит; фосфаты – апатит, фосфорит, вивианит; нитраты – натриевая и калиевая селитры); VI – силикаты и алюмосиликаты (ортоклаз, мусковит, биотит, роговая обманка, оливин, каолинит, глауконит, лабрадор); VII – органические соединения (нефть, торф, ископаемые угли, янтарь).

*Технология работы*

Изучить по образцам с этикетками внешние признаки и физические свойства указанных минералов и составить в рабочей тетради общую таблицу по предложенному образцу. При выполнении работы студенты могут сверяться с табл.

Теоретические основы

Существует несколько классификаций минералов: химическая, генетическая, по практическому применению. Ниже рассмотрена классификация минералов по химическому составу.

Все минералы подразделяют на следующие классы: самородные элементы, сульфиды, галогениды, оксиды, соли кислородных кислот (карбонаты, сульфаты, фосфаты, нитраты), силикаты и алюмосиликаты, углеводородные соединения.

Самородные элементы состоят из одного химического элемента. К ним относятся алмаз, графит, сера, а также минералы — серебро, золото, платина. Минералы этого класса составляют менее 0,1 % массы земной коры и являются чаще редкими или драгоценными.

*Алмаз* — самый твердый минерал, образуется при огромном давлении в недрах Земли. Его широко применяют в технике и для изготовления ювелирных изделий.

*Графит* — очень мягкий минерал, хотя имеет тот же химический состав, что и алмаз. Образуется из каменных углей и битумов в результате процессов метаморфизма. Имеет окраску от темно-серой до черной. Встречается в виде плотных масс среди метаморфических пород: сланцев, мраморов, гнейсов. Графиты применяют для изготовления карандашей, электродов в атомных реакторах, а также электроплавильных тиглей.

*Сера* — минерал светло-желтого цвета, встречается в виде кристаллов и землистых масс. Образуется путем кристаллизации из горячих водных растворов, а также при вулканических извержениях и при выветривании сульфатов. Серу широко применяют в химической промышленности, сельском хозяйстве и медицине. Она относится к почвообразующим минералам.

*Сульфиды* — это сернистые соединения тяжелых металлов (соли сероводородной кислоты). В земной коре наиболее распространены пирит, халькопирит, галенит, киноварь и др. Многие минералы этого класса являются рудами, из которых получают медь, свинец, ртуть. Продукты выветривания сульфидов участвуют в почвообразовании.

*Пирит* $FeS_2$ — железный, или серный, колчедан. Образуется чаще из расплавленной магмы, а также путем кристаллизации при воздействии горячих паров на соединения железа или в результате метаморфических процессов. Пирит служит сырьем для получения серной кислоты, а железные огарки используют как железную руду. Под действием кислорода и воды пирит разрушается с образованием гидроксидов железа, сульфатов, карбонатов, серной кислоты, которые оказывают влияние на ход почвообразовательных процессов. Необходимо учитывать содержание сульфидов в породах на разрабатываемых месторождениях полезных ископаемых. Сульфидсодержащие породы, оказавшиеся на поверхности в процессе выветривания, образуют серную кислоту. После рекультивации территории, нарушенной при добыче полезных ископаемых, гумусовый слой, нанесенный на поверхность, пропитывается серной кислотой, что приводит к необратимой деградации почвы и загрязнению окружающей среды.

*Халькопирит* $FeCuS_2$ — медный колчедан латунно-желтого цвета. Образуется под действием гидротермальных процессов, а также магматическим путем. Халькопирит — это основная руда для получения меди. Он легко окисляется с образованием железа и меди. Из медного колчедана получают медный купорос $CuS0_4$, который в сельском хозяйстве используют для борьбы с вредителями садовых культур.

*Галенит, или свинцовый блеск*, PbS — основная свинецсодержащая руда. Выделяется вместе с цинковой обманкой из горячих минеральных растворов, идущих по трещинам из магматического очага. Из галенита получают свинец, ко-

торый применяют в электропромышленности, а также для изготовления типографских шрифтов, свинцовых белил, дроби и др.

*Галогениды* — соли галогеноводородных кислот (HCl, HFи др.). Наибольшее значение для почвообразования и земледелия имеют такие минералы этого класса, как сильвин, галит, карналлит.

*Сильвин* KCl — основная соль для получения калийного удобрения. Образуется в высыхающих соляных озерах или изолированных от моря заливах при испарении воды.

*Галит* NaCl — каменная соль, поваренная соль. Ее широко используют в пищевой промышленности. В природе встречается в виде крупных скоплений соли (пласты, штоки, купола) среди осадочных пород. При насыщении галитом грунтовых вод последние служат источником засоления почв, что приводит к значительному снижению почвенного плодородия.

Месторождения сильвина и галита находятся на Среднем Урале, в Белоруссии, Прикарпатье, Сибири и т. д.

*Карналлит* $MgCl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$ — минерал, залегающий вместе с сильвином и галитом. Из карналлита получают металлический магний и калийные удобрения.

*Оксиды* — соединения различных химических элементов с кислородом или же с кислородом и водой. Это широко распространенные породообразующие минералы. Класс оксидов подразделяют на группы: оксиды кремния, оксиды железа, оксиды алюминия, оксиды марганца.

В группу оксидов кремния входят кварц, халцедон, опал.

*Кварц* $SiO_2$ — самый распространенный кристаллический породообразующий минерал (около 65 % земной коры состоит из кварца). Для кварца характерны большая твердость, неровный излом, отсутствие спайности. Этот минерал входит в состав магматических (гранит и др.) и метаморфических (гнейсы, кварциты и др.) горных пород. При выветривании кварца и кварцосодержащих пород образуются галечники, щебень, гравий, различные пески (эоловые, водные, ледниковые).

*Халцедон* $SiO_2$ — аморфный минерал с матовым блеском, образуется из водных растворов, имеет форму желваков, конкреций, сталактитов, разнообразную окраску. Разновидности халцедона (кремень, яшма, агат, сердолик) используют как поделочный материал.

*Опал* $SiO_2 \cdot nH_2O$ — водный оксид кремния. Образуется при выветривании силикатов, а также при химическом осаждении из растворов.

В группу оксидов железа входят гематит, магнетит, лимонит.

*Гематит* $Fe_2O_3$ — красный железняк. Содержит около 65 % железа. Его используют как руду в доменном производстве. Образует залежи различных генетических типов месторождений (изверженных, метаморфических, гидротермальных). Встречается в коре выветривания в условиях сухого и жаркого климата.

*Магнетит, или магнитный железняк* $Fe_3O_4$ — соединение, имеющее различное происхождение — магматическое, гидротермальное и др. Сырье для выплавки чугуна и стали. Для магнетита характерны магнитность, черный цвет, металлический блеск и отсутствие спайности.

*Лимонит* $2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$ — бурый железняк, главным образом распространен в верхних слоях земной коры, образуется при выветривании магнетита и гематита, а также на дне озер, болот и в почвах. Цвет чаще лимонно-желтый, но встречается и черный. Используют для выплавки чугуна и стали.

В группу оксидов алюминия входят боксит и гидраргиллит (гиббсит).

*Боксит* $Al_2O_3 \cdot nH_2O$ — минерал, в котором содержание воды может изменяться. Собственно боксит имеет формулу $Al_2O_3 \cdot 2H_2O$. Если же в ее состав входят три молекулы воды ($Al_2O_3 \cdot 3H_2O$), то минерал называют гидраргиллитом. Боксит и гидраргиллит встречаются вместе с глиной в виде землистой массы. Минералы имеют белую окраску или слабо окрашены в сероватый, красноватый, зеленоватый цвета; образуются при гидролизе алюмосиликатов в процессе выветривания. Эти минералы — основная руда для получения металлического алюминия.

Пиролюзит $MnO_2$ относится к группе оксидов марганца. Это основная марганцевая руда. Пиролюзит применяют в производстве красок, а также для получения хлора и кислорода. Из пиролюзита в почву поступает марганец, который необходим растениям как микроэлемент.

Соли кислородных кислот подразделяют на следующие группы: карбонаты, сульфаты, фосфаты, нитраты. Все минералы этого класса имеют большое значение в почвообразовании и служат сырьем для производства удобрений.

*Карбонаты* — соли угольной кислоты: кальцит, магнезит, доломит, сидерит.

*Кальцит* $CaCO_3$ — известковая руда, которую после размола применяют для известкования кислых почв. Используют также в металлургии, строительстве, оптике и т. д. Чистые кристаллы кальцита бесцветны, прозрачны, обладают двойным лучепреломлением (исландский шпат). В осадочных породах кальцит имеет белую окраску, находится в виде залежей известняков, мела. Он может иметь различное происхождение (гидротермальное, метаморфическое), но чаще образуется при осаждении из горячих и холодных растворов.

*Магнезит* $MgCO_3$ встречается в виде мраморовидных масс белого, серого или бурого цвета. Образуется в гидротермальных условиях или при выветривании ультраосновных пород. Используют при изготовлении цемента, огнеупорного кирпича, а в молотом виде — для химической мелиорации кислых почв.

*Доломит* $CaMg(CO_3)_2$ — двойной карбонат кальция и магния осадочного или гидротермального происхождения. Залегает плотными зернистыми массами разной окраски (белой, желтой, серой и даже черной). Используют как огнеупорный материал в металлургии, а в сельском хозяйстве — для известкования кислых почв.

*Сидерит* $FeCO_3$ — железный шпат, образуется гидротермальным путем при взаимодействии железистых растворов с известковой породой. Используют в качестве сырья для получения железа.

*Сульфаты* — соли серной кислоты: гипс, мирабилит и др.

*Гипс* $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ — минерал осадочного происхождения. Имеет белую окраску, но при наличии примесей бывает серым, розовым, синим. Размолотый гипс применяют для мелиорации солонцов, снижения щелочности почв. Жженый

гипс (алебастр) используют как строительный материал и в медицине. Красивую разновидность волокнистого гипса — селенит — используют как поделочный камень.

*Мирабилит* $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$ — глауберова соль. Образуется в соляных озерах при испарении воды. При температуре выше 33 °С превращается в безводный сульфат натрия — тенардит. Приметают в медицине как лекарственный препарат, используют для приготовления соды.

*Фосфаты* — соли фосфорной кислоты: апатит, фосфорит, вивианит.

*Апатит имеет две разновидности: фторапатит* — $Ca_5(PO_4)_3F$ и хлорапатит — $Ca_5(PO_4)_3Cl$. Чаще образуется магматическим путем, но может иметь и метаморфическое происхождение. Залегает в виде сплошной зернистой массы зеленовато-серого, зеленого, синеватого и фиолетового цвета. Крупные скопления связаны с щелочными породами. Основное месторождение апатитов разрабатывается на Кольском полуострове (г. Апатиты). Используют для производства главнейшего фосфорного удобрения — суперфосфата, а также для получения фосфорной кислоты и фосфора.

*Фосфорит* $Ca_3(PO_4)_2$ — минерал, встречающийся в виде желваковых залежей и плит среди осадочных пород, но может иметь и магматическое происхождение. Характерно наличие примесей кварца, полевых шпатов, глауконита и др. Содержит от 12 до 24 % $P_2O_5$. После размола можно непосредственно использовать как фосфорное удобрение или для получения концентрированных удобрений.

*Вивианит* $Fe_3(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ — минерал белого цвета, на воздухе становится синим или голубым, встречается среди бурых железняков и в виде прослоек в низинных болотах. Примеси этого минерала обогащают торф соединениями фосфора, что увеличивает ценность удобрений, приготовленных на торфяной основе.

*Нитраты* — соли азотной кислоты: натриевая селитра, калиевая селитра.

*Натриевая селитра* $NaNO_3$ имеет органогенное происхождение, ее используют как азотное удобрение, а также для получения азотной кислоты и пороха.

*Калиевую селитру* $KNO_3$ применяют как азотно-калийное удобрение.

Силикаты и алюмосиликаты составляют 95 % массы земной коры. Одна треть минералов относится к этому классу. Их происхождение преимущественно магматическое. Для этих минералов характерны неметаллический блеск и небольшая плотность (легкие). Силикаты и алюмосиликаты определяют все свойства почв: физические, химические и биологические.

*Оливин* $(Mg, Fe)_2SiO_4$ — магниево-железистый породообразующий минерал. В базальтах и дунитах находится в форме зерен темной зеленовато-желтой окраски. При химическом выветривании превращается в кремниевую кислоту, карбонат магния и гидроксид железа. Применяют для производства огнеупорных кирпичей, изготовления ювелирных изделий.

Полевые шпаты составляют около 50 % массы земной коры и относятся к наиболее распространенным минералам. Их образование связано с кристаллизацией магмы, поэтому они чаще всего находятся в изверженных породах, реже — в сланцах, конгломератах и песчаниках. В процессе выветривания из полевых шпатов образуются вторичные (в том числе глинистые) минералы, кремниевая кисло-

та и карбонаты. По химическому составу это алюмосиликаты калия, натрия и кальция. Их подразделяют на калиево-натриевые (ортоклаз, микроклин) и известково-натриевые (плагиоклаз) полевые шпаты. Ортоклаз K(AlSi3O8) распространен в кислых изверженных породах. При химическом выветривании из ортоклаза образуются каолиновые глины. Микроклин имеет тот же химический состав, что и ортоклаз, но отличается строением кристаллической решетки. Плагиоклазы по химическому составу представляют изоморфные смеси альбита Na(AlSi3O10) и анортита Ca(Al2Si2O8). Полевые шпаты обычно имеют белую окраску.

*Слюды* — это широко распространенные слоистые алюмосиликаты. По химическому составу различают калиевые слюды, например мусковит KAl2(AlSi3O10), и магнезиально-железистые, например биотит $K(Mg, Fe)_3[Si_3Al_{10}](OH)_2$. Мусковит —это бесцветная слюда, биотит — черная слюда. При выветривании и разложении этих минералов образуются россыпи, которые при эрозионных процессах переносятся водой в понижения рельефа. Слюды применяют для изготовления огнестойких строительных материалов и в электротехнической промышленности.

Углеводородные соединения: нефть, озокерит, торф, ископаемые угли. Эти соединения образуются из отмерших растений и животных.

Вторичные минералы образуются в процессе выветривания первичных минералов. Вторичные минералы широко распространены в природе и являются главной составной частью многих осадочных пород — морен, лёссов, а также почв. С их содержанием связаны важнейшие свойства почв: поглотительная способность, физико-механические свойства (набухание, вязкость, твердость и др.). В большинстве почв в составе илистой фракции преобладают кристаллизованные глинистые минералы, относящиеся к подклассу слоистых силикатов. К наиболее распространенным глинистым минералам относятся: монтмориллонит, каолинит, гидрослюды, бейделлит, нонтронит и др.

Монтмориллонит находится в тонкораздробленном состоянии, при увлажнении сильно увеличивается в объеме. При большом содержании в почве обусловливает высокую поглотительную способность, а также вязкость во влажном и твердость в сухом состоянии. Глины, состоящие из монтмориллонита, используют в промышленности для очистки жидкостей от взвешенных загрязняющих веществ.

Каолинит образует плотные каолинитовые массы глины белого, желтоватого или серого цвета. Отличается от монтмориллонита тем, что при увлажнении не набухает и имеет низкую поглотительную способность. Каолинитовые глины используют в фарфорово-фаянсовой промышленности.

Гидрослюды образуются при выветривании слюд и широко распространены в почвах. Встречаются обычно в смеси с каолинитом и другими глинистыми минералами. По структуре близки к монтмориллониту.

Другие вторичные минералы (бейделлит, нонтронит) встречаются вместе с монтмориллонитом в осадочных породах и почвах.

*Генезис минералов*

Минералы могут образовываться при разных условиях, в разных участках земной коры. Одни из них образуются из расплавленной магмы, которая может

застывать как на глубине, так и на поверхности при вулканических извержениях, другие образуются на дне морей и океанов, озерах, болотах и других местах поверхности земли. При этом минералы при смене физико-химических условий могут меняться, превращаясь в другие. Процесс образования минералов принято называть генезисом минералов, что в переводе с греческого обозначает происхождение.

Все процессы образования минералов могут быть разбиты на две большие группы: эндогенные (внутренние), происходящие за счет внутренней тепловой энергии земного шара; экзогенные (внешние), наблюдаемые на поверхности земли или вблизи от нее и происходящие за счет воздействия солнечной энергии. Особняком стоят эндогенные, так называемые метаморфические процессы, связанные с перерождением ранее образовавшихся минералов (как экзогенных так и эндогенных) в результате изменяющихся физико-химических условий, среди которых главное место занимают изменения давления и температуры.

1. *Эндогенные процессы*

Эндогенные процессы минералообразования, как правило, связаны с внедрением в земную кору и застыванием раскаленных подземных расплавов, называемых магмами. При этом эндогенное минералообразование протекает в три основных этапа: магматический, пегматитовый и постмагматический.

На магматическом этапе минералообразование происходит за счет остывания магмы. Состав, возникающих при этом минеральных ассоциаций зависит от исходного химического состава магмы, который в основном определяется соотношением $SiO_2$, $Al_2O$, $Fe_2O_3$, FeO, MgO, CaO, $Na_2O$, $K_2$ и в меньшей степени $TiO_2$, $MnO_2$, OH, $CO_2$, S, Cl, F.

В целом при магматическом минералообразовании возникает небольшое число главных минералов (оливин, пироксен, амфибол, мусковит, биотит, микроклин, ортоклаз, плагиоклазы, нефелин и кварц), что определяется некоторым однообразием состава магм.

Считается, что различные по составу магматические расплавы возникают на разных глубинах земных недр, образуясь как в пределах верхней мантии, так и в пределах земной коры. Благодаря различию физических и химических свойств элементов в процессе остывания магматических расплавов в недрах Земли происходит их разделение (дифференциация), образуя скопления определенных химических элементов. При остывании так называемых основных магм, содержащих в своем составе менее 50 % $SiO_2$, процесс разделения слагающих их веществ идет подобно выплавке чугуна в домне. При этом в застывающих на глубине скоплениях магмы кверху всплывают легкие минералы, а на дно магматической камеры опускаются тяжелые, образуя рудные магматические месторождения. Наиболее значительные из них месторождения железа и титана, хрома и платины, меди и никеля.

Совершенно иначе обособляется компоненты рудных минералов при застывании так называемых кислых магм, содержащих более 50 % $SiO_2$. Эти магмы обычно отличаются повышенным содержанием различных газов, в том числе и паров воды. Газы растворяют многие химические соединения, особенно металлические, и не дают им выпадать в осадок на ранних стадиях остывания магмы. Поэто-

му условия для их концентрации создаются в самых поздних, не успевших полностью отвердеть остатках магматических расплавов. Часть таких остаточных расплавов магмы, насыщенных горячими газами и растворенными в них ценными компонентами, дает начало следующим этапам эндогенного минералообразования (пегматитовому и постмагматическому).

Пегматитовое минералообразование протекает в верхних частях магматических очагов в условиях высокого давления и богатства магмы летучими компонентами. Здесь возникают весьма своеобразные породы, называемые пегматитами. Под пегматитами обычно понимаются жилы и другие образования крупно- или гигантозернистого строения, сложенные в основном теми же минералами, что я горные породы, с которыми пегматиты связаны по своему происхождению.

Пегматитовые тела нередко имеют зональное строение и тенденденцию к увеличению размеров минералов от периферии к центру. Часто в центральной части пегматитовых тел имеются полости, называемые эанорышами, в которых формируются крупные кристаллы мориона, ортоклаза, амазонита, аметиста, берилла и других минералов. Иногда такие кристаллы достигают гигантских размеров — до нескольких метров в длину и весом до нескольких десятков тонн. Наряду с главными породообразующими минералами — полевым шпатом и кварцем в пегматитах наблюдаются турмалин, мусковит, топаз, берилл, танталит, колумбит, сподумен, а также минералы, содержащие уран, торий, олово, вольфрам, редкоземельные элементы и др. Пегматитовые образования наблюдаются среди магматических пород различного состава, но наибольшее развитие и значение имеют пегматиты, связанные с гранитными и щелочными породами.

На происхождение пегматитов нет единой точки зрения. С одной стороны, образование пегматитов тесно связано с магматическими процессами, а с другой — все они несут явственные следы интенсивных постмагматических преобразований. Соотношение и роль этих процессов при образовании пегматитов трактуется по-разному. По представлению А.Е.Ферсмана, они возникают вследствие раскристаллизации остаточного магматического расплава, обогащенного летучими компонентами, отжатого из магматического очага в трещины окружающих его горных пород. Иные представления предложены А.Н. Заварицким и развиты и дополнены затем В.Д. Никитиным и С.А. Руденко. Они считают, что остаточного расплава пегматитового состава не существует и пегматиты возникают вследствие перекристаллизации первичной материнской горной породы, происходящей за счет ее мощной переработки под действием горячих газо-водных растворов глубинного происхождения.

С пегматитами связаны месторождения драгоценных и цветных камней, керамического сырья, а также редких элементов.

Постмагматическое минералообразование завершает экзогенные процессы минералообразования. Магматические газы с растворенными в них компонентами не только накапливаются в остаточных очагах магмы, но также могут просачиваться через уже отвердевшие стенки, проникая во вмещающие породы. При этом между фильтрующимися раскаленными газами и окружающей горной породой могут возникать химические реакции. Особенно бурно они протекают между горячими магматическими газами и карбонатными породами. В ходе таких реакций

по периферии массивов остывающих магматических пород в зоне их соприкосновения с карбонатами возникают так называемые скарны — породы состоящие из силикатов кальция, железа, магния и других элементов, образующие гранаты, пироксе-ны, актинолит, волластонит, эпидот, везувиан, карбонаты и кварц. Со скарнами часто бывают связаны месторождения железа, вольфрама, полиметаллов и других полезных ископаемых.

При внедрении магмы в силикатные породы в контактовой зоне образуются грейзены. Грейзены, как правило, имеют зональное строение и состоят в основном из кварца, белой слюды, топаза, турмалина, берилла, флюорита и других минералов. Грейзены обычно сопровождают касситерит — вольфрамитово-кварцевые жилы или реже кварцевые жилы с молибденитом, арсенопиритом и висмутином.

Но не все магматические флюиды реагируют на глубине с вмещающими породами. Большая их часть вследствие высокого давления устремляется по трещинам и порам горных пород к поверхности земли. При этом минерализованные пары постепенно охлаждаются, сжимаются и превращаются в горячие водные растворы — гидротермы. Гидротермы также могут возникнуть и за счет метеорных вод глубинной циркуляции. Эти растворы очень подвижны и заполняют трещины, формируя жилы, залежи и неправильные скопления гидротермальных минералов. Образование минералов в них находится в тесной зависимости от температуры. Для основных типов гидротермальных образований приняты следующие названия в соответствии с температурными пределами минералообразования: от 300 до 500°С — высокотемпературные (гипотермальные); от 150 до 350°С — среднетемпературные (мезотермальные); от 40 до 200°С — низкотемпературные (эпитермальные).

Минеральный состав гидротермальных образований крайне разнообразен. В подавляющем большинстве они представлены массами кварца, которые включают в себя скопления разнообразных минералов, среди которых чаще всего преобладают сернистые соединения металлов. Принято различать жильные и рудные минералы гидротермальных систем. К жильным относятся соединения нерудных компонентов, обычно резко преобладающим в гидротермальной системе, а к рудным — минералы образующие руды.

В высокотемпературных образованиях главным жильным минералом является кварц, с которым ассоциируют слюды, турмалин, касситерит, вольфрамит, висмутин и другие минералы. В среднетемпературных образованиях наиболее часты кварц, кальцит, барит, сидерит и доломит, с ними ассоциируют золото, галенит, сфалерит и борнит, а также и другие минералы. В низкотемпературных образованиях среди жильных минералов обычно встречается кварц (иногда в виде опала) с флюоритом, баритом и карбонатами, рудные минералы представлены здесь марказитом, самородным серебром, сульфосолями серебра, киноварью, антимонитом, реальгаром и аурипигментом. Между этими тремя генетическими типами наблюдаются постепенные переходы, при этом количество и соотношения минералов могут быть самые разнообразные. Некоторые гидротермальные жилы слагаются лишь одним минералом (например, жилы галенита в известняках), другие состоят из нескольких десятков минералов. Минералы могут последовательно

заполнять открытые трещины или полости или могут образовываться за счет постепенного замещения окружающих горных пород. Такое замещение называется метасоматозом и наблюдается как в виде метасоматических жил, так и в виде метасоматических залежей.

*2. Экзогенные процессы*

Экзогенные процессы протекают в совершенно иных условиях нежели процессы эндогенного минералообразования. Экзогенное минералообразование приводит к физическому и химическому разложению того, что было создано экзогенными процессами и одновременно к возникновению новообразований, устойчивых в иной среде. Часть продуктов разложения текущими водами переносится в растворенном или взвешенном состоянии и по пути следования отлагается в местах замедленного течения вод. Здесь также происходят своеобразные процессы минералообразования, приводящие к отложению осадков в виде пластов на дне водоемов. Таким образом, можно выделить следующие формы проявления экзогенных процессов: физическое и химическое выветривание горных пород различного происхождения, перенос продуктов выветривания, отложение их в виде осадка и последующее окаменение последнего.

Физическое выветривание состоит в механическом разрушении горных пород под влиянием колебании температуры воздуха, замерзания и оттаивания воды в трещинах, вымывания частичек горных пород текучими водами или выдувания их ветром, дробления береговых скал морскими волнами, перетирания пород при движении ледников и т.п. Химическое выветривание заключается в частичном или полном разложении минералов горных пород под влиянием кислорода воздуха, углекислоты, атмосферных и грунтовых вод. Последние обычно содержат в растворенном состоянии угольную, иногда серную и другие, в том числе и органические кислоты, выделяемые в процессе жизнедеятельности бактерий и при разложении растительных остатков в почвах, торфяниках и прочих образованиях.

Среди продуктов химического разложения горных пород выделяются легкорастворимые и труднорастворимые соединения. Легкорастворимые соединения (соли калия, натрия, кальция, магния) уносятся водными потоками, а труднорастворимые соединения кремния, алюминия, железа, марганца остаются на месте. Они накапливаются и формируют так называемые коры выветривания, обычно представленные глинистыми породами остаточного происхождения, (т.е. образовавшимися на месте без существенного перемещения). Остаточные продукты могут подвергаться последующему размыву, переносу и переотложению в других местах, входя в состав осадочных пород.

Специфический характер имеют процессы химического выветривания сульфидных руд, поскольку при окислении сульфидов образуется серная кислота и легкорастворимые сульфаты, которые затем выносятся в более глубокие горизонты. Оставшиеся на месте относительно устойчивые соединения — кремнезем, окислы и гидроокислы железа или алюминия — создают так называемую железную шляпу, имеющую плащеобразную форму. По мере просачивания в более глубокие горизонты минерализованные растворы мигрируют в породы обедненные кислородом и насыщенные водой, и осаждаются в них в виде вторичных сульфидов, образуя богатые залежи. Таким образом, многие рудные минералы,

которые первоначально можно было бы встретить в пределах всей зоны окисления концентрируются в ее нижней части и глубже в зоне вторичного обогащения. Здесь широко распространены карбонаты, силикаты, окислы и сульфиды меди, свинца, цинка и других металлов.

Перенос продуктов выветривания осуществляется реками, ручьями, временными водотоками, морскими волнами и течениями, ледниками, ветром и другими геологическими агентами, действующими на поверхности земли. Перенос сопровождается непрерывным дополнительным разрушением, истиранием и окатыванием обломков, их сортировкой по размеру и весу. Длительный и многократный перемыв рыхлых отложений ведет к концентрации наиболее тяжелых прочных и устойчивых минералов в различного рода россыпях (морских, речных, дельтовых, озерных, ледниковых и склоновых).

Осадкообразование заключается в отложении материала разрушенных горных пород в реках, озерах, морях и океанах. В зависимости от того, каким путем происходит отложение механически (осаждение взвешенных частиц), вследствие процессов коагуляции коллоидных растворов, кристаллизации из насыщенных истинных растворов или, наконец, при участии живых организмов, в том числе бактерий, различают механические, коллоидные, химические и биохимические осадочные процессы и соответствующие осадки.

Диагенетические процессы охватывают все явления преобразования осадков сразу же после их отложения и выражаются преимущественно в обезвоживании гидроокислов, раскристаллизации коллоидных осадков, замещении органических остатков карбонатами, минералами кремнезема, сульфидами железа и т.п. Результатом этих процессов являются окремнение осадков (литификация) и образование осадочных горных пород.

Инфильтрационные процессы возникают при выветривании горных пород, когда значительная часть химических элементов выщелачивается грунтовыми водами, которые, просачиваясь сквозь толщу осадочных пород, взаимодействуют с ними и образуют специфические низкотемпературные минеральные ассоциации.

*3. Метаморфические процессы*

Каким бы путем не образовывались горные породы и как бы устойчивы и прочны они не были, попадая в иные условия они начинают изменяться. Горные породы, образующиеся в результате изменения состава или свойств первоначальных горных пород называются метаморфическими, а сам процесс изменения первоначальных пород — метаморфизмом (по-гречески «метаморфо» — преобразовываюсь, превращаюсь). Метаморфические процессы обычно происходят под воздействием высоких температур, давлений, химически активных растворов и газов. При этом метаморфизм монет происходить как с привносом вещества, что ведет к изменению химического состава первичной породы, так и без привноса вещества, в этом случае химический состав породы остается без изменений. Метаморфические процессы приводят к распаду некоторых минералов исходных пород, появлению новых минералов и формированию характерных метаморфических структур и текстур. Часто новые минералы совсем замещают старые, оставляя от них только контуры, очертания, по которым мы и можем судить о начальных минералах.

Многие минералы типичные для метаморфических пород, можно встретить в магматических и осадочных породах, но есть и такие, происхождение которых обусловлено только метаморфическими процессами. В отличие от магматических процессов, минералообразование при метаморфизме происходит преимущественно в твердой среде. А это означает, что при формировании метаморфических пород кристаллы находятся в условиях, препятствующих их свободному росту, и поэтому они редко достигают совершенной формы. Вместе с тем некоторым метаморфическим минералам свойственны относительно крупные и хорошо образованные кристаллы называемые порфиробластами.

С метаморфическими процессами ассоциирует большое количество месторождений полезных ископаемых. К метаморфическим породам регионального метаморфизма приурочены богатейшие месторождения железа (Курская магнитная аномалия, Кривой Рог). С контактово-метасоматическими преобразованиями связаны скопления железных руд (г. Магнитная на Урале), богатые руды молибдена (Тырныауз на Кавказе), редкометалльные и полиметаллические месторождения, вторичные кварциты с высокоглиноземистым сырьем и медью, месторождения талька и асбеста, наждака (корунда) и слюды. Также велико значение метаморфических пород как сырья для строительных и декоративных работ: мрамора, кварцита, кровельных сланцев и серпентинитов.

*Контрольные вопросы*

1. Перечислите классы минералов. По какому принципу минералы подразделяют на классы?
2. Охарактеризуйте основных представителей каждого класса минералов.
3. Перечислите и охарактеризуйте группы минералов по происхождению и условиям образования.

*Требования к отчету*

Итоги лабораторной работы представить в виде таблицы (табл. 1).

Таблица 1

Характеристика породообразующих минералов

| Класс | Название минерала | Химическая формула | Твердость | Окраска (цвет черты) | Блеск | Прозрачность | Спайность (излом) | Плотность | Происхождение |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | |

## Лабораторная работа № 3
## 4 часа
## ГОРНЫЕ ПОРОДЫ

*Цель работы*

Закрепление знакомства с наиболее распространенными горными породами.

*Задачи работы*

1. Ознакомиться с классификацией горных пород по происхождению и условиям образования.

2. Охарактеризовать основных представителей магматических, осадочных и метаморфических горных пород.

*Обеспечивающие средства*

Коллекция «Горные породы», шкала твердости минералов Мооса, подручные материалы для определения твердости горных пород, фарфоровые ступки, лупы, стеклянные пластинки, альбом с иллюстрациями.

*Задание*

Изучить по образцам с этикетками главнейшие горные породы. Описать представителей следующих классов горных пород: I – магматические (интрузивные: гранит, сиенит, диорит, габбро; эффузивные: базальт, пемза, обсидиан); II – метаморфические (мрамора, гнейсы, кварциты, сланцы); III – осадочные (обломочные: валуны, глыбы, щебень, галька, гравий, хрящ, конгломераты, брекчии, песок, песчаник, лесс, алевролит, глина, аргиллит; химические: галит, карналлит, сильвин, гипс, ангидрит; органогенные: известняк, мергель, доломит, диатомит), IV – почвообразующие (элювий, делювий, аллювий, озерные отложения, морские отложения, эоловые отложения, морена алюмосиликатная, морена карбонатная, покровный суглинок, лесс, лессовидный суглинок, флювиогляциальные пески.

*Технология работы*

Изучить по образцам с этикетками внешние признаки и физические свойства указанных горных пород и составить в рабочей тетради общую таблицу по предложенному образцу. При выполнении работы можно использовать иллюстративный материал.

*Теоретические основы*

Горные породы. Почва состоит из твердых частиц, почвенного раствора (вода с растворенными в ней веществами), почвенного воздуха и живых организмов. В твердую фазу почв входят минеральные вещества, составляющие до 90...99 % ее массы и более. Минеральная часть почвы образовалась из горных пород.

Горные породы состоят из минералов в определенном сочетании. В зависимости от условий образования все горные породы подразделяют на три группы: магматические, метаморфические и осадочные. Каждая горная порода имеет свои характерные признаки. Внешние признаки обусловлены строением и текстурой. По ним распознают горные породы.

Строение породы зависит от формы, размеров и способа срастания слагающих ее минералов. Зернистое строение имеют магматические глубинные породы, состоящие из кристаллических зерен минералов. Излившиеся изверженные породы представляют собой однообразную (некристаллическую) стекловатую массу с раковистым изломом.

Текстура (сложение) характеризует расположение в породе ее составных частей. Однородными называют текстуры, сложенные однородными минералами без определенной пространственной ориентации. Неоднородная текстура характерна для сланцевых пород, сложенных из тонких пластинок.

Цвет горных пород обусловлен химическим составом и окраской входящих в них минералов.

Магматические горные породы образовались из расплавленной магмы. Если остывание магмы происходило медленно, на большой глубине, то формировались глубинные, или интрузивные, горные породы, для которых характерны кристаллическое строение и отсутствие пористости (гранит, сиенит, диорит, габбро, Лабрадор, перидотит, дунит). Если же магма изливалась на поверхность и быстро остывала, то образовывались излившиеся, или эффузивные, породы. Они не имеют кристаллического строения, так как при быстром охлаждении магмы не происходит формирования кристаллов (базальт, диабаз, андезит, липарит).

Все магматические породы в зависимости от содержания в них кремнезема SiO2 делятся на кислые (свыше 65 %), средние (52...65 %), основные (40...52 %) и ультраосновные (менее 40 %).

Наиболее распространенные магматические породы — граниты сиениты, диориты, андезиты, габбро, диабазы, базальты.

Граниты — кислые глубинные породы, состоящие из калиево-натриевых полевых шпатов, кварца, слюды и роговой обманки. Граниты имеют полнокристаллическое строение, серую, розовую, красную окраску. Широко распространены во всех горных системах, а также в области Балтийского кристаллического щита (Кольский полуостров, Карелия) и Украинской кристаллической плиты (Волыно-Подольская и Приазовская возвышенности).

Сиениты — глубинные средние породы, в которых преобладают полевые шпаты. В них в отличие от гранита отсутствует кварц, но больше содержится роговой обманки и авгита.

Диориты — глубинные средние породы. Отличаются от сиенитов более высоким содержанием (около 35 %) цветных минералов (роговой обманки, авгита, биотита).

Андезиты — эффузивная средняя порода, состоящая из плагиоклаза, пироксенов и роговой обманки.

Габбро — глубинные основные породы с кристаллической зернистой структурой, часто с очень крупными кристаллами. Имеют темную или темно-серую окраску. К габбро близки по минералогическому составу диабазы.

Базальты — эффузивные основные породы, состоящие из плагиоклаза, магнетита и апатита. Базальты широко распространены на Дальнем Востоке и в Сибири. Имеют черную окраску, по химическому составу близки к габбро.

Метаморфические горные породы образуются из магматических или осадочных пород в недрах земли при высоком давлении и высокой температуре. При прогибах земной коры происходит погружение горных пород. Под влиянием одностороннего сжатия и повышения температуры породы в результате перекристаллизации могут приобретать сланцеватость, то есть пластинчатое сложение (сланцы).

К метаморфическим породам относятся гнейсы, сланцы, мраморы, роговики и др.

Гнейсы характеризуются сланцеватостью и кристаллической структурой. Часто встречаются в районах распространения гранитов, с которыми связаны переходными породами — гранито-гнейсами. Гнейсы образуются как из магматических, так и из осадочных пород.

Сланцы имеют пластинчатое сложение и легко раскалываются в параллельном направлении. Они бывают глинистые, горючие, слюдистые и др.

Глинистые сланцы — это метаморфизированные сланцеватые глины темно-серой окраски.

Мраморы — плотные кристаллические породы, образовавшиеся из рыхлых известняков. Погружаясь в недра Земли, известняки расплавляются, а при поднятии к поверхности они охлаждаются и кристаллизуются. Белый мрамор образуется из чистого известняка или мела. Примеси оксидов железа придают мрамору красный цвет, а углеродсодержащие вещества — темно-серый.

Осадочные горные породы образовались в результате переотложения продуктов выветривания магматических пород. На большей части земного шара почвы сформировались на осадочных породах.

По способу образования все осадочные породы подразделяют на три группы: механические, химические и органогенные.

Механические, или обломочные, породы образовались при механическом измельчении (дроблении) различных горных пород под влиянием термического выветривания, а также разрушения их ледниками и снеговыми водами.

Элювий — продукты выветривания, остающиеся на месте их образования. Этот материал состоит из обломков разного размера. В условиях горного рельефа элювий встречается на повышениях. Почвы, образующиеся на элювии, характеризуются низким плодородием, малой мощностью, а также щебнистостью и каменистостью.

Делювий — это рыхлые продукты выветривания, переносимые временными незначительными водными потоками, стекающими вниз по склонам во время дождей и весеннего снеготаяния. Этот мелкоземистый материал откладывается у основания и в нижней части склонов. На делювиальных отложениях формируются плодородные почвы. В горах же временные потоки обладают большой силой и вместе с мелкоземом переносят крупные обломки. В этом случае формируются несортированные наносы, называемые пролювием.

Аллювий — отложения речных постоянных водных потоков. Эти отложения формируются в долинах рек и характеризуются слоистостью и сортированностью.

Озерные отложения — сапропель, ил, мергель. Для них характерна тонкая слоистость.

Болотные отложения состоят из торфа и болотного ила.

Морские отложения встречаются в Прикаспийской низменности, на побережье северных морей. Эти породы сортированы, слоисты и содержат соли. На морских отложениях формируются засоленные почвы.

Эоловые отложения образуются при переносе и отложении песчаного материала ветром. Песчаные наносы занимают большие территории в пустынях, они образуют такие формы рельефа, как дюны, барханы, бугры.

На обширных равнинах в основном распространены отложения четвертичного периода — ледниковые отложения. Они образовались в результате древних оледенений четвертичного периода. Наиболее распространены морена, флювиогляциальные пески, покровные суглинки.

Морена — несортированные, неоднородные отложения, оставшиеся после отступления материковых льдов. Окраска морен красно-бурая, реже желто-бурая. При постоянном переувлажнении происходит оглеение морены и окраска становится серо-сизой. Эти породы содержат валуны. Различают фенноскандинавскую бескарбонатную алюмосиликатную морену с валунами из гранита и карбонатную морену. На бескарбонатных моренах формируются подзолистые завалуненные кислые почвы с невысоким плодородием. Карбонатная (или местная) морена встречается местами в северо-западных областях Нечерноземной зоны России (Ленинградская, Псковская, Новгородская, Вологодская и др.). На этих породах образуются достаточно богатые почвы с нейтральной или слабощелочной реакцией.

Флювиогляциальные, или водно-ледниковые, пески переносились быстротекущими талыми водами ледника и откладывались за ледниковой территорией. Эти песчаные и песчано-галечниковые отложения не содержат валунов и карбонатов. Такие отложения особенно широко распространены в Полесской и Мещерской низменностях. На флювиогляциальных песках формируются малоплодородные, бедные гумусом и питательными веществами почвы. Если эти пески подстилают глины, то происходит заболачивание почв, что часто наблюдается в замкнутых понижениях Полесья и Мещеры.

Покровные суглинки откладывались на мелководных приледниковых территориях из медленнотекущих вод. Они перекрывают морену, что отражается в их названии. Покровные суглинки представляют собой буро-желтые сортированные породы, они не содержат валунов и сложены пылеватыми суглинками однородного состава. Покровные суглинки при увлажнении набухают, а при подсыхании растрескиваются на призматические и ореховатые отдельности. Они характеризуются слабой водопроницаемостью, высокой влагоемкостью и способностью поднимать воду по капиллярам на большую высоту (3...4м). На покровных суглинках сформировались подзолистые и дерново-подзолистые почвы.

Лёсс — порода, распространенная южнее ледниковых и водно-ледниковых отложений. Характеризуется однородным пылевато-суглинистым составом (с преобладанием частиц от 0,05 до 0,01 мм), карбонатностью, пористостью.

Мощность лёсса составляет 10... 11м. Лёссы — самая лучшая почвообразующая порода. Однако они легко размываются водой, образуя отвесные стенки, что необходимо учитывать при разработке противоэрозионных мероприятий.

Лёссовидные суглинки занимают промежуточное положение между лёссами и покровными суглинками как территориально, так и по свойствам. В них меньше, чем в лёссах, карбонатов, менее выражена пористость. На лёссовидных суглинках формируются серые лесные почвы и черноземы.

Химические породы возникают путем отложения вещества на дне водоемов из растворов в результате химических реакций или изменения температуры воды. Карбонатные породы образуются на дне морей частично при осаждении из воды карбоната кальция, поступающего вместе с речной водой. Большая же часть карбоната кальция, осевшего на морском дне, — продукт деятельности некоторых микроорганизмов. Так, в меловом периоде мезозойской эры происходило накопление залежей мела за счет микроскопических раковинных амеб (фораминифер и др.). Хлоридные (галит, сильвин и др.) и сульфатные отложения рассмотрены при описании минералов.

Органогенные породы состоят из продуктов жизнедеятельности животных и растений, а также из их неразложившихся остатков (торф). Многие карбонатные породы (известняки коралловые, ракушечные и др.) образуются с участием организмов, в скелете или защитном покрове которых содержится карбонат кальция.

*Контрольные вопросы*

1. Перечислите классы горных пород. По какому принципу горные породы подразделяют на классы?
2. Охарактеризуйте основных представителей горных пород.
3. Дайте характеристику различным типам процессов образования горных пород.

*Требования к отчету*

Итоги лабораторной работы представить в виде таблицы (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика горных пород

| Класс | Происхождение | Название горной породы | Минералогический состав | Структура | Твердость | Окраска | Текстура | Формы залегания |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | |

## Лабораторная работа №4
## 4 часа
## ПОЧВЕННЫЙ ПРОФИЛЬ

*Цель работы*
получить навыки по характеристике почвенных профилей отдельных типов почв; получение представлений об определении окраски и причинах окраски почв.

*Задачи работы*
- знакомство со способами определения окраски почв;
- определение окраски образцов почв.

*Материалы и оборудование*
1) цветовая шкала; 2) фотографии почвенных срезов.

*Основные сведения по теме работы*
Морфологические признаки почв

**Морфологические признаки почв –** это внешние признаки, позволяющие отличать почвы друг от друга, а также от горных пород, приблизительно судить о происхождении почвы, направленности и степени выраженности почвообразовательного процесса.

В почвоведении и агрономической практике наибольшее значение имеют следующие группы морфологических признаков почв:

- **строение почвенного профиля** – общий вид всей толщи почвы на поперечном срезе (раскопе), представляющий собой вертикальную последовательность однородных слоев – генетических горизорнтов;
- **мощность почвы** – толщина ее от поверхности вглубь до незатронутой почвообразовательными процессами материнской породы;
- **структура почвы** – совокупность агрегатов (отдельностей), на которые естественно распадается почвенная масса;
- **гранулометрический состав** – относительное содержание в почве твердых частиц (механических элементов) различной величины;
- **сложение почвы**– взаимное расположение в пространстве и соотношение механических элементов, структурных отдельностей и связанных с ними пор. По плотности сложение бывает *слитое*, *плотное, рыхлое,* и *рассыпчатое,* по пористости – *тонкопористое, пористое, губчатое, дырчатое, ячеистое* и *трубчатое*;
- **окраска почвы** – визуально наблюдаемая цветовая характеристика каждого из горизонтов почвы. Наиболее распространенными цветовыми аспектами является черный, красный, желтый, сизо-зеленый и белый;
- **новообразования** - скопления веществ, которые образуются и откладываются в горизонтах почвы в результате почвообразовательных процессов. К новообразованиям химического происхождения относятся *выцветы, налеты, корочки, примазки, потеки, прожилки, прослойки*. К новообразованиям биологического

происхождения – *червоточины, копролиты, кротовины, корневины, дендриты*;

- **включения** - присутствующие в почве тела органического и неорганического происхождения, наличие которых не связано с почвообразовательнымпроцессом: *камни, лёд, кости животных, раковины моллюсков, окаменелости, предметы, связанные с деятельностью человека*.

**Почвенный профиль** – это вертикальный разрез почвы, состоящий из нескольких слоев, отличающихся друг от друга по окраске, сложению, структуре и другим морфологическим признакам. Эти слои носят название **генетических горизонтов**, поскольку они сформировались в процессе генезиса (развития) почвы из первоначально однородной толщи материнской породы.

Согласно классической системе В.В. Докучаева в составе почвенного профиля выделяют следующие генетические горизонты (рис. 1):

- **подстилка (О)** – не является частью собственно почвы и состоит из растительных остатков, сохраняющих свое анатомическое строение (лесной опад, очёс трав и т.п.);
- **поверхностные горизонты (А)** – наиболее насыщенные органическим веществом слои почвы, в состав которых входят переработанные органические остатки и, иногда, минеральные новообразования;
- **подповерхностные горизонты (В)** – частично затронутая почвообразовательным процессом горная порода, находящаяся в тесном взаимодействии с органической фазой почвы;
- **почвообразующая порода (С** или **Р)** – незатронутая почвообразовательным процессом горная порода, которая служит исходным материалом для формирования почвы;
- **подстилающая порода (D)** – горная порода, сменяющая почвообразующую породу в нижней части профиля и не принимающая участия в образовании почвы.

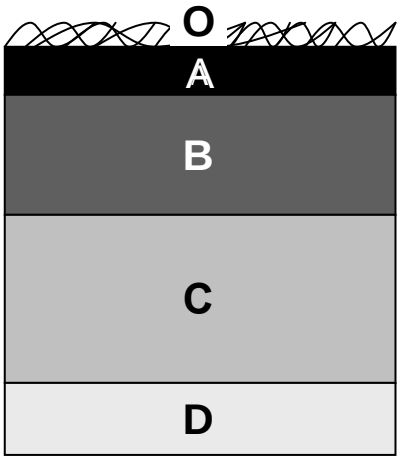


**Рис. 1. Основные генетические горизонты.**

**Граница между почвенными горизонтами** также может иметь различное строение. По форме она может быть *ровной, волнистой, карманной, языковатой,*

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

### *1.3. Окраска почвы*

**Окраска почвы** – один из важнейших диагностических показателей, отражающих литологический и химический состав горизонтов, качество органического вещества и другие признаки почв. Неудивительно, что многие типы почв имеют «цветовые» названия: чернозёмы, бурозёмы, краснозёмы, каштановые, коричневые, серозёмы, желтозёмы, и др. Наиболее важны для окраски почв следующие группы веществ:

- гумусовые вещества придают почве черную, темно-серую и серую окраску (такую окраску имеют, например, чернозёмы);
- соединения окисного железа ($Fe_2O_3$) окрашивают почву в красный, оранжевый и желтый цвета (такую окраску имеют краснозёмы, желтозёмы, каштановые почвы);
- соединения закисного железа ($FeO$) окрашивают почву в сизые и голубоватые цвета (такую окраску имеют, например, тундровые глеезёмы, дерново-глеевые почвы тайги);
- кремнезем ($SiO_2$), карбонат кальция ($CaCO_3$), гипс ($CaSO_4$) и легкорастворимые соли окрашивают почву в серые и беловатые цвета (так окрашены, например, подзолистые, серые лесные почвы).

Цвет почвенной массы в горизонте почти никогда не бывает «чистым», он всегда сопровождается рядом сопутствующих тонов, придающих горизонту тот или иной оттенок.

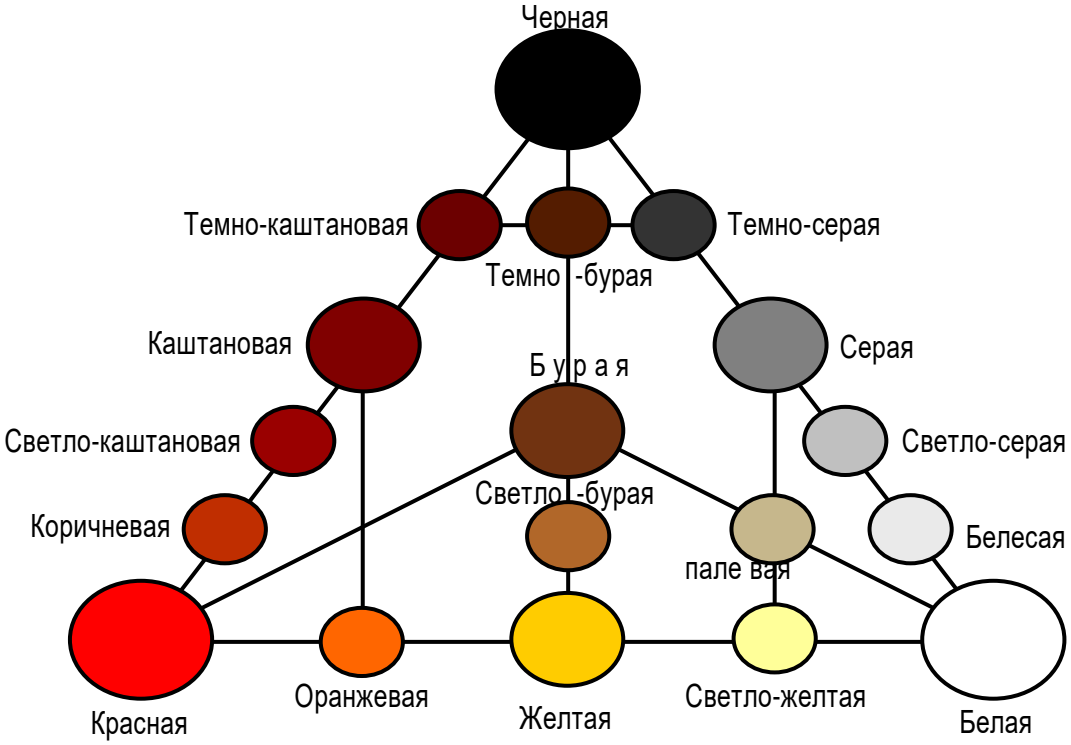


**Рис. 2. Основные цвета почв (по С.А.Захарову).**

В истории развития полевых почвенных исследований было несколько попыток установить стандартную шкалу цветовых оттенков, которая позволяла бы объективно определять цвет почвенной массы.

Основополагающей в этом отношении явилась схема, предложенная С. А. Захаровым в 1927 г. так называемый *треугольник Захарова* (рис. 2).

Согласно концепции С. А. Захарова, все разнообразие окрасок в почве создается черным, белым и красным цветами. Их смешение в той или иной пропорции дает многообразную цветовую гамму оттенков и промежуточных тонов — бурого, серого, каштанового и др.

Окраска отражает не только минералогический и химический состав почвенной массы, но часто и направление почвообразовательного процесса, например формирование белесого оподзоленного гор. А2 и темноокрашенного иллювиального гор. В у почв подзолистого типа.

Черная окраска определяется содержанием гумуса в почве, его качественным составом, так как не всякий гумус придает почвенным горизонтам темную окраску. Варьирование темной окраски может наблюдаться в диапазоне от интенсивно черной (влажный высокогумусный гор. А1 чернозема типичного) до серых тонов различной интенсивности (насыщенности). В редких случаях интенсивно черная окраска может быть приобретена за счет материнской породы (например, шунгитовые почвы Карелии).

Белая окраска в почвах обусловлена в основном минералогическим составом и содержанием в ее массе кварца, карбонатов кальция, каолинита, глинозема, а также аморфной кремнекислоты, светлоокрашенных полевых шпатов и «выцветов» легкорастворимых солей. Чисто белого цвета в окраске генетических горизонтов практически не встречается. Наиболее светлая окраска присуща подзолистому гор. А2, но, как правило, она всегда варьирует от белесой до белесовато-светло-серой или белесовато-палевой. Наиболее чистый цвет дают белоснежные корочки солей на поверхности солончаков и налеты солей в профиле солончаков.

Красная окраска сообщается почвенной массе при очень высоком содержании в ее составе полуторных окислов железа. Эта окраска может быть унаследована от материнской породы или же является следствием почвообразовательного процесса.

Современные авторы для получения наиболее точной цветовой характеристики почвы используют стандартную **шкалу Манселла** – Munsell Soil Colour Charts, основные цвета которой показаны на рис. 3.

Цвет почвенного горизонта не всегда является однородным, часто содержит различные пятнистости, отличающиеся от основной массы горизонта по своей окраске. В соответствии с этим выделяют следующие типы почв:

0 – почва однородная (пятна отсутствуют);

1 – слабопятнистая (пятна одиночные, обнаруживаются только при внимательном рассмотрении);

2 – пятнистая (пятна встречаются часто, хорошо заметны, расположены на расстоянии 5-15см друг от друга);

3 – сильнопятнистая (пятна встречаются часто, расстояние между ними меньше 5см).

**Рис. 3. Основные цвета, используемые для описания окраски почвы.**

При определении цвета почвы в полевых условиях следует учитывать его зависимость от освещенности почвенного разреза и влажности почвы: увлажненная почва имеет более темную окраску, чем сухая, поэтому наряду с цветом необходимо указывать степень увлажнения. Освещение должно быть равномерным по всему почвенному профилю.

*Ход работы*

На предоставленных фотографиях (рис. 4) выделить и дать название генетическим горизонтам. Оценить окраску каждого горизонта, используя стандартную

шкалу цветов (рис. 3). Определить мощность почвы и ее отдельных горизонтов. Полученные результаты занести в таблицу.

| Название почвы | Мощность почвы | Строение профиля | Окраска горизонта | Мощность горизонта |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

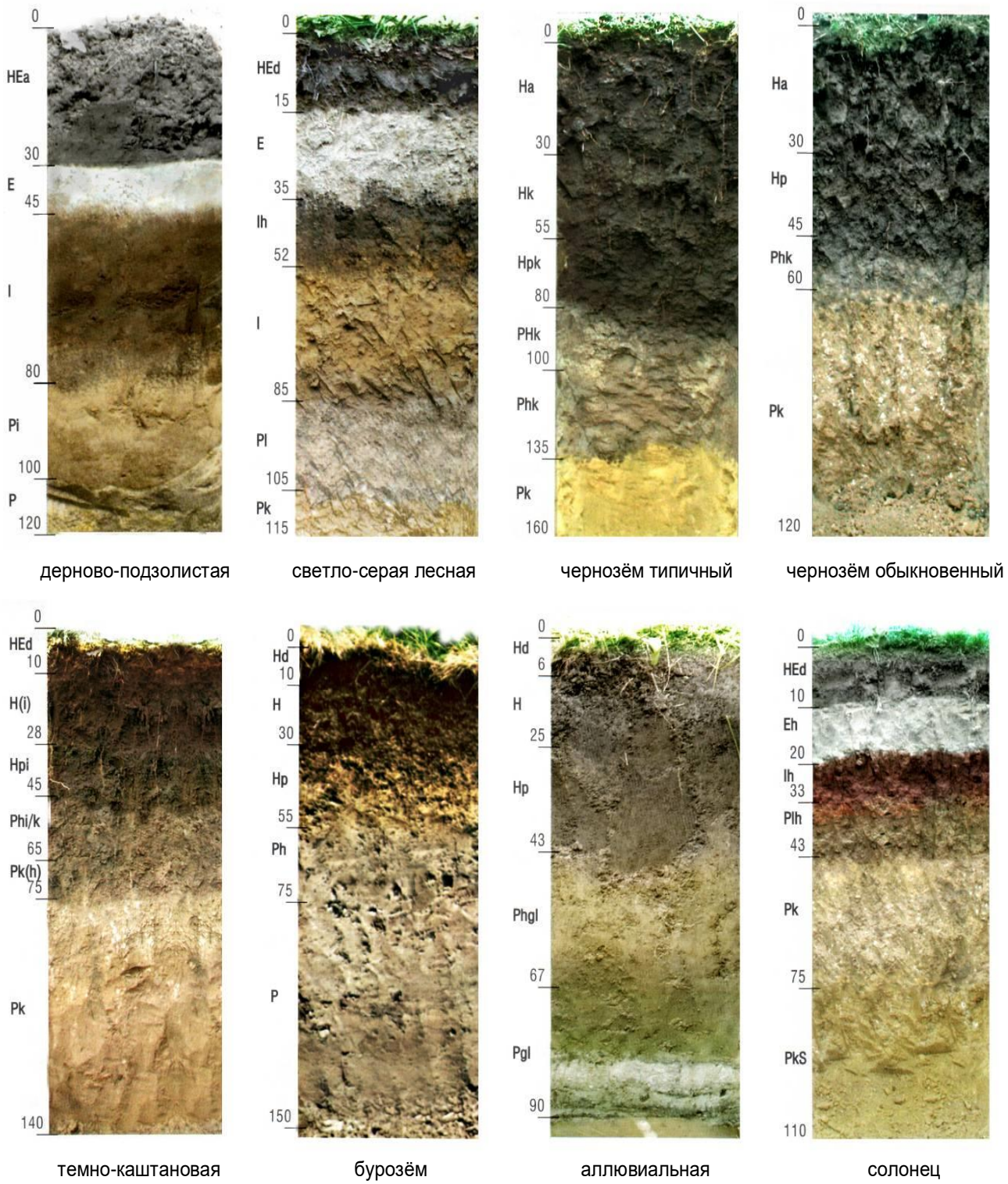


**Рис. 4. Образцы почвенных профилей (по Н.И. Полупану и др.).**

**Лабораторная работа №5**
**4 часа**

# ОПИСАНИЕ ОБРАЗЦОВ ПОЧВ. ОКРАСКА ПОЧВ. ВЫДЕЛЕНИЕ ФРАКЦИЙ ПО АГРОНОМИЧЕСКОЙ СХЕМЕ И КЛАССИФИКАЦИИ Н.А. КАЧИНСКОГО

*Цели работы:* получение представлений:
- об определении окраски и причинах окраски почв;
- о гранулометрическом составе почв

*Задачи работы:*
- знакомство со способами определения окраски почв;
- определение окраски образцов почв;
- знакомство с методами выделения механических фракций по размерам частиц почвы;
- определение механического состава почв по классификации Н.А. Качинского

*Приборы и оборудование:*
При проведении работы используют образцы почв, набор сит (ситовой метод), линейки, и т.п.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Окраска почв –** важнейший морфологический признак почвы, зависит от ее химического состава, условий почвообразования и влажности.

**Три основных группы красящих веществ:**
- гумусовые вещества (придают почве черную, темно-серую, и серую окраску);
- соединения железа:

трехвалентного железа (придают почве красную, оранжевую и желтую окраску);

двух валентного железа (придают почве сизую и голубоватую окраску);
- кремнезем, карбонат кальция, каолинит, гипс и легкорастворимые соли (белая и белесая окраска).

**Методы определения окраски почв:**
- путем сравнения с американской шкалой Мансела;
- путем сравнения со шкалой Кайе и Тейлора (1953 г).

**Окраска новообразования в почвах** связана с цветом:
- солей, оксидов и гидрооксидов железа, марганца и других соединений;
- продуктов жизнедеятельности червей и других живых организмов, обитающих в почвенном покрове;

**Окраска влючений** определяется окраской веществ, находящихся в почве, образование которых не связана с почвообразовательными процессами.

**Окраска оподзоленных, солонцеватых и осолоделых почв** связана с накоплением в верхних горизонтах этих почв двуокиси кремния, которая придает белесоватость.

**Почвы с красноватым, желтоватым и бурым окрасом** в большинстве своем имеют соединения водных окислов железа.

**Прослои сизоватого и зеленовато-сизого цвета** свидетельствуют о нахождении данного слоя почвы в анаэробных условиях (восстановления), что приводит к появлению закиси железа.

**Гранулометрический (или механический) состав почв -** относительное процентное содержание в почве фракций механических частиц. Механические частицы почвы наследуются от материнской породы.

Классификации почв по гранулометрическому составу базируются на том, или ином соотношении механических частиц по размерам.

**Упрощенная агрономическая схема** выделения механических фракций (агрономическая схема). Выделяется пять механических фракций с размерами частиц:

1. **камней и хряща** с диаметром обломков более 3 мм;
2. **гравия** от 3 до 1 мм;
3. **песка** от 1 до 0,05 мм;
4. **пыли** 0,05 – до 0,001 мм;
5. **ила**, менее 0,001 мм.

**Классификация механического состава почв Н.А. Качинского** наиболее часто используется в почвоведении.

В соответствии с этой классификацией выделяют следующие фракции:

- **скелет почвы** – все частицы более 1 мм.
- **скелет** включает в себя:

**камни** более 20 мм;
20 -10 мм;
10 – 7 мм;
7 – 5 мм;
5 – 3 мм;
**гравий** 3 - 2 мм;
2 – 1 мм.

- **мелкозем** - все частицы менее 1 мм.
- **мелкозем** включает в себя:

**песок крупный** - 1 – 0,5 мм;
**средний** - 0,5 – 0,25 мм;
**мелкий**- 0,25 – 0,05 мм.
**пыль крупную –** 0,05 – 0,01 мм;
**среднюю** - 0,01 – 0,005 мм;
**мелкую** - 0,005 – 0,002 мм;
0,002 – 0,001 мм.
**ил грубый** - 0,001 – 0,0005 мм
**тонкий** - 0,0005- 0,0001 мм
**коллоиды –** частицы размером менее 0,0001 мм

Помимо приведенных выше классификаций часто используется разделение частиц почвы на две большие фракции, которым присвоено наименование:

- **физический песок** – размеры частиц более 0,001 мм;

- **физическая глина** – размеры частиц менее 0,001 мм.

*Выполнение лабораторной работы* **- побригадное.**

*Порядок выполнения работы.*
1.Определение окраски образцов почв.
2. Выделение новообразований и включений и их окраски.
3. Определение гранулометрического состава почв путем рассеивания на ситах.
4. Классификация выделенных механических фракций почв.
5. расчет процентного содержания различных фракций (в том числе физического песка и физической глины).

*Правила выполнения и содержание отчета по лабораторным работам.*
1. Предоставляется описание окраски образцов почв с выводами о наличии тех, или иных групп красящих веществ.
2. Предоставляются результаты определений гранулометрического состава образцов почв с классификацией почв по агрономической схеме и классификации механического состава почв по Н.А. Качинскому.

*Контрольные вопросы.*
1. Что означает термин «окраска почв»?
2. Какие основные группы красящих веществ в почве?
3. Какие методы определений окраски почв существуют в настоящее время?
4. Что является причиной черной, серой и бурой окраской почв?
5. Что является причиной белесоватости верхних горизонтов почвенного покрова?
6. Что является причиной красноватого, желтоватого и бурого окраса почв?
7. Что является причиной прослоев сизоватого и зеленовато-сизого цвета в почве?
8. Какой цвет имеют почвы при наличии двухвалентного железа?
9. Какой цвет имеют почвы при наличии трехвалентного железа?
10. Что означает термин «гранулометрический (или механический) состав почв»?
11. Какие механические фракции выделяют в упрощенной агрономической схеме?
12. Какие механические фракции выделяют при классификаци механического состава почв по Н.А. Качинскому?
13. Что означает термин скелет почвы?
14. Что означает термин мелкозем?
15 Что означает термин коллоиды?
16. Что означает термин физический песок?
17. Что означает термин физическая глина?

**Лабораторная работа №6**
**4 часа**
# СТРУКТУРА ПОЧВЫ

*Цель работы:* - ознакомление с основными типами структуры почв;
- получение практических навыков для определения типичных структурных элементов почв.

*Задачи работы:* - определения типичных структурных элементов образцов почв;
- классификация структурных отдельностей образцов почв по классификации С.А.Захарова.

*Обеспечивающие средства*: образцы почв, измерительные инструменты, листы бумаги и увеличительные стекла или микроскопы.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Структура почвы** – это совокупность агрегатов (отдельностей) разных по форме и размерам, на которые природно распадается почвенная масса при ее слабом механическом повреждении, или изъятии из почвенного горизонта. Естественные фрагменты почвы, почвенные отдельности, существенно отличаются друг от друга по форме и размеру, что отражает их химический состав, состояние и свойства почвенной массы, преобладающий тип почвообразовательного процесса. Так, избыточное засоление приводит к образованию столбчатых агрегатов, а интенсивное вымывание органического вещества способствует формированию плитчатых отдельностей.

Ниже приведены изображения и описания основных типов почвенных агрегатов (табл. 1, рис. 1).

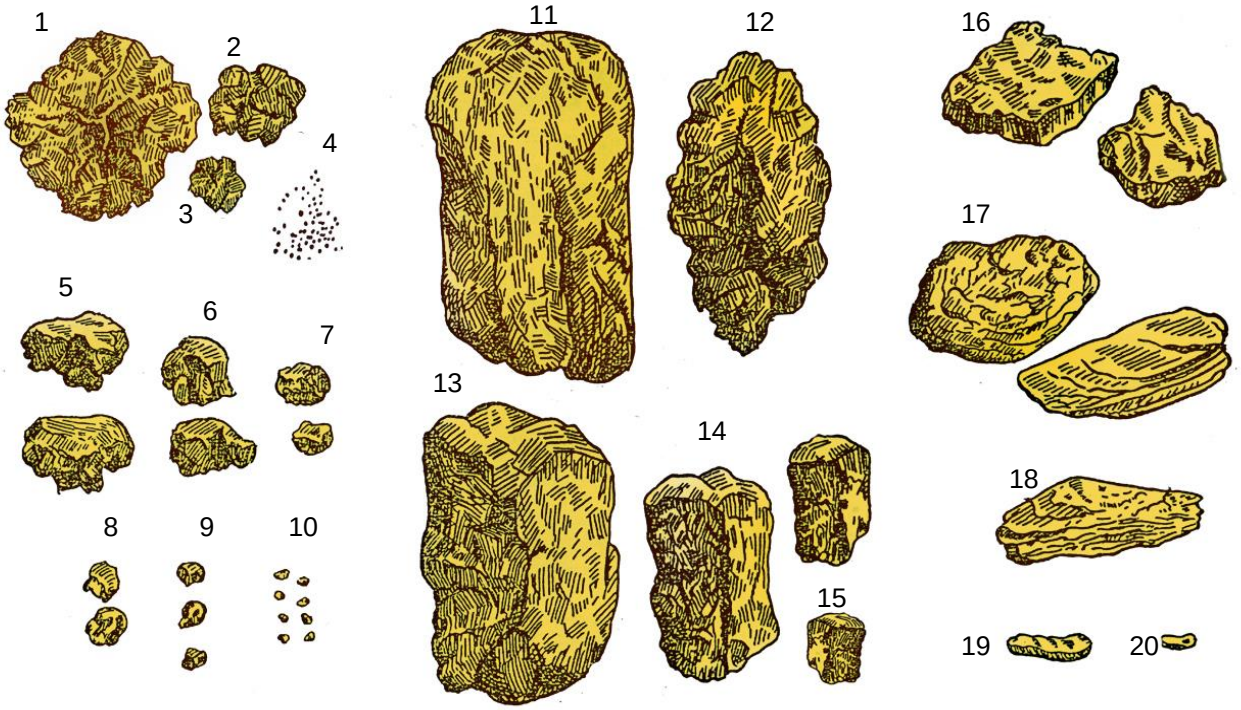


**Рис. 1. Основные типы структурных элементов почвы (по С.А. Захарову).**

1 – крупнокомковатая; 2 – комковатая; 3 – мелкококоватая; 4 – пылеватая; 5 – крупнооореховатая; 6 – ореховатая; 7 – мелкоореховатая; 8 – крупнозернистая; 9 – зернистая; 10 – мелкозернистая; 11 – столбчатая; 12 – столбовидная; 13 – крупнопризмтическая; 14 – призматическая; 15 – мелкопризматическая; 16 – плитчатые сланцеватые; 17 – плитчатые пластинчатые; 18 – мелкоплитчатые; 19 – листоватые; 20 – чешуйчатые.

Таблица 1.

Классификация структурных элементов почвы (по С.А. Захарову)

| Род | Вид | Размер |
|---|---|---|
| **Тип А. Кубовидная –** элементы равномерны по трем осям | | |
| Макроструктурные агрегаты | | |
| **Глыбистая** – сложные агрегаты со слабо выраженными гранями и ребрами | **Крупноглыбистая**<br>**Мелкоглыбистая** | > 10 см<br>10-5 см |
| **Комковатая** – агрегаты неправильной округлой формы, с неровной шероховатой поверхностью разлома, грани не выражены | **Крупнокомковатая**<br>**Комковатая**<br>**Мелкокомковатая** | 5-3 см<br>3-1 см<br>1-0,5 см |
| Микроструктурные агрегаты | | |
| **Пылеватая** – агрегаты неправильной формы с хорошо выраженными гранями и ребрами | **Пылеватая** | < 0,25 **мм** |
| **Ореховатая** – агрегаты более-менее правильной формы, с хорошо выраженными гранями; поверхность ровная, с острыми ребрами | **Крупнооореховатая**<br>**Ореховатая**<br>**Мелкоореховатая** | > 10 **мм**<br>10-7 **мм**<br>7-5 **мм** |
| **Зернистая** – агрегаты более-менее правильной формы, с округлыми, шероховатыми или гладкими, блестящими гранями | **Крупнозернистая**<br>**Зернистая (крупитчатая)**<br>**Мелкозернистая** | 5-3 **мм**<br>3-1 **мм**<br>1-0,5 **мм** |
| **Тип Б. Призмовидная** – элементы вытянуты по вертикальной оси | | |
| **Столбчатая** – агрегаты правильной формы, с округлой верхней поверхностью («головкой») и плоской нижней | **Крупностолбчатая**<br>**Столбчатая**<br>**Мелкостолбчатая** | > 5 см *<br>5-3 см*<br>< 3 см* |
| **Призматическая** – агрегаты правильной формы, с острыми ребрами и хорошо выраженными гранями, имеющими ровную глянцеватую поверхность | **Крупнопризматическая**<br>**Призматическая**<br>**Мелкопризматическая** | > 5 см*<br>5-3 см *<br>< 3 см* |
| **Тип В. Плитовидная** – элементы горизонтально уплощенные | | |
| **Плитчатая** – агрегаты плоские, слоистые, с более-менее развитыми горизонтальными плоскостями, имеющими различные поверхности | **Сланцеватая**<br>**Плитчатая**<br>**Пластинчатая**<br>**Листоватая** | > 5**мм****<br>5-3 **мм****<br>3-1 **мм****<br><1 **мм**** |
| **Чешуйчатая –** агрегаты со сравнительно небольшими, отчасти изогнутыми горизонтальными плоскостями и острыми гранями | **Скорлуповатая**<br>**Грубочешуйчатая**<br>**Мелкочешуйчатая** | > 3 **мм****<br>3-1 **мм****<br>< 1 **мм**** |

* - по длине вертикальной оси

** - по длине горизонтальной оси

**Структурность почвы** – это способность почвы распадаться на агрегаты. Три группы структурных отдельностей в почвах:

- макроагрегаты: более 7 (10) мм;
- мезагрегаты: от 0,25 до 7 (10) мм;
- микроагрегаты: менее 0,25мм.

**Структурные отдельности (агрегаты) состоят** из соединенных между собой частиц, или механических элементов.

**Сцепление частиц в агрегатах** обеспечивается за счет коагуляции коллоидов, действия сил Ван-дер-Ваальса, остаточных валентностей, водородных связей, адсорбции, капиллярных сил, а также с помощью корневых тяжей, гифов грибов и слизи микроорганизмов.

**Почва может быть бесструктурной** в двух случаях:

– механические элементы не соединены между собой;
- залегают сплошной сцементированной массой.

**Водопрочность структуры почвы** определяется наличием прочных, не размываемых в воде отдельностей. Такая структура образуется при скреплении механических элементов органо-минеральными коллоидами, скоагулированными необратимо.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

1. Каждой бригаде выдается по три образца почв.
2. Проводится квартование образца почвы до образования такого слоя, толщина которого определяется размерами самых крупных структурных отдельностей (составляющих большую часть исследуемого объема пробы).
3. Проводят описание этих отдельностей, замеры (не менее чем на 25 - 30 отдельностях) и по таблице проводят определение типа, рода и вида этих отдельностей.
4. Выбирают самые крупные структурные отдельности, проводят повторное квартование оставшейся части пробы до образования такого слоя, толщина которого определяется размерами самых крупных (но менее крупных, чем при первом определении) структурных отдельностей (составляющих большую часть оставшегося после второго квартования объема пробы).
5. На самых крупных структурных отдельностях проводят замеры (не менее чем на 25 - 30 отдельностях) и по таблице проводят определение типа, рода и вида этих отдельностей.
6. Эту процедуру повторяют до тех пор, пока не будут исследованы все типы, роды и виды структурных отдельностей исследуемой пробы.
7. Экспресс определение (полевое определение) структуры почв проводят следующим образом:
- образец почвы несколько раз подбрасывается на ладони до тех пор, пока он не распадется на структурные отдельности;
- полученные структурные отдельности рассматриваются, определяются степень их неоднородности, размеры, форма и характер поверхности.
8. После проведения исследований по пунктам 7, или 8, проводят классификацию

структуры почвы по таблице.
Если структура неоднородна, для ее характеристики пользуются двойными названиями (комковато-зернистая, ореховато-призматическая и т.д.)
Последнее слово – преобладающая структура.

*Правила выполнения и содержание отчета по лабораторным работам.*
1. В отчете приводится описание последовательности действий связанных с получением информации, которая необходима для определения типичных структурных элементов исследуемых образцов почв.
2. Проводится классификация структурных отдельностей образцов почв с использованием классификации С.А.Захарова и дается определение структуры исследуемого образца почвы.

*Контрольные вопросы.*
1. Что означает термин «структура почвы»?
2. Что означает термин «структурность почвы»?
3. Какие группы структурных отдельностей рассматриваются при описаниях почв?
4. Из чего состоят структурные отдельности (агрегаты) почв?
5. Какие силы и взаимодействия обеспечивают сцепление частиц в агрегатах?
6. При соблюдении каких условий почва может быть бесструктурной?
7. Какие типы структурных отдельностей рассматриваются в классификации С.А. Захарова?
8. Какой тип структурной отдельности будет существовать в почве при равномерном развитии структуры по трем взаимно перпендикулярным осям?
9. Какой тип структурной отдельности будет существовать в почве при развитии структуры главным образом по вертикальной оси?
10. Какой тип структурной отдельности будет существовать в почве при развитии структуры по горизонтальным слоям?

**Лабораторная работа №7**
4 часа

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

*Цель работы* - ознакомление с исследованиями механического состава почв в полевых условиях.

*Задача работы* - определение механического состава почв «сухим» и «мокрым» методом.

*Обеспечивающие средства:* образцы почв, деревянные (фанерные) дощечки для формирования почвенного шнура и последующего его сворачивания до образования кольца, вода; таблицы и рисунки.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Механические элементы –** это различные по размеру частицы, образовавшиеся в результате процессов выветривания горных пород и под воздействием почвообразующих процессов.

**Механические фракции –** это совокупность механических элементов близких по размеру.

**Классификация механических элементов -** это группирование механических элементов по размерам (например, классификация Н.А. Качинского).

**Гранулометрический состав** – содержание в почве элементарных почвенных частиц, обладающих постоянной формой и размером. В отличие от структурных агрегатов, гранулометрические элементы почвы не распадаются при увлажнении, сохраняя свою структуру в водной взвеси. Гранулометрические элементы разделяются на группы в зависимости от размера (табл. 1).

Таблица 1.

Классификация механических элементов почвы (по Н.А. Качинскому)

| **Механические элементы** | **Размер механических элементов, мм** |
|---|---|
| **Скелет почвы** | |
| камни | >3 |
| гравий | 1 – 3 |
| **Мелкозем почвы** | |
| песок крупный | 1,0 – 0,5 |
| средний | 0,5 - 0,25 |
| мелкий | 0,25 – 0,05 |
| пыль крупная | 0,05- 0,01 |
| средняя | 0,01 – 0,005 |
| мелкая | 0,005 – 0,001 |
| ил грубый | 0,001 – 0,0005 |
| тонкий | 0,0005 – 0,0001 |
| коллоиды | <0,0001 |

Гранулометрический состав оказывает существенное влияние на водно-физические и физико-механические свойства почвы, ее водный и воздушный режим, окислительно-восстановительные условия, поглотительную способность, накопление в почве гумуса и зольных элементов. Наибольшее влияние на эти качества оказывает содержание в почве фракции <0,01мм – *физической глины* (см. табл. 1) – наиболее легкой составляющей почвенной массы, ответственной за связывание воды, прохождение окислительно-восстановительных реакций, образование почвенных коллоидов. В связи с этим, классификация почв по гранулометрическому составу строится на определении процентного содержания в них физической глины (табл. 2).

Таблица 2.

Классификация почв по содержанию физической глины (ДСТУ, 2008)

| **Эколого-генетический статус почв по гранулометрическому составу** | **Содержание физической глины (< 0,01 мм), %** |
|---|---|
| песчаная | 0-5 |
| связно-песчаная | 6-10 |
| легко-супесчаная | 11-15 |
| тяжело-супесчаная | 16-20 |
| песчано-легко-суглинистая | 21-25 |
| легко-суглинистая | 26-30 |
| легко-средне-суглинистая | 31-35 |
| средне-суглинистая | 36-40 |
| тяжело-средне-суглинистая | 41-45 |
| легко-тяжело-суглинистая | 46-50 |
| тяжело-суглинистая | 51-55 |
| легко-глинистая | 56-60 |
| легко-средне-глинистая | 61-65 |
| средне-глинистая | 66-70 |
| тяжело-глинистая | 71-75 |

Классификации почв по гранулометрическому составу базируются на том, или ином соотношении механических частиц по размерам.

Точное определение гранулометрического состава почвы – очень трудоемкий процесс. Два способа приблизительного определения механического состава почв в полевых условиях - «сухой» и «мокрый», представлены в таблице 3.

В полевых условиях для этих целей используется “метод скатывания” Н.А. Качинского, основанный на оценке механических качеств почвенной массы при увлажнении ее до тестообразной консистенции (рис. 1).

Одним из важных морфологических показателей является сложение почвы. **Сложение почвы** – взаимное расположение в пространстве и соотношение механических элементов, структурных отдельностей и связанных с ними пор. Сложение почвы зависит от ее структуры, гранулометрического и химического состава и от влажности почвенных горизонтов.

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

***По пористости*** выделяют следующие типы сложения: *тонкопористое, пористое, губчатое, дырчатое, ячеистое* и *трубчатое*.

Таблица 3

| Почвы | «Мокрый» способ | | «Сухой» способ |
|---|---|---|---|
| | Почвенный шнур | Кольцо | |
| 0 – песок, непластичный | Не образуется | Не образуется | |
| 1 – супесь, очень слабопластичная | Почва скатывается в непрочный шарик | Не образуется | Легко растираются между пальцами, в растертом состоянии песчаные частицы определяются визуально. |
| 2 – легкий суглинок, слабопластичный | Почва скатывается в короткие толстые цилиндрики, колбаски, которые растрескиваются при сгибании | Не образуется | При растирании дают тонкий порошок, прощупывается некоторое количество песчаных частиц. |
| 3 – средний суглинок, среднепластичный | Почва скатывается в шнур диаметром 2-3мм, | Легко ломается при дальнейшем скатывании или растрескивается при сгибании | |
| 4 – суглинок тяжелый, очень пластичный | Почва скатывается в тонкий, меньше 2мм в диаметре шнур, | Надламывается при сгибании его в кольцо диаметром 2-3см | |
| 5 – глина, высокопластичная | Почва скатывается в длинный, тонкий, меньше 2мм шнур | Сгибается в кольцо диаметром 2-3см без нарушения его цельности | Глинистые почвы с большим трудом растираются между пальцами, в растертом состоянии между пальцами ощущается однородный тонкий порошок. |

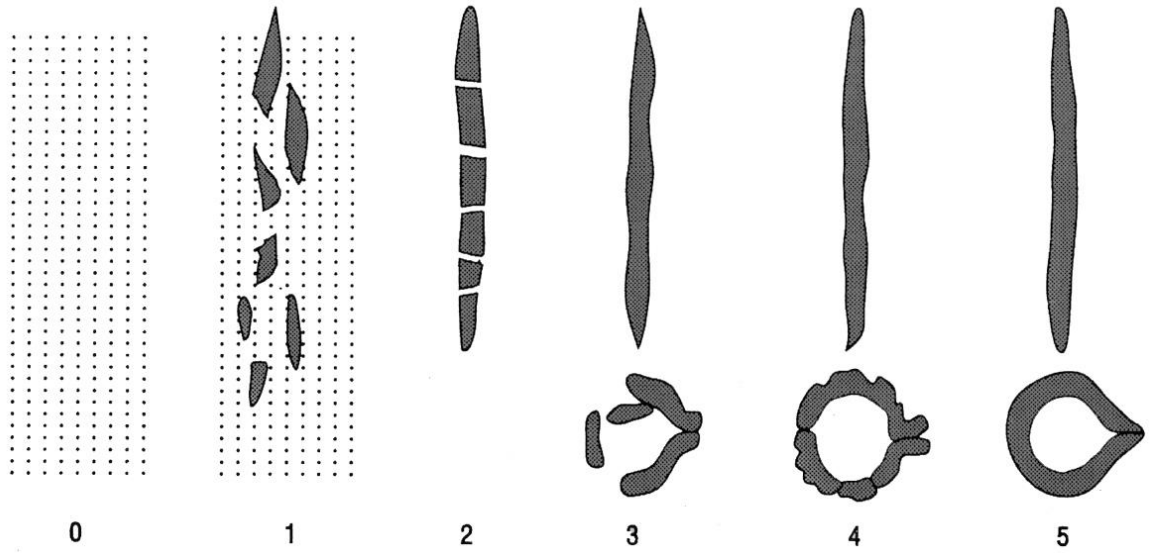

Рис. 1. Стандартные критерии полевого определения гранулометрического состава почв

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

1. Студенты знакомятся с основами и основными приемами определения механического состава почв в полевых условиях.
2. Знакомятся с правилами формирования почвенного шнура и сгибания шнура в кольцо.
3. Используя образцы почв проводят определение механического состава почв «сухим» и «мокрым» способом. Определение проводятся минимум на трех образцах почв.

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по проведению определений, рисунков (фотографий) и определений механического состава почв «сухим» и «мокрым» способом.

*Контрольные вопросы.*

1. Что означает термин «механические элементы почвы»?
2. Что представляет собой механическая фракция почв?
3. На какой основе проводится классификация механических элементов?
5. Какие классификация механических элементов Вы знаете?
6. Что означает термин «гранулометрический (или механический) состав почв»?
7. На чем основывается классификации почв по гранулометрическому составу?
8. Что означает термин физический песок?
9. Что означает термин физическая глина?
10. Какие способы приблизительного определения механического состава почв Вы знаете?
11. По данным механического анализа какого горизонта дается общее название почвы по механическому составу?

## Лабораторная работа № 8
## 4 часа
## ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОЧВЫ

*Цель работы*
Освоить методы определения механического состава почвы.

*Задачи работы*
- расчет времени отбора частиц определенного диаметра при использовании пипет-метода;
- представлением данных гранулометрического состава в виде кумулятивной (интегральной) кривой;
- переводом названия почвы по гранулометрии из отечественной в международную классификацию.

*Обеспечивающие средства:* задание, калькулятор, теоретический материал, карандаш.

*Теоретические основы метода*

Под гранулометрическим составом почв и почвообразующих пород понимают относительное содержание в почве элементарных почвенных частиц (ЭПЧ) различного диаметра, независимо от их минералогического и химического состава. Гранулометрический состав выражается, прежде всего, в виде массовых процентов фракций гранулометрических частиц различного размера [2].

Гранулометрический анализ состоит из двух этапов: (1) диспергация почвенной массы и (2) анализ содержания частиц различного размера (пипет-метод). Основной задачей 1-го этапа гранулометрического анализа является отделение ЭПЧ друг от друга. Учитывая, что почвенные частицы в почве соединены в микро- и макроагрегаты, прежде всего, важно разделить их. Для этого необходимо химическими и физическими методами разрушить тот природный “клей”, который соединяет эти частицы. Такими природными “клеями”, агрегирующими ЭПЧ, в почве как правило являются ионы Ca2+, органические вещества. Прежде всего, нужно “нейтрализовать” их агрегирующее действие. Наилучшим методом в этом случае является применение пирофосфата натрия и последующее механическое воздействие (интенсивное растирание почвенной пасты, применение ультразвука). Механизм действия пирофосфата Na в этом случае таков: ион Na+ замещает в почвенном поглощающем комплексе ион Ca2+, снимая агрегирующее воздействие последнего и оказывая диспергирующее влияние на почву. Ион же пирофосфата за счет формирования устойчивой пленки пирофосфатов кальция предохраняет образо-вавшиеся частицы от коагуляции. Но даже если частицы и оказываются химически разделенными, необходимо механическое воздействие для того, чтобы между ними образовывались заметные водные прослойки, и они могли самостоятельно проявлять свои свойства. Только после этапа механического разделения осуществляется определение содержания частиц того или иного размера с помощью, например, пипет метода.

*Методика определения и расчеты*

Метод основан на механическом и физико-химическом диспергировании почв с целью разрушения микроагрегатов и получения ЭПЧ. Для этого используют 4%-ный раствор пирофосфата натрия, а также механическое растирание.

Навеску почвы (для песчаных почв – 20 г, для суглинистых – 10 г) взвешивают на аналитических весах (желательно с точностью до 0,0001 г, но не ниже 0.001 г) и помещают в фарфоровую ступку. Наливают в стеклянный стаканчик на 50-100 мл строго 25 мл 4%-ного пирофосфата натрия. Из него по каплям выливают около 10 мл раствора пирофосфата натрия в фарфоровую ступку с почвой, энергично растирая почву резиновым наконечником пестика в течение 10 мин до образования пасты. Паста не должна быть слишком густой. В пасту доливают оставшийся пирофосфат (около 15 мм) и растирают до состояния однородной массы. Затем добавляют воду до половины объема ступки и оставляют на 10 мин. Готовят чистый литровый цилиндр, в который сверху устанавливают большую (диам. около 10 см) стеклянную воронку, в воронку кладут сито с ячейкой 0.25 мм. Через 10 мин хорошо перемешивают суспензию стеклянной палочкой. Суспензию переносят в стеклянный литровый цилиндр, фильтруя через сито с ячейкой 0,25 мм (сначала оттирают пестик с резиновым наконечником стеклянной палочкой от прилипшей почвы над ступкой, а затем смывают оставшуюся на нем почву водой из промывалки в сито, установленное в воронку). Обмывают ступку дистиллированной водой над ситом, слегка растирая пальцем возможно оставшиеся на сите комочки почвы, промывают сито дистиллированной водой.

Готовят тарированные бюксы на 50 мл (5 шт). Операция тарировки бюкса состоит в его протирании, сушке при $105^0$ в течение 6-ти часов, взвешивании на аналитических весах. После сушки бюкс охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. Затем повторно сушат при $105^0$ в течение 2-х часов, взвешивании. Отличия в весе при повторных взвешиваниях не должны превышать 0.002 г. Если это условие выполнено, бюкс считается доведенным до постоянного веса, – оттарированным. Тарированные бюксы хранят в эксикаторе над гигроскопической солью (обычно, CaCl2).

Оставшиеся на сите гранулометрические частицы >0,25 мм с помощью промывалки с дистиллированной водой переносят в стеклянный предварительно тарированный бюкс. Бюкс с частицами выпаривают на песчаной бане, затем сушат в термостате (6 часов при 105°С). После чего охлаждают в эксикаторе и взвешивают на аналитических весах. На основании массы полученной фракции >0,25 мм рассчитывают ее процентное содержание (см. расчеты ниже).

Перенесенную в цилиндр суспензию доводят дистиллированной водой до 1 л. Закончен 1-й этап гранулометрического анализа. Перед последующей операцией отбора проб (2-й этап) следует уточнить глубины и время отбора проб суспензии. Практически удобными можно считать следующие глубины погружения пипетки для отбора проб: <0,05 мм – 25 см, <0,01 мм – 10 см, <0,005 мм – 10 см, <0,001 мм – 7 см.

Сроки взятия проб зависят от температуры суспензии и плотности твердой фазы почвы. Для измерения температуры в отдельный цилиндр с дистиллированной водой помещают термометр (этот цилиндр стоит в лаборатории в течение

всего анализа). Для определения времени отбора проб используют значения плотности твердой фазы, измеренные пикнометрически [1] или средние данные плотности твердой фазы различных зональных почв (табл. 1).

Таблица 1.

**Плотность твердой фазы различных почв, г/см$^3$**

| Глубина, см | Легкие всех типов | Подзолистые и серые лесные | Черноземы обыкновенные и тучные | Черноземы южные | Каштановые | Бурые и сероземы | Солонцы |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0–20 | 2,60 | – | – | – | – | – | Величины брать по типу той почвы, в зоне которой они залегают |
| | 2,65 | 2,60 | 2,40 | 2,55 | 2,60 | 2,65 | |
| 20–40 | 2,65 | 2,65 | 2,50 | 2,60 | 2,65 | 2,70 | |
| 40–100 | 2,65 | 2,70 | 2,65 | 2,65 | 2,70 | 2,70 | |
| >100 | 2,65 | 2,70 | 2,70 | 2,70 | 2,75 | 2,75 | |

Расчет скоростей падения частиц производится по формуле Стокса:

$$v = \frac{2}{9} g \cdot r^2 \frac{\rho_s - \rho_ж}{\eta} \quad (1)$$

где $r$ – радиус падающей частицы, см; $\rho_s$ – плотность падающей частицы, г/см$^3$; $\rho_ж$ –плотность жидкости, в которой ведется анализ г/см$^3$; g – ускорение свободного падении, равное 981 см/с$^2$; η – вязкость жидкости, пуаз. Плотность и вязкость воды приведены в табл. 2.

Таблица 2.

**Вязкость 2%-ой суспензии почвы в 0,1%-ном растворе пирофосфата натрия, в дистиллированной воде и плотность воды**

| Температура, °С | Вязкость 0,1% пирофосфата натрия η, пуазы | Вязкость чистой воды, η, пуазы | Плотность воды, $\rho_ж$, г/см$^3$ |
|---|---|---|---|
| 15 | 0.012145 | 0.011383 | 0,99913 |
| 16 | 0.01204 | 0.01111 | 0,99897 |
| 17 | 0.011783 | 0.010837 | 0,99880 |
| 18 | 0.011419 | 0.010564 | 0,99862 |
| 19 | 0.011055 | 0.010291 | 0,99843 |
| 20 | 0.010691 | 0.01002 | 0,99823 |
| 21 | 0.010451 | 0.009796 | 0,99802 |
| 22 | 0.010211 | 0.009572 | 0,99780 |
| 23 | 0.010001 | 0.009348 | 0,99756 |
| 24 | 0.009971 | 0.009124 | 0,99732 |
| 25 | 0.009698 | 0.008902 | 0,99707 |
| 26 | 0.009491 | 0.008716 | 0,99681 |
| 27 | 0.009251 | 0.00853 | 0,99654 |
| 28 | 0.009011 | 0.008344 | 0,99626 |
| 29 | 0.008871 | 0.008158 | 0,99597 |
| 30 | 0.008631 | 0.007973 | 0,99567 |

Используя формулу 1 можно рассчитать интервалы времени $t=h/v$ для соответствующего диаметра частицы и глубины отбора пробы, где $t$ и $h$ – время и глубина отбора пробы.

Взятие проб суспензии производят следующим образом. Суспензию в цилиндре взбалтывают с помощью мешалки одинаковым быстро повторяющимися (вверх-вниз по всей длине цилиндра, но не вынимая из него) движениями в течение 15-30 сек. Вынимают мешалку и сразу засекают время. По истечению времени, необходимого для взятия частиц заданного размера, опускают тарированную пипетку на заданную глубину внутрь цилиндра, стремясь попасть в центр поперечного сечения, и с помощью аспиратора в пипетку забирают пробу суспензии. Суспензия должна поступать в пипетку медленно, время забора пробы 20-30 сек. Взяв пробу, поднимают пипетку, отводят ее от цилиндра. Фиксируют окончательный объем пробы по пипетке, и сливают суспензию в тарированный бюкс. Его высушивают сначала на песчаной бане, а затем в термостате (6 часов при 105°С). Хранят в эксикаторе над гигроскопической солью.

*Примечание*. Для засоленных и некоторых других почв пептизирующее действие пирофосфата натрия может оказаться недостаточным, и суспензия, перенесенная в цилиндр, коагулирует. Полную коагуляцию легко обнаружить по просветлению всего столба жидкости в цилиндре и выпадению твердой фазы в осадок. При частичной коагуляции жидкость полностью не осветляется, но на дне цилиндра, над плотным слоем песчаных и пылеватых частиц, образуется рыхлый хлопьевидный осадок высотой 1-2 см. В случае полной коагуляции осветленную жидкость (вместе со всеми солями) по возможности полностью сливают. К осадку же в цилиндре добавляют 20 мл 4%-ного раствора пирофосфата натрия, снова доводят дистиллированной водой объем в цилиндре до 1 л. Если снова наблюдается полная коагуляция, то анализ следует переделать выяснив причины полной коагуляции (загрязнены дистиллированная вода, пирофосфат Na и др.). Если коагуляция частичная, в цилиндр предварительно добавляют для усиления коагуляции 0,5 г хлористого натрия и оставляют на сутки. Через сутки берут пробу жидкости (25 или 50 мл) для определения плотного остатка. Суспензию взбалтывают и продолжают анализ. Величина плотного остатка учитывается при расчете бессолевой навески.

***Пример 1.***

Рассчитать время отбора частицы с диаметром $d$ <0,001, если имеем: плотность твердой фазы почвы (частиц), $\rho_s$ =2.5 г/см$^3$; температура воды, $T$=18°С; глубина отбора проб, $h$=7 см.

*Решение.*

Подставляем в формулу (1) d, $\rho_s$, $\rho_ж$, $\eta$ и рассчитываем скорость. Нужно учесть, что радиус частицы r =d/2 и выражен в см. Вязкость р-ра пирофосфата натрия при 18°С равна 0.011419 пуаз, а плотность воды соответственно равна – 0,99862 г/см$^3$.

$$v = \frac{2}{9} 981 \cdot \left(\frac{0.0001}{2}\right)^2 \frac{2{,}50 - 0{,}99862}{0.01142} = 7{,}16571 \cdot 10^{-5} \text{см/сек}$$

Зная глубину отбора фракции, находим время:

$t = \frac{h}{v} = \frac{7}{7{,}16571 \cdot 10^{-5}} = 97687$ [сек] или переводя в часы: мин: сек, получаем окончательное время – 27ч 8' 7".

*Порядок расчета содержания фракций гранулометрических элементов полученных пипет-методом с предварительной диспергацией пирофосфатом натрия.*

Вычисление содержания фракций гранулометрических элементов в процентах к массе почвы производится по следующей формуле:

$$X = \frac{(m_x - a) \cdot 1000 \cdot 100}{V \cdot m}, \text{ в } \% \qquad (2)$$

где $X$ - содержание фракции частиц меньше определенного размера (например, <0,05 или 0,01 мм), %; $m_x$ — масса данной фракции, г; $a$ — масса пирофосфата натрия в пробе с учетом объема пробы (напомним, что для пробы объемом 25,0 мл масса соли составляет 0,025 г), г; $V$ — объем пробы, мл; $m$ — масса абсолютно сухой навески почвы, взятой для анализа, г.

По приведенной формуле рассчитывают процентное содержание частиц меньше определенного размера (<0,05 мм, <0,01 мм, <0,005 мм и <0,001 мм). Затем, учитывая, что пробы с фракцией большего размера частиц будут включать в себя остальные фракции, по классификации Н.А. Качинского находят процентное содержание гранулометрических фракций вычитанием из большей фракции меньшей. Таким образом, на пример содержание фракция *пыли крупной* (0,05–0,01 мм) = [содержанию фракции <0,05 мм] – [содержание фракции <0,01 мм] ; содержание фракция *пыли средней* (0,01—0,005) мм = [содержанию фракции <0,01 мм] – [содержание фракции <0,005 мм]; содержание фракция *пыли тонкой* (0,005—0,001) мм =[содержанию фракции <0,005 мм] – [содержание фракции <0,001 мм]. Содержание фракция <0,001 мм представляет собой содержание физического *ила*.

Так получаем процентное содержание всех фракций за исключением фракции *песка мелкого* (0,25—0,05 мм), которая определяется по разности 100% и суммы всех определенных в анализе фракций.

**Пример 2.** Масса абсолютно сухой навески, взятой на анализ, составляет 10,0390 г. При перенесении в цилиндр на сите остались частицы >0,25 мм в количестве 0,1705 г абсолютно сухой массы, что составляет:

$$X_{1-0.25мм} = \frac{0,1705 \cdot 100}{10,0390} = 1,70\ \%$$

При пипетировании суспензии получились следующие результаты:
*"секундная" проба*: частицы <0,05 мм — объем 24. 8 мл, масса абсолютно сухой почвы и соли 0,2180 г. Для указанного объема пробы масса соли составляет 0,0248 г. Тогда содержание фракции<0,05 мм составит:

$$X_{<0,05мм} = \frac{(0,2108 - 0,0248) \cdot 100 \cdot 1000}{24,8 \cdot 10,0390} = 74,71\%$$

*"минутная" проба:* частицы <0,01 мм — объем пробы 25. 3 мл, масса абсолютно сухого остатка в бюксе 0,1539 г. Масса соли в этом остатке составляет 0,0253 г, а содержание фракции <0,01 мм:

$$X_{<0,01мм} = \frac{(0,1539 - 0,0253) \cdot 100 \cdot 1000}{25,3 \cdot 10,0390} = 50,63\ \%$$

*"часовая" проба:* частицы <0,005 мм — объем пробы 25. 0 мл, масса абсолютно сухого остатка 0,1327 г. Масса пирофосфата натрия в этом остатке составляет 0,0250 г, а содержание частиц < 0,005мм:

$$X_{<0,005мм} \frac{(0,1327 - 0,0250) \cdot 100 \cdot 1000}{25,0 \cdot 10,0390} = 42,91\%$$

*"суточная" проба:* частицы <0,001 мм — объем пробы 24,7 мл, а масса частиц ила и пирофосфата натрия 0,1019 г. Содержание фракции ила составит:

$$X_{<0,001мм} \frac{(0,1019 - 0,0247) \cdot 100 \cdot 1000}{24,7 \cdot 10,0390} = 31,13\ \%$$

Теперь остается рассчитать содержание фракций:
*пыль крупная (0.05-0.01 мм):* 74,71 — 50,63 = 24,08 %;
*пыль средняя (0.01-0.05 мм):* 50,63 — 42,91 = 7,72 %;
*пыль мелкая (0.005-0.01 мм):* 42,91 — 31,13 = 11,78 %;
*ил (<0.001 мм):* 31,13 %;
*песок мелкий (*содержание фракции 0,25—0,05 мм) находится по разности*:* 100 – (1,70+24,08+7,72+11,78+31,13) = 23,59 %.

Исходя из рассчитанных фракций, дается название почвы по гранулометрии в классификации Н.А.Качинского, разделяющей текстурные классы по суммарному содержанию частиц > 0,01 мм (физический песок) или < 0,01 мм (физическая глина) и учитывающей тип почвообразования (см табл. 3). В примере (степ-

ной тип почвообразования) получается – *суглинок средний*, а с учетом доминирующих фракций – *суглинок средний крупнопылевато-иловатый,* т.к. преобладает фракция ила, затем крупной пыли.

Таблица 3

**Классификация почв по гранулометрическому составу по Н.А.Качинскому**

| Содержание физической глины (частиц < 0,01 мм), % | | | Содержание физического песка (частиц > 0,01 мм), % | | | Краткое название почвы по гранулометрическому составу |
|---|---|---|---|---|---|---|
| подзолистого типа почвообразования | степного типа почвообразования | солонцы и сильно солонцеватые почвы | подзолистого типа почвообразования | степного типа почвообразования | солонцы и сильно солонцеватые почвы | |
| 0–5 | 0–5 | 0–5 | 100–95 | 100–95 | 100 –95 | Песок рыхлый (Пр) |
| 5–10 | 5–10 | 5–10 | 95–90 | 95–90 | 95-90 | Песок связанный (Псв) |
| 10–20 | 10–20 | 10–15 | 90–80 | 90–80 | 90-85 | Супесь (С) |
| 20–30 | 20–30 | 15–20 | 80–70 | 80–70 | 85–80 | Суглинок легкий (Сл) |
| 30–40 | 30–45 | 20–30 | 70–60 | 70–55 | 80–70 | Суглинок средний (Сср) |
| 40–50 | 45–60 | 30–40 | 60–50 | 55–40 | 70–60 | Суглинок тяжелый (Ст) |
| 50–65 | 60–75 | 40–50 | 50–35 | 40–25 | 60–50 | Глина легкая (Гл) |
| 65–80 | 75–85 | 50–65 | 35–20 | 25–15 | 50–35 | Глина средняя (Гср) |
| >80 | >85 | >65 | <20 | <15 | <35 | Глина тяжелая (Гт) |

*Перевод названия почвы по гранулометрии из отечественной классификации в зарубежные*

Проблема состоит в том, что границы фракций в отечественной и большинстве зарубежных классификаций не совпадают; поэтому невозможен прямой переход из одной классификации в другую. Например, границы фракций в международной классификации: песок 2-0,005, пыль 0,05-0,002 и глина <0,002 мм. Для решения задач такого типа строится интегральная кривая распределения гранулометрических частиц, где по оси абсцисс откладывается диаметр частиц в равномерно логарифмическом масштабе, а по оси ординат откладывается содержание частиц менее конкретного диаметра (в процентах к массе абсолютно сухой почвы). При использовании классификации Н.А.Качинского для гранулометрических частиц почвы, диаметры составляют 0,001;0,005;0,01;0,05;0,025 и 1,0 мм. Логарифмы этих диаметров, соответственно, равны:-3,00;-2,30; -2,00;-1,30;-0,60 и 0,00. Эти величины отмечают на равномерной шкале оси абсцисс. Для каждого значения диаметра частиц по оси ординат откладывают процентные содержания всех частиц мельче этого диаметра, т. е. суммарное (кумулятивное) содержание частиц <0,001, <0,005, <0,01, и т. д. Последняя точка по оси абсцисс (0 в отсутствии гравия и некаменистых почвах) соответствует 100%. Полученные точки соединяют

плавной кривой. Таким образом, кумулятивная кривая, начинаясь со значений содержания ила (<0,001мм), непрерывно возрастает, приближаясь к 100% при величинах диаметров самых крупных частиц**.**

**Пример 3.** В результате гранулометрического анализа чернозема получены следующие содержания фракций: <0,001 мм – 37,5%, (0,001-0,005 мм) – 8,9, (0,005-0,01 мм) – 18,9, (0,01-0,05 мм) – 30,2, (0,05 -0,25 мм) – 3,5 и (0,25-1,0 мм) – 1,0%. Построить кумулятивную кривую распределения гранулометрических частиц по размерам.

*Решение*. По оси ординат для соответствующих логарифмов диаметров откладываем: для -3,00 – 37,5%, для -2,30 – 46,4%, для -2,00 – 65,3%; для -1,30 – 95,5%, для -0,60 – 99,0% и для 0,00 – 100,0%. Кумулятивная кривая представлена на рис 1.

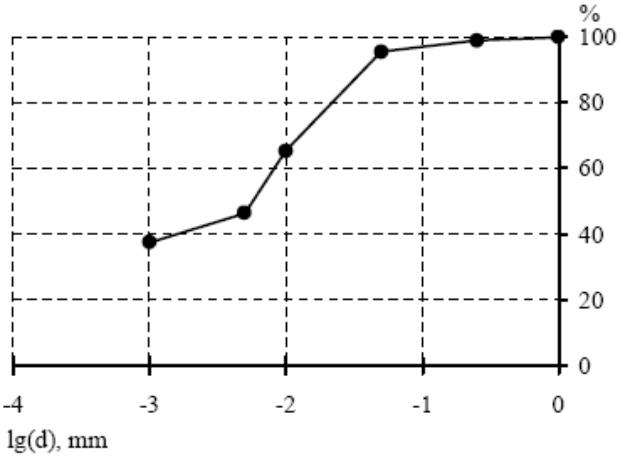


***Рис. 1.*** *Кумулятивная (интегральная) кривая распределения гранулометрических элементов по размерам*

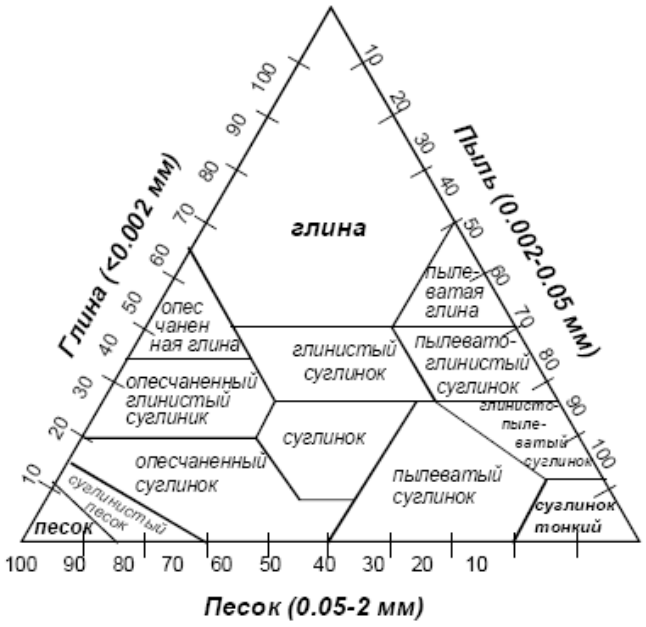


***Рис. 2.*** *Треугольник Ферре для классификации почв по гранулометрическому составу, используемый в некоторых зарубежных классификациях (в частности, USDA).*

Далее, для определения процентного содержания фракций в зарубежных классификациях (песок 2-0,005, пыль 0,05-0,002 и глина <0,002 мм) на оси абсцисс находят точки, соответствующие границам этих трех фракций: 0,05 и 0,002 мм, или на равномерной логарифмической шкале -1,30 и -2,70. Значение -2,70 будет соответствовать на ординате содержанию глины, а -1,30 содержанию глины+пыли. Песок нетрудно определить по разности [100-(глина+пыль)]. Так определяют содержание фракций глины, пыли и песка, соответствующих международной классификации. Классификационную принадлежность почвы в международной классификации определяют, пользуясь треугольником Ферре (см. на рис. 2). Для этого на левой стороне треугольника, где отложено содержание глинистых частиц, находят точку, соответствующую содержанию глины (<0,002 мм). Из этой точки проводят прямую, параллельную основанию.

Затем на правой стороне треугольника (содержание пыли) также находят точку, соответствующую содержанию пыли в исследуемой почве. И из нее проводят линию, параллельную левой стороне – параллельно оси "содержание глины". Две прямые линии пересекутся внутри треугольника в некоторой точке, в которую также попадает третья линия, проведенная параллельно оси "пыль" из точки, соответствующей содержанию песка на основании треугольника. Эта точка пересечения трех линий треугольника обязательно окажется внутри какой-либо области, отвечающей за определенную классификационную группу почв по гранулометрии.

Таким образом, отечественная классификация почв, основанная на соотношении физической глины и физического песка в почве (см. таблицу 3), является по сути двухчленной, а международная – учитывающая соотношения трех фракций (пыль, песок, глина), трехчленной. Переход из одной в другую возможен лишь через построение кумулятивной кривой, нахождение содержания указанных трех фракций и определение классификационной принадлежности почвы по треугольнику Ферре. [6].

***Пример 4***. Определить классификационные названия по гранулометрии чернозема по отечественной и международной классификациям, гранулометрический состав которого представлен в примере 1 и 2.

*Решение*. Для этого по кумулятивной кривой (см. рис. 1) для точки на оси абсцисс, соответствующей диаметру глинистых частиц по зарубежной классификации (-2,70), определим содержание глины. Оно составляет 38,5%. Содержание (пыль+глина), соответствующее границе фракций <0,05, достигает 95,5%, а пыли соответственно 95,5 – 38,5 =57,0%, песка – 4,5%. По треугольнику Ферре (рис. 2) исследованный чернозем относится к пылевато-глинистому суглинку.

*Использование результатов*

Гранулометрический состав, выраженный в содержаниях фракций гранулометрических элементов – важнейшая физическая характеристика почвы, одна из характеристик ее дисперсности. Он определяет все основные почвенные процессы, является одним из фундаментов почвенного плодородия, так как в зависимости от гранулометрии почв формируются те или иные сельскохозяйственные ме-

роприятия. Знание гранулометрического состава почв также дает представление о генезисе, эволюции и использовании почв. Ниже перечислены основные назначения данных о гранулометрическом составе.

1. Название почвы по гранулометрическому составу. Оно определяется данными гранулометрического состава верхнего горизонта почвы, используя либо классификационные положения Н.А.Качинского на основе соотношения частиц >0.01 мм (физический песок) и <0.01 мм (физическая глина), либо приведенный выше треугольник Ферре.

2. По гранулометрическому составу можно восстановить и остальные свойства почв, воссоздать “образ” почвы по отношению к росту растений, проведению влаги и пр. Например, на основании гранулометрического анализа, исследуемая почва – тяжелый суглинок. Это значит, что почва будет плохо проводить влагу, иметь высокое содержание воды при низком содержании воздуха, будет долго прогреваться (“холодные” почвы). Если же мы получили по гранулометрии легкие почвы (супесь, песок связный и пр.), то это означает высокую фильтрацию влаги сквозь почву, малый диапазон доступной воды для растений, быстрый прогрев (“теплые почвы“). Данные гранулометрического состава почв используют для количественного расчета гидрологических свойств и функций почв с помощью так называемых педотрансферных функций.

3. Гранулометрический состав – основа расчета искусственных почв, основа *конструирования почв.* Взаимосвязь между гранулометрическим составом и водно-воздушными свойствами почв позволяет решать эту обратную задачу: задавая необходимые свойства почв составлять соответствующую смесь гранулометрических фракций. Например, если нам необходимо создать спортивный газон, который бы легко фильтровал воду, проводил ее к дренам, быстро прогревался, но при этом удерживал определенное количество воды и питательных веществ, необходимых для роста растений, то нужно «создать» почву отвечающую этим свойствам. По-видимому, в верхнем слое (0-5 см) это должна быть супесь с небольшим количеством (3-5%) ила монтмориллонитового состава, а также в составе физической глины до 1-3% гидрофобного органического вещества. Ниже, до 15 см – связанный песок, глубже – до 20 см – крупный песок, подстилаемый гравием. Это типичная почвенная конструкция, рассчитываемая по данным о гранулометрическом составе используемых почвенных компонентов. Она, конечно, воссоздана, в основном, на качественном уровне. Однако имеются и количественные подходы для создания почвенных конструкций, основанные на математических моделях движения влаги в почве.

*Требования к отчету*

Оформить работу по плану, включающему следующие пункты:

– общие сведения, значение анализа;
– принципы метода;
– аппаратура, материалы, реактивы;
– ход анализа;
– обработка результатов;
– вывод.

**Лабораторная работа №9**

2 часа

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ ПОЛЕВЫМ МЕТОДОМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

*Цель работы:* получение представлений:- о содержании воды в почвах;
- продуктивной или доступной воде в почвах;
- о полезной влаге.

*Задачи работы*- знакомство со способами определения влажности почв:
- в полевых условиях;
- в лабораторных условиях;
- определение полезной влаги в почвах.

*Обеспечивающие средства:* образцы почв и необходимое лабораторное оборудование и расходные материалы (сушильный шкаф, аналитические весы, муфельные щипцы, тигли, иксикаторы, фарфоровые чашки, фильтровальная бумага и т.п.).

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Влажность почвы –** содержание влаги в процентах к массе сухой почвы.

Визуальное определение по Н.А. Качинскому:

Сухая - влажность ниже максимальной гигроскопической; почва пылит;

Суховатая - не формуется, но и не пылит; при сжатии между пальцами на образце почвы остается след пальца, что соответствует влаге завядания растений;

Сыроватая - формуется слабо и неустойчиво; при раскатывании распадается; влажность соответствует приблизительно 50% от полевой влагоемкости;

Сырая - хорошо формуется - раскатывается в шнур, от воды не блестит; влажность оптимальная для обработки почвы;

Весьма сырая - блестит от воды, но вода не выжимается; глина и суглинок хорошо формуются, высокая липкость; влажность соответствует полевой влагоемкости;

Мокрая - вода выжимается (сочится из стенок разреза).

Окраска почвы изменяется в зависимости от освещенности, влажности, распыленности: сырая - более темная; растертая и измельченная светлее, чем в ненарушенном сложении. Поэтому в дневнике нужно отметить, при каких условиях и в каком состоянии увлажнения проводилось описание почвы. Дать определение цвета по влажному и сухому образцу.

Приступая к описанию, нужно отметить, однороден или не однороден по окраске генетический горизонт, какой цвет является основным; как выражена неоднородность - затеками (карманами), пятнами; их размеры, происхождение.

**Физическое состояние воды в почве –** три формы: твердая, жидкая и газообразная.

**Химически связанна вода:** входит в состав твердой фазы почв, растениям недоступна, неподвижна, имеет прочные структурные связи.

**Твердая вода (лед) –** растениям недоступна, но представляет собой потенциальный источник влаги.

**Парообразная вода** – для растений практического значения не имеет.
**Прочносвязанная вода** – первая форма физически связанной, или **сорбированной, гигроскопической воды,** растениям недоступна.
**Рыхлосвязанная вода** - вторая форма физически связанной, или **сорбированной, пленочной воды,** растениям малодоступна.
**Свободная, или гравитационная вода** – передвигается в почве под действием капиллярных и гравитационных сил.
**Влажность завядания, или «мертвая вода»** - соответствует максимальному количеству воды удерживаемой сорбционными силами на поверхности твердой фазы почвы.
**Полная влагоемкость** – это максимальное количество гравитационной воды, которое может вместить почва при заполнении всех пустот (кроме пор с защемленным воздухом).
**Полезная влага** - это разница между полной влагоемкостью (полевой влажностью) и влажностью завядания.

*Работа выполняются побригадно.*

*Порядок выполнения работы.*
**1.** Вывод об **одной из пяти степеней влажности *(сухая, влажноватая, влажная, сырая и мокрая почва)*** почв **на основе полевого метода** делается на основании следующих наблюдений:

1. **сухая почва –** пылит, присутствие влаги на ощупь не ощущается, почва не холодит руку, что позволяет сделать вывод о том, что влажность почвы близка к гигроскопической влажности, т.е. влажности в воздушно-сухом состоянии;
2. **влажноватая почва –** не пылит, холодит руку, при подсыхании немного светлеет;
3. **влажная почва –** на ощупь явно ощущается влага, почва увлажняет фильтровальную бумагу, при подсыхании значительно светлеет и сохраняет форму приданную почве при сжатии рукой;
4. **сырая почва -** при сжимании в руке превращается в тестообразную массу, выделившаяся при этом вода смачивает руку, но не сочится между пальцами;
5. **мокрая почва -** при сжимании в руке из почвы выделяется вода, которая сочится между пальцами; почвенная масса текуча.

**2. Весовой метод определения влажности**

1. Взвешивается образец почвы массой 1 - 2 грамма для тяжелых почв, и 5-10 граммов для почв легкого состава;
2. этот образец помещается в тарированную емкость (тигель);
3. параллельно проводят измерения на 3 – 5 образцах почвы;
4. тигель помещают в сушильный шкаф и сушат при температуре ~ 105 ºС в течение 1 -2 часов, но иногда сушат под инфра красной лампой;
5. после охлаждения тигля в иксикаторе его опять взвешивают;
6. после первого взвешивания тигельки повторно сушат в течение 10 минут;
7. повторно взвешивают и, если при втором высушивании вес снизился более чем на 2 -5%, то высушивание продолжается;

**8.** при достижении постоянного веса при высушивании расчет влажности (**W**) проводят с использованием формулы:

$$\mathbf{W = (m_i - m_0)/(m_0 - m_T)\times 100\%,} \qquad (1)$$

где $\mathbf{m_i}$ **- постоянная масса тигля после высушивания,** $\mathbf{m_0}$ **-** масса тигля с почвой до высушивания, а $\mathbf{m_T}$ **-** масса тигля.

**9.** расчет полезной влаги (**ПW**) проводят с использованием формулы:

$$\mathbf{ПW = W - MW,} \qquad (2)$$

где **MW –** «мертвая влага»

**10.** Содержание «мертвой влаги» в почвах Тульской области представлено в таблице:

Таблица

| № | почва | **MW –** «мертвая влага» |
|---|---|---|
| 1 | Супесчаная | 2,2% |
| 2 | Суглинистая | 4,7% |
| 3 | Глинистая | 8, 0% |
| 4 | Тяжелая глинистая богатая перегноем | 14,2% |
| 5 | Торфяная | 20 – 50% |

*Правила выполнения и содержание отчета по лабораторным работам.*

1. В отчете приводятся результаты определения влажности почв на основе полевого метода.
2. В отчете приводятся результаты расчета влажности почвы (**W).**
3. В отчете приводятся результаты расчета полезной влаги (**ПW).**

*Контрольные вопросы.*

1. Что такое влажность почвы?
2. Какие виды физического состояния воды в почве?
3. Доступна ли химически связанная вода растениям?
4. Чем является лед в почве для растений?
5. Какова роль парообразной воды для растений?
6. Что представляет собой прочносвязанная вода в почве с физической точки зрения?
7. Что представляет собой рыхлосвязанная вода в почве с физической точки зрения?
8. Под действием каких сил происходит перемещение свободная, или гравитационная воды в почве?
9. Что означают термины «влажность завядания», или «мертвая вода»?
10. Что означают термин «полная влагоемкость»?
11. Как определяется содержание «полезной влаги» в почвах?

**Лабораторная работа №10**
**2 часа**
**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУХОГО ОСТАТКА И ЗАСОЛЕННОСТИ ПОЧВ»**

*Цель работы:* ознакомление с лабораторными методами определения засоленности почв

*Задачи работы:*
- определение и расчет сухого и минерального остатка почв;
- определение засоленности почв.

*Обеспечивающие средства:* образцы почв и необходимое лабораторное оборудование и расходные материалы (сушильный шкаф, муфельная печь, аналитические весы, муфельные щипцы, тигли, иксикаторы, фарфоровые чашки, фильтровальная бумага и т.п.).

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*
**Засоление почв** - процесс накопления водорастворимых солей, включая и накопление в почвенном поглощающем комплексе ионов натрия и магния.
**Засоление (солончаковость)** – избыточное накопление легкорастворимых, особенно натриевых, солей (больше 0,1% массы сухой почвы).
**Засоленные почвы** - почвы, содержащие в своем профиле легкорастворимые соли в количествах токсичных для растений. Засоленные почвы могут встречаться в различных климатических зонах.
**Солонцеватость (осолонцевание)** – приобретение почвой специфических свойств (диспергацией гумуса и глины, сопровождающейся разрушением структурных агрегатов и понижение концентраций легкорастворимых солей) обусловленных вхождением ионов натрия и магния в почвенный поглощающий комплекс.
**Солонцы** – засоленные почвы содержат водорастворимые соли не в верхнем горизонте, а в нижележащих горизонтах.
**Осолодение –** процесс интенсивного разрушения (гидролиза) почвенной массы при замене обменно-поглощенного натрия ($Na^+$) в коллоидном комплексе ионом водорода ($H^+$) и выщелачивания продуктов разрушения.
**Причины образования засолоненных почв** – засоленные почвообразующие породы, сильноминерализованные грунтовые воды и ряд других условий, следствием которых является аккумуляция солей в почвах (орошение, изменение уровня грунтовых вод, техногенное загрязнение почв и т.п.).

Методика анализа определения влажности почв. Основные приемы работы с тиглем, сушильным шкафом. Прокаливание почв. Расчет влажности почв. Расчет полезной влаги. Определение степени засоленности почв.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

1. **Определение сухого остатка почв** включает в себя следующие процедуры:
   - приготовление водной вытяжки;
   - получение сухого остатка водной вытяжки;
   - расчет сухого остатка;
   - получение минерального остатка (используя сухой остаток водной вытяжки);
   - расчет минерального остатка **(МО)**.
2. **Приготовление водной вытяжки почв** включает в себя:
   - приготовление водной суспензии, при приготовлении которой используют почву и дистиллированную воду в соотношении:

почва **:** вода = 1 **:** 5;

   - водную вытяжку получают в результате фильтрации приготовленного фильтрата через фильтровальную бумагу.
3. **Получение сухого остатка водной вытяжки** состоит из следующих процедур:
   - полученный фильтрат (определенного объема) помещают в фарфоровую, или стеклянную чашку и выпаривают на водяной бане при температуре не выше 90 ºС.
   - после испарения влаги чашку с остатком переносят в сушильный шкаф и высушивают до постоянной массы.
   - высушивание до постоянной массы проводится с использованием сушильного шкафа, сушат при температуре ~ 90 ºС в течение 1 - 2 часов. После охлаждения чашки в иксикаторе ее опять взвешивают. Затем, после первого взвешивания чашку повторно сушат в течение 10 минут, охлаждают и повторно взвешивают. Если после второго высушивания вес снизился более чем на 2 -5%, то высушивание продолжается. При достижении постоянного веса высушивание прекращают.
4. **Расчет сухого остатка (СО)** проводят с использованием формулы**:**

$$\mathbf{CO = a \times M/V_F}, \qquad (1)$$

где **а** – масса сухого остатка**,** **М** – масса почвы**,** $\mathbf{V_F}$ - объем взятого фильтрата**.**

5. **Минеральный остаток (используя сухой остаток водной вытяжки)** получают путем прокаливания сухого остатка в муфельной печи при температуре красного каления - 450 -500 ºС в течение 30 минут.
6. **Расчет минерального остатка (МО)** проводят с использованием формулы**:**

$$\mathbf{MO = m_{MO} \times (M/V_F) \times 100\%}, \qquad (2)$$

где $\mathbf{m_{MO}}$ – масса минерального остатка**,** **М** – масса почвы**,** $\mathbf{V_F}$ - объем взятого фильтрата**.**

7. **Вывод о засоленности исследуемых почв** делают на основе сравнения полученных значений **МО** со значениями минерального остатка представленных в таблице.

**Таблица**

**Засоленность почв**

| № | МО (минеральный остаток), % | Условная засоленность |
|---|---|---|
| 1 | меньше 0,3 | не засолен |

| | | |
|---|---|---|
| 2 | 0,3 – 1,0 | слабо засолен |
| 3 | 1 – 2 | засолен |
| 4 | 2 - 3 | сильно засолен |
| 5 | больше 3 | солончак |

*Правила выполнения и содержание отчета по лабораторным работам.*

1. В отчете приводится описание последовательности действий связанных с получением сухого остатка и минерального остатка почв.
2. В отчете приводятся результаты расчета сухого и минерального остатка почв.

6.3. В отчете приводятся выводы о засоленности исследуемых почв.

**7. Контрольные вопросы.**

7.1. Что происходит при засолении почв?

7.2. Какие соли участвуют в засолении почв, и при каких значениях их содержания наступает засоление почв?

7.3. В каких климатических зонах могут встречаться засоленные почвы?

7.4. Какие изменения в почвенный поглощающий комплексе приводят к солонцеватости и осолонцеванию?

7.5. Какие специфические свойства приобретает почва в процессе осолонцевания почв?.

7.6. В каких почвенных горизонтах содержатся водорастворимые соли в солонцах?

7.7. Что происходит с почвенной массы при осолодении почвы?

7.8. Какие основные причины образования засолоненных почв?

7.9. Что означает термин « красное каление»?

7.10. Какое значение имеет температура при «красном калении»?

7.11. Что означает термин « белое каление»?

7.12. Какое значение имеет температура при «белом калении»?

**Лабораторная работа** №11

2 часа

## «ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЧВ. БУФЕРНАЯ СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ».

*Цель работы* – ознакомление с буферной способностью почв.

*Задача работы*- определение буферности почв бюреточным методом.

*Обеспечивающие средства:* Рн метры типа ЛПУ-1, или И-135, бюретки, HCl, образцы почв.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Буферность почв –** это способность почв поддерживать химическое состояние на неизменном уровне при воздействии на почву потоков химических элементов природного и антропогенного генезиса.

**Буферность почвы** зависит от количества и состава высокодисперсных частиц (ила и коллоидов)

**Буферность почвы увеличивается** с утяжелением гранулометрического состава, с увеличением содержания гумуса и высокоемкостных минералов.

**Буферность почвы проявляется** в сопротивлении изменению состояния почвенного раствора.

**Буферность почвы** обеспечивается содержащимися в почвенном растворе слабых кислот, оснований и их солей, а также процессами ионного обмена почвенного раствора с почвенным поглощающим комплексом.

**Кислотно-основная буферность почв –** это способность почвы противостоять изменению pH при добавлении кислоты и щелочи.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

1. Экспериментальная часть определения буферности почв бюреточным методом:
 - навеску почвы (10 -20г) помещают в химический стакан и разбавляют дистиллированной водой в соотношении 1: 1, тщательно перемешивают;
- постепенно добавляют определенный объем **HCl** и контролируют суммарный объем воды с почвой и **HCl**;
- добавление HCl производят порциями по 1мл;
- измерения **pH** производят перед началом добавления раствора **HCl** и после каждого добавления.

2. Обработка результатов полученных при проведении экспериментальной части:
- строят график, в котором по оси **X** откладывают суммарный объем воды с почвой и **HCl (V),** а по оси **У** откладывают измеренные значения **pH**;
- зависимость изменения **ΔpH** от изменений **ΔV** линейная и может быть охарактеризована тангенсом угла наклона:

$$\mathrm{tg}\ \lambda = \mathbf{\Delta pH / \Delta V},$$

при этом буферность почвы будет определяться как значение величины обратно обратной tg λ.

- необходимо учитывать, что величина буферности почв зависит от начального pH почвы, поскольку:

а) при pH > 6,2 буферность почвы определяется растворением карбонатных пород;

б) при pH в пределах 4,2- 5 буферность почв обусловлена реакциями обмена и вытеснения из ППК;

в) при pH< 4,2 устойчивость почвы к кислотам обусловлена растворением минералов железа и алюминия.

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по проведению определений pH, а также таблиц замеров, построенных графиков и расчетов буферности почв.

*Контрольные вопросы.*

7.1. Что означает термин «буферность почв»?

7.2. От частиц какого размера зависит буферность почвы?

7.3. Как влияет на буферность почвы утяжеление гранулометрического состава почвы?

7.4. В сопротивлении изменениям какого компонента почвы проявляется буферность почвы?

7.5. Какие компоненты почвенного раствора обеспечивают буферность почвы?

7.6. Какие процессы в почве обеспечивают буферность почвы?

7.7. Что означает термин кислотно-основная буферность почв?

**Лабораторная работа №12**
2 часов
**«КИСЛОТНОСТЬ ПОЧВ».**

*Цель работы* ознакомление с кислотностью почв.

*Задача работы* определение кислотности потенциометрический метод определения кислотности почв.

*Обеспечивающие средства:* pH-метры различных марок (типа ЛПУ-1, ППМ – 03, универсального иономера ИУ – 74), образцы почв

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*
**Кислотность почв –** это способность почв подкислять почвенный раствор.
**Кислотность почв формируется** наличием свободных кислот, оснований, солей, подвергающихся гидролизу, составом обменных оснований в коллоидном комплексе.
**Актуальная кислотность** – обусловлена наличием ионов водорода в почвенном растворе.
**Потенциальная кислотность -** обусловлена (в основном) наличием ионов водорода и алюминия ***в поглощенном состоянии*** в составе ППК.
**Обменная кислотность -** обусловлена (в основном) наличием ионов водорода и алюминия ***в обменном состоянии*** в составе ППК.
**Гидролитическая кислотность -** обусловлена (в основном) наличием ионов водорода и алюминия в обменном (частично необменном) состоянии в составе ППК.
**Гидролитическую кислотность** устанавливают для расчета внесения доз известняка при известковании кислых почв.
**Величина pH почвенного раствора** существенно влияет на направленность и скорость химических реакций, биохимических процессов, протекающих в почве.
**Под влиянием pH изменяется растворимость** большинства неорганических и органических соединений почвы.
**Развитие растений** происходит на почвах с pH 3,5-9,0. Нормальное развитие определяется областью pH 4-8.
**Жизнедеятельность бактерий** наиболее интенсивна при pH 6-7, а **грибов** - при pH $\geq$ 4.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*
1. При определении кислотности используется потенциометрический метод определения кислотности почв
2. В водном растворе одновременно присутствуют водородные ($H^+$) и гидроксильные ($OH^-$) ионы (таблица 1), их количественное соотношение определяет реакцию раствора.

Таблица 1

Соотношение между концентрациями $H^+$ ,$OH^-$ и pH раствора

| $H^+$ | $OH^-$ | pH | $H^+$ | $OH^-$ | pH |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^{-3}$ | $10^{-11}$ | 3 | $10^{-8}$ | $10^{-6}$ | 8 |
| $10^{-4}$ | $10^{-10}$ | 4 | $10^{-9}$ | $10^{-5}$ | 9 |
| $10^{-5}$ | $10^{-9}$ | 5 | $10^{-10}$ | $10^{-4}$ | 10 |
| $10^{-6}$ | $10^{-8}$ | 6 | $10^{-11}$ | $10^{-3}$ | 11 |
| $10^{-7}$ | $10^{-7}$ | 7 | $10^{-12}$ | $10^{-2}$ | 12 |

3. На практике кислотную реакцию почвы определяют в солевой (1н KCl) вытяжке
4. Приготовление солевой вытяжки почвы 1 М KCl осуществляется в следующей последовательности:
- в чистый сухой стаканчик вместимостью на 50 - 100 мл насыпают по 10 г воздушно – сухой почвы, приливают 25 мл раствора 1н KCl, накрывают на 30 мин, снова перемешивают и дают частицам почвы осесть. Анализ проводится на следующий день.
5. Определение pH проводится в следующей последовательности:
- прозрачную вытяжку над почвой сливают в чистый на 50 мл стаканчик;
- в стаканчик с вытяжкой опускают электроды и снимают показания; - перед измерением pH следующего образца электроды споласкивают дистиллированной водой, а капли воды на концах электродов снимают фильтровальной бумагой.
- при подготовке прибора к работе устанавливают показания его по буферным растворам с определённой величиной pH (таблица 2).

Таблица 2.

Значения pH эталонных буферных растворов

| Температура, $^0C$ | **1.** Насыщенный раствор $KHC_4H_4O_6$ | **2.** 0,05 М раствор $KC_8H_5O_4$ | **3.** Смесь 0,025 М растворов $Na_2HPO_4$ и $KH_2PO_4$ | **4.** 0,01 М раствор $Na_2B_4O_7 * 10H_2O$ |
|---|---|---|---|---|
| 15 | --- | 4,00 | 6,90 | 9,27 |
| 20 | --- | 4,00 | 6,88 | 9,22 |
| 25 | 3,54 | 4,01 | 6,86 | 9,18 |
| 30 | 3,55 | 4,01 | 6,87 | 9,14 |

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по проведению определений и результатов замеров pH.

*Контрольные вопросы.*
1. Какая способность почв определяет кислотность почв?
2. Наличие каких соединений формирует кислотность почв?
3. Что определяет то, или иное значение актуальной кислотности?
4. Ионы каких химических элементов определяют, или иное значение потенциальной кислотности?

5. В каком виде находятся ионы химических элементов, которые определяют потенциальную кислотность?
6. В каком состоянии находятся ионы химических элементов, которые определяют обменную кислотность?
7. При каком виде мелиорации востребованы результаты определений гидролитической кислотности?
8. Величина pH почвенного раствора существенно влияет на направленность и скорость химических реакций, биохимических процессов, протекающих в почве.
9. На растворимость каких соединений, находящихся в почве, оказывает влияние изменение pH ?
10. В каком интервале значений pH происходит «нормальное» развитие растений? происходит на почвах с pH 3,5-9,0. Нормальное развитие определяется областью pH 4-8.
11. В каком интервале значений pH наиболее интенсивна жизнедеятельность бактерий, грибов?

**Лабораторная работа** 13
2 часов
**«ЩЕЛОЧНОСТЬ ПОЧВ»**

**Цель** ознакомление с щелочностью почв

**1.2. Задача** определение щелочности методом потенциометрическом титровании

*Обеспечивающие средства:* pH-метры различных марок (типа ЛПУ-1, ППМ – 03, универсального иономера ИУ – 74), индикаторный стеклянный электрод, электрод сравнения - хлорид серебреный электрод, образцы почв.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*
**Щелочность почв** – способность почв подщелачивать почвенный раствор вследствие наличия в почве гидролитически щелочных солей и обменного натрия.
**Актуальная щелочность почв -** обуславливается содержанием в почвенном растворе гидролитически щелочных солей. Преимущественно карбонатов и гидрокарбонатов щелочных и щелочно-земельных металлов.
**Потенциальная щелочность почв –** обусловлена наличием в ППК обменного натрия, который может вытесняться водородом кислоты, а образовавшаяся в почвенном растворе сода подщелачивает его.
**Щелочность почв принято оценивать** по значениям актуальной щелочности.
**Щелочность системы почва + вода** определяется суммой анионов - $OH^-$, $CO_3^{2-}$, $HCO_3^-$.
**При pH < 8,3** основным компонентом щелочности является ион $HCO_3^-$.
**При pH >8,3** основным компонентом щелочности является анионы OH, $CO_3^{2-}$, $HCO_3^-$.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*
1. При определении общей щелочности используется метод потенциометрического титрования анализируемой пробы раствором 0,1 М HCl (с использованием индикаторного стеклянного электрода, а в качестве электрода сравнения служит хлорид серебреный электрод).
2. В процессе титрования протекают реакции:

$$OH^- + H^+ = H_2O, \quad (1)$$
$$CO_3^{2-} + H^+ = CO_2 + H_2O, \quad (2)$$
$$HCO_3^- + H^+ = CO_3^{2-} + H_2O. \quad (3)$$

3. В зависимости от наличия компонентов щелочности системы возможны два варианта титрования:
*первый случай титрования:*
- на кривой титрования имеется **один скачок изменения pH**, который может быть обусловлен ионами $OH^-$ при начальном значении pH > 8,3, либо ионами $HCO_3^-$ при начальном значении pH < 8,3;

*второй случай титрования:*

- на кривой титрования наблюдается **два скачка титрования.**

4. Два скачка титрования могут быть обусловлены тем, что:

- щелочность определяется только ионами $CO_3^{2-}$, которые титруются ступенчато по реакциям (1) и (2). При этом $V_1=V_2$. В расчете карбонатной щелочности используют $V_1 + V_2$;
- щелочность определяется ионами *$OH^-$ и $CO_3^{2-}$*. В этом случае $V_1 > V_2$. Первый скачок соответствует реакциям (1) и (5) - $V_1$; второй скачок - реакцией (3) - $V_2$.

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по проведению определений и результатов замеров pH и определений общей щелочности.

*Контрольные вопросы.*

1. Как называется способность почв подщелачивать почвенный раствор?
2 Наличие каких химических соединений и элементов определяет щелочность почв?
3. Какие виды щелочности принято рассматривать при исследовании почв?
4. Наличие каких химических соединений и элементов в почвенном растворе определяет актуальную щелочность почв?
5. Какой вид щелочности почв определяется наличием в ППК обменного натрия?
6. По какому виду щелочности принято оценивать щелочность почв?
7. Суммой каких анионов определяется щелочность системы почва + вода?
8. Какой ион является основным компонентом щелочности при pH < 8,3?
7. Какие анионы является основным компонентом щелочности при pH >8,3?

**Лабораторная работа** №14
2 часа
**«АНАЛИЗ ГУМУСА»**

*Цель работы* ознакомление с гумусом

*Задача работы* определение гумуса в почвах на с помощью анализа гумуса по Тюрину.

*Обеспечивающие средства:* бихромат калия, серную кислоту и образцы почв.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*
**Гумус** – органическое вещество почвы, полностью утратившее черты анатомического строения организмов.
**Гумус делится на две группы веществ**:
- неспецифические органические вещества;
- специфические органические вещества;

**Неспецифические органические вещества** – вещества встречающиеся не только в почве (углеводы, аминокислоты, белки, органические кислоты, лигнин и т.п.).
**Специфические органические вещества** (гумусовые вещества) – вещества, которые встречаются в основном только в почвах.
**Гумусовые вещества почвы** - высокомолекулярные азотсодержащие ароматические органические соединения кислотной природы.
**Гумусовые вещества делят на три группы** - гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины.
**Гуминовые кислоты** - темноокрашенные (или черные) гумусовые кислоты, растворимые в щелочах и не растворимые в минеральных кислотах и воде.
**Молекулы гуминовых кислот** состоят их ядра и периферических боковых цепей с функциональными группами. Ядро представлено ароматическими и гетероциклическими кольцами типа бензола, фурана, пиридина, нафталина и др. Ядро имеет рыхлое сетчатое строение.
**Состав гуминовых кислот**: C -50-62%, O - 31-40%, N - 2-5%, H - 3-4%; содержание Зольных элементов (Si, Al, Fe, P и др.) - 1-5%.
**Фульвокислоты** - светлоокрашенные гумусовые кислоты (от желтой до бурой). По составу и строению сходные с гуминовыми кислотами, но имеют ряд отличий, часть которых перечислена ниже по тексту:

более низкая молекулярная масса;
менее выражена ароматическая часть ядра;
хорошо растворимы в щелочах, кислотах и воде;
в составе молекул меньше углерода (40-52%) и больше кислорода (40-48%);
обладают большей подвижностью и по отношению к минеральной части почвы.

С металлами образуют соли - *фульваты*

**Гумины** прочно связаны с минеральной частью почвы. При разрушении этих связей гидролитически расщепляется органическая часть, что не позволяет изучить соединения этой группы.
**Лабильные компоненты гумуса** – легко минерализуемые микроорганизмами органические соединения, в том числе простые углеводы, (моносахариды, частично олигосахариды), аминокислоты, простые пептиды, низкомолекулярные кислоты, спирты, пигменты и др.
**Устойчивые компоненты гумуса** – представлены лигнином, частично целлюлозой, гуминовыми кислотами, гумином.
**Устойчивые компоненты** органического вещества **придают почвам консервативные, долговременные признаки** (например, лигнин – окраску), характерные для каждого почвенного типа и обуславливающие их специфичность.
**Гуминовые кислоты** интенсивно поглощают электромагнитные колебания в видимой области света и придают почве темную окраску, способствующую более быстрому ее прогреванию.
**С гумусом связаны основные запасы элементов питания** растений и микроорганизмов, в его состав входят многие физиологически активные вещества – ферменты, антибиотики, гуминовые вещества.
**Гумус способствует формированию** благоприятного водно-воздушного режима, высокой буферности почв и их устойчивости к неблагоприятным внешним воздействиям, химическому загрязнению.
**Почва с оптимальным содержанием гумуса максимально устойчива** к действию разрушающих факторов (эрозия, дефляция), засухам и переувлажнению.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*
1. Метод анализа гумуса по Тюрину основан на окислении органического углерода почвы раствором бихромата калия в присутствии серной кислоты:
$$\mathbf{3C + 2\,K_2Cr_2O_7 + 8\,H_2SO_4 = 2\,Cr_2(SO_4)_3 + 2\,K_2SO_4 + 8\,H_2O + 3CO_2}$$
2. Согласно расчету по уравнению 1 мл 0,1 н $K_2Cr_2O_7$ содержит 0,005 г $K_2Cr_2O_7$, что соответствует 0, 0003 г углерода или 0, 0005172 г гумуса.
3. Для проведения анализа берут навески почвы исходя из содержания в них гумуса:
- богатые гумусом почвы, навеска - 0,100 г.
- средне богатые гумусом почвы (темно-серого или серого цвета) - 0,200 г.
- бедные гумусом почвы (окраска светло серая) - 0,500 г.
- очень бедные гумусом почвы (окраска гумуса практически отсутствует) - 1,000 г.
4. Взятые навески почвы (анализируют одновременно по 3 образца одной пробы) помещают в конические колбы, добавляют по 5 мл раствора $K_2Cr_2O_7$, 5 мл 1,0 н $H_2SO_4$.
5. Колбы нагревают до кипения и кипятят 2 мин. Кипение должно быть слабым без разбрызгивания.
6. Если раствор полностью окрасится в зеленый цвет, то добавляют еще 5 мл $K_2Cr_2O_7$, 5 мл 1,0 н $H_2SO_4$ и снова нагревают.

7. Раствор должен приобрести коричнево - зеленую окраску.
8. После охлаждения раствор разбавляют до 20 мл **и сравнивают со стандартной шкалой гумуса.**
9. Приготовление растворов стандартной шкалы гумуса .
Используют реактивы: 1.0,4 н $K_2Cr_2O_7$: 40 г соли растворяют в 1 л воды;
2. 0,4 н $(NH_4)_2Fe_2(SO_4)_2$ (соли Мора); 3. 1,0 н $H_2SO_4$.
В мерные пробирки объемом на 25 мл поочередно приливают вышеперечисленные реактивы, мл.(см. таблицу)

Таблица

| № Раствора | Пробирки | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| $C_{угл}$, мг/мл | 0,1 | 0,18 | 0,24 | 0,30 | 0,36 | 0,42 | 0,48 | 0,54 | 0,60 |

10. Анализ щелочерастворимой части гумуса
5 г почвы + 50 мл 0,1 н раствора щелочи, перемешивают, кипятят 25-30 мин, фильтруют. Фильтрат анализируют по методике аналогичной описанной выше

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по проведению анализа гумуса и результатов определений $C_{угл}$, мг/мл в исследованных образцах.

*Контрольные вопросы.*
1. Что представляет собой гумус?
2. На какие две группы органических веществ делится гумус?
3. Что представляют собой неспецифические органические вещества?
4. Что представляют собой специфические органические вещества?
5. Гумусовые вещества почвы - высокомолекулярные азотсодержащие ароматические органические соединения кислотной природы.
6. На какие три большие группы делят гумусовые вещества?
7. какой цвет имеют гуминовые кислоты?
8. Гумусовые кислоты растворимы в минеральных кислотах и воде?.
- темноокрашенные (или черные) гумусовые кислоты, растворимые в щелочах и не растворимые в минеральных кислотах и воде.
9. Какой элементный состав имеют гуминовые кислоты?
10. Какого цвета фульвокислоты?
11. Насколько прочно гумины связаны с минеральной частью почвы?
12. Какие соединения являются лабильными компонентами гумуса?
13. Какие соединения являются устойчивыми компонентами гумуса?.
14. Какие компоненты гумуса придают почвам консервативные, долговременные признаки?
15. Какую окраску придают почве гуминовые кислоты?

16. Способствует ли гумус формированию благоприятного водно-воздушного режима почв?
17. Способствует ли оптимальное содержание гумуса устойчивости почв к воздействию таких факторов, как эрозия, дефляция, засуха и переувлажнение?

**Лабораторная работа №15**
2 часа
**«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОЧВ»**

*Цель работы:* ознакомление с плотностью почв.

*Задача работы:* проведение определений плотности почв методами: непосредственных измерений и гидростатического взвешивания.

*Обеспечивающие средства:* аналитические весы, штангенциркули, линейки, парафин, нитки.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*
**Плотность почвы** – масса сухого вещества почвы в единице её объема ненарушенного естественного сложения. Единица измерения – г/см³.
**Изменение плотности почв** – от 0,04 – 0,4 г/см³ в торфах до 1,8 г/см³ в глеевых горизонтах.
**Средние значения плотности почв** находятся в пределах 1,2 – 1,4 г/см³.
**Плотность почвы – зависит от** гранулометрического и минералогического состава, структурного состояния, **порозности** и содержания органического вещества.
**Порозность почв** (пористость, скважность) – это суммарный объем между твердыми частицами почвы, в естественных условиях залегания занятый либо воздухом, либо водой или полностью, или частично в разных соотношениях.
**Пористость зависит от** гранулометрического состава, структурности почвы, деятельности почвенной фауны, содержания органического вещества от обработки и приемов окультуривания почвы.
**Выделяют порозность общую, капиллярную** (внутриагрегатную) **и некапиллярную** (межагрегатную).
**Регулировка порозности** – различные методы обработки почв, внесением рыхлящих почву материалов (торф, солома, компосты и т.п.).

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*
1. При определении плотности почв используют два метода:
- метод непосредственных измерений;
- метод гидростатического взвешивания.
2. При использовании метода непосредственных измерений из почвы врезают образец правильной формы.
3. Производят замеры вырезанного образца, необходимые для определения его объема:
   - трех сторон, перпендикулярных друг другу – в случае куба, или призмы;
   - диаметра основания и высоты, в случае цилиндра.

3. Расчет плотность почвы при использовании метода непосредственных измерений производят с использованием формулы:

$$g = m/V \text{ [г/см}^3\text{]} \quad (1)$$

где g – плотность почвы (г/см³), m – масса образца в граммах, V – расчетное значение объема образца, в см³.

4. При использовании метода гидростатического взвешивания вырезаем из образца почвы некий объем, стараясь придать ему форму шара.

5. Приготовленный образец взвешиваем **(**g), затем крепко обвязываем его ниткой и парафинируем .

6. Взвешиваем парафинированный образец в воздухе **(**$g_1$), и в воде($g_{2V}$ ).

7. Масса парафина определяется по формуле:

$$\mathbf{M}_P = g_1 - g \text{ [г]} \quad (2)$$

8. Объем занимаемый парафином в парафинированном образце рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{V}_P = (g_1 - g)/0{,}9 \text{ [см}^3\text{]} \quad (3)$$

9. Объем запарафинированного образца рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{V} = g_1 - \text{ и } g_{2V} \text{ [см}^3\text{]}$$

10. Объем образца рассчитывается по формуле:

$$\mathbf{V}_O = V - \mathbf{V}_P \text{ [см}^3\text{]} \quad (4)$$

11. Плотность почвы ($g_P$ ) рассчитывается по формуле:

$$g_P = g/V_O \text{ [г/см}^3\text{]}. \quad (5)$$

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по определению плотности, расчетов и результатов определений плотности исследованных образцов.

*Контрольные вопросы.*

1. Что означает термин «плотность почвы»:
2. Какие наиболее распространенные методы определения плотности почв?
3. В каких пределах изменяется плотность почв?
3. В каких пределах находятся средние значения плотности почв?
4. Какие характеристики почвы влияют на значения плотности почв?
5. Что означает термин «порозность почв»?
6. Какие характеристики почвы влияют на значения пористости почв?
7. Какие виды порозности выделяют при исследованиях почв?
8. Какие методы обработки почв позволяют регулировать значения порозности?

**Лабораторная работа № 16**

2 часа

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПОЧВ (МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ПОЧВ)

*Цель работы:* ознакомление с плотностью твердой фазы почвы (минеральной частью почв).

*Задача работы:* определение плотности твердой фазы почвы пикнометрическим методом.

*Обеспечивающие средства:* пикнометр**,** аналитические весы, ступки с пестиками, сито (ячея 2мм), образцы почв.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Плотностью твердой фазы почвы** называют отношение массы твердой фазы почвы в абсолютно сухом состоянии к массе равного объема воды при 4 ºС**.**

**Плотность** твердой фазы почвы **определяют** пикнометрическим методом путем вытеснения воды из пикнометра навеской абсолютно сухой почвы.

**Размерность** плотности твердой фазы почвы **–** в г/см³

**Величина плотности** твердой фазы почвы **зависит** от минералогического состава и содержания органического вещества в почвах.

**Средние значения** плотности твердой фазы почвы находятся в пределах 2,40 – 2,65 г/см³ .

**Определение плотности** твердой фазы почвы необходимо для расчета пористости (порозности) почв и расчета соотношений минеральных и органических веществ в почвах.

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

1. Используя ступку с пестиком приготавливаем из почвы порошок, который просеиваем через сито.
2. Заливаем вводу в пикнометр до риски V = 100 мл и измеряем температуру воды - $t_1$°.
3. Производим два взвешивания:
   3.1. $g_1$ - масса пикнометра с водой (точность измерений – 0,01 г);
   3.2. g - масса навески почвы (15 - 20 г);
4. Пересыпаем порошок в пикнометр и кипятим в течение 1 часа.
5. После кипячения в пикнометр добавляем воды до риски V = 100 мл.
6. Охлаждаем пикнометр до первоначальной температуры $t_1$°.
7. Производим третье взвешивание – определяем массу пикнометра с водой - $g_2$ .
8. Плотность твердой фазы почвы (минеральной части) - $g_M$ определяем по формуле:

$$g_M = g/(g_1 + g - g_2).$$

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по определению плотности твердой фазы и расчетов этой плотности для исследованных образцов почв.

*Контрольные вопросы.*

.1. Что означает термин «плотность твердой фазы почвы»?
2. Что означает термин «плотность минеральной части почв»?
3. В каком состоянии должна находится почва при проведении измерений связанных с определением плотность твердой фазы почвы?
4. С помощью какого метода проводят определение плотности твердой фазы почвы?
5. Размерность плотности твердой фазы почвы**?**
6. Что определяет величин плотности твердой фазы почвы**?**
7. Влияет ли органическое вещество, содержащееся в почве, на значение плотности твердой фазы почвы**?**
8. В каких пределах находятся средние значения плотности твердой фазы почв?
9. При каких расчетах (связанных с характеристиками почвы) используют данные о плотности твердой фазы почвы?

**Лабораторная работа** №17

2 часа

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ ПОЧВ

*Цель работы* ознакомление с водопроницаемостью почв.

*Задача работы:* определение коэффициента фильтрации песчаных почв в трубке Каменского.

*Обеспечивающие средства:* трубку Каменского, мерные стаканы, образцы песчаных почв.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Водопроницаемости почв** – это способность почв впитывать и пропускать через себя воду

**Две стадии водопроницаемости**:

– **первая: впитывание**, при которой происходит постепенное **заполнение пор водой** (достижение почвой состояния полной влагоемкости);

- **вторая: фильтрация - просачивание**, при которой **передвижение воды** в почве происходит **под действием силы тяжести и величины напора** слоя воды над поверхностью почвы после полного насыщения почвы водой

**Фильтрация – движение потока жидкости** в почве, которое может иметь место в случае:

- выпадения большого количества осадков в виде дождя;
- интенсивного орошения;
- быстрого снеготаяния.

**Водопроницаемость определяется** объемом воды, просачивающимся через единицу площади поверхности почвы в единицу времени.

**Водопроницаемость выражается** в **мм слоя воды** в единицу времени по формуле:

$$V = 10 \times Q/(S \times t), \qquad (1)$$

где V – скорость водопроницаемости, мм/ч; Q - расход воды, см³; S – площадь фильтрующей поверхности почвы, см$^2$; t – время опыта,ч.

**При фильтрации выполняется закон Дарси:**

$$Q = K_F \times F \times T \times J, \qquad (2)$$

где Q - расход воды; $K_F$ - коэффициент фильтрации; F – площадь фильтрации; T – время; J – напорный градиент ($J = \Delta H/L$, $\Delta H$ – разница напоров, а L – длина пути фильтрации).

**Коэффициент фильтрации –** количество жидкости профильтровавшейся через единицу площади за единицу времени при напорном градиенте равном 1.

**Линейный закон движения жидкости (закон Дарси) –** водопроницаемость прямо пропорциональна пористости и обратно пропорциональна удельной поверхности частиц.

**Водопроницаемость зависит от** формы поверхностных частиц, механического состава и структуры (оструктуренности) почвы.

**Состав поглощенных катионов** оказывает влияние на водопроницаемость почвы**:**

- **$Na^+$** уменьшает водопроницаемость почвы**;**
- **$Ca^{2+}$ и $Mg^{2+}$** увеличивают водопроницаемость почвы**.**

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

1. На сетчатый фильтр уложить бумажный фильтр.
2. Наливаем половину стакана воды и опускаем трубку в воду. После этого в трубку Каменского насыпаем слой песчаной почвы (около 2см), уплотняем этот песок, открываем кран трубки и насыщаем слой почвы водой. Насыпаем еще один слой почвы, повторяем уплотнение и насыщение до тех пор, пока не наполним трубку до риски 10 см (это и будет l). После этого сверху насыпаем слой гравия, чтобы предотвратить последующий размыв почвы.
3. Берем второй стакан, набираем воду (вода той же температуры, что и в первом стакане). Приподнимаем трубку над уровнем воды и наливаем через горловину трубки воду до отметки 0 + 1-2см. Начинаем отсчет времени (по секундомеру) с того момента, когда уровень воды дойдет до отметки ноль, заканчиваем отсчет тогда, когда профильтруется 2-3 см, это и считаем за понижение (S) равное 3 – 5см.
4. Опыт повторяем по трижды (для каждого образца почв), коэффициент фильтрации ($К_F$) рассчитываем по формуле:

$$К_F = l/T \times f(S/H), \qquad (3)$$

где Н – высота слоя почва + вода в трубке Каменского.

5. Для пересчёта измеренных значений проницаемости (при лабораторной температуре) на проницаемость при температуре 10 ºС, необходимо ввести поправочные коэффициенты. Измеренные значения проницаемости при температуре около 20 ºС при введении поправочных коэффициентов отличаются от значений проницаемости при температуре 10 ºС, не более, чем на 10 -15%.

*Отчет по лабораторной работе* представляется в виде описаний действий по определению коэффициента фильтрации и расчетов этого коэффициента для исследованных образцов почв.

*Контрольные вопросы.*

1. Какую способность почв характеризует водопроницаемость почв?
2. Какие стадии водопроницаемости почв наиболее часто выделяют?
3. Что происходит при просачивании воды в почве?
4. Под действием каких физических факторов происходит передвижение воды в почве?
5. Что происходит при фильтрации воды в почве?
6. Что может быть причиной фильтрации воды в почве?
7. Что означает термин «водопроницаемость»?
8. Какие единицы измерения водопроницаемости наиболее часто используются?

9. Формулировка закона Дарси?
10. Что означает термин «коэффициент фильтрации»?
11. От каких параметров зависит водопроницаемость почв?
12. Каким образом (уменьшение, или увеличение) состав поглощенных катионов влияет на водопроницаемость почвы**?**

Лабораторная работа №18
2 часа

# ОПИСАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВ ПОЛЯРНОГО ПОЯСА

*Цель работы* - изучение почв климатической зоны

*Задачи работы*
изучить почвенные профили, научиться систематизации и описанию профиля климатической зоны

*Обеспечивающие средства:* почвенные профили, условия почвообразования.

*Теоретические сведения:*

В пределах полярного пояса, характеризующегося годовой суммой температур выше 10°С, на территории России представлены две почвенно-географические зоны: арктическая (Арктика) и тундровая (Субарктика).

**Арктическая зона**. Она включает острова Северного Ледовитого океана (Земля Франца-Иосифа, Северная Земля, Новосибирские острова и др.) и северное побережье полуострова Таймыр. Самое характерное для почвенного покрова этой зоны — его прерывистый, фрагментарный характер.

**Арктическая зона** в целом характеризуется очень холодным летом, избыточным увлажнением, суровой, длительной, иногда малоснежной зимой. Средняя температура самого теплого месяца не превышает 8-9°С, а самого холодного колеблется от -20° на западе и востоке зоны до -35°С в центральной части зоны. Количество осадков составляет от 150 до 330 мм (уменьшаясь в центральных областях и увеличиваясь в западных и восточных) при испаряемости от 50 мм на западе и востоке зоны до 100 мм в центральной ее части. Продолжительность теплого периода (с температурой свыше 0°) в среднем составляет 45-50 дней, с колебаниями от 25 до 66 дней. . В этих суровых условиях отдельные куртины растений, под влиянием которых развивается почвообразование, занимают 5—10% площади в северных районах и не более 50—60% в южных. Сплошного почвенного покрова нет. Он образуется лишь в наиболее благоприятных для формирования почв условиях: узкие зоны между краями постоянных ледниковых покровов и береговой линией на морских террасах.

Почвы формируются на разнообразных **почвообразующих породах**. Арктические почвы развиваются на щебнистых и каменистых породах и моренах, различных по механическому составу, но с преобладанием супесчаных и легкосуглинистых разновидностей.

**Наиболее распространены здесь арктические почвы разнообразного состава и строения в зависимости от характера почвообразующих пород**: ожелезненные, окарбоначенные, засоленные, окремневшие. Преобладают грубощебнистые мелкоземистые почвы без существенной аккумуляции глинистого материала. распространены своеобразные болотные арктические почвы, как глеевые, так и неглеевые, образующиеся в условиях переувлажнения богатыми кислородом холодными проточными водами.

**Структура почвенного покрова арктической зоны достаточно сложная**,. На севере зоны главными компонентами почвенного покрова служат пустынные арктические почвы и болотные неглеевые почвы, а на юге — типичные гумусные арктические и болотные глеевые почвы. Характерны выходы не затронутых почвообразованием коренных пород.

*Ход работы.*

Изучая определенный тип почв, необходимо вначале детально ознакомиться с характеристикой факторов почвообразования, географическим распространением, генетическими свойствами данных почв по соответствующему разделу учебника. Затем по коробочным образцам почв и монолитам определить морфологические признаки почв, общая характеристика которых приведена в первом разделе учебника. На основании морфологического анализа, а также по результатам физического, химического, физико-химического анализов почв составить морфологическое описание профилей, установить полное классификационное наименование почвы. Затем в рабочей тетради описать те практические мероприятия, которые необходимы для повышения почвенного плодородия (углубление пахотного горизонта, известкование, применение удобрений).

Лабораторная работа №19
2 часа

# ОПИСАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВ ТУНДРЫ

*Цель работы* - изучение почв климатической зоны

*Задачи работы*
изучить почвенные профили, научиться систематизации и описанию профиля климатической зоны

*Обеспечивающие средства:* почвенные профили, условия почвообразования.

*Теоретические сведения:*
**Условия почвообразования**

**Климат**. Для климата тундры характерны небольшое количество тепла, избыток влаги, длительная холодная зима и короткое прохладное лето со средними температурами июля 11-13°С. Сумма температур выше 10°С составляет всего 400—600°С. В тундре в среднем за год выпадает около 300 мм осадков с колебаниями от 400 мм на Кольском полуострове до 140—160 мм в Восточной Сибири.

Характерной почвенно-климатической особенностью зоны является многолетняя мерзлота, которая оказывает большое влияние на почвообразование и условия земледелия.
Мощность достигает от 100—130 м и более. Толщина оттаивающего слоя колеблется от 50— 60 см до 1—1,5 м и более

**Рельеф**. На большей части территории тундры господствуют равнинные формы рельефа, местами с волнистой или увалисто-холмистой поверхностью. В отдельных провинциях рельеф имеет типичные горные формы. В субарктической тундре часто встречаются замкнутые понижения (термокарстовые), занятые болотами и озерами.

**Почвообразующие породы** представлены моренными, морскими и аллювиальными отложениями. На морских террасах распространены засоленные породы. В горных условиях рельефа почвообразующие породы представлены преимущественно грубоскелетным элювием коренных пород.

**Растительность.** *Само слово «тундра» на языке северных народов означает «безлесное пространство».*

В арктической тундре преобладают злаково-осоково-моховые ценозы, в понижениях полигональные болота. В типичная тундре выделяется мохово-лишайниковой растительность. Здесь широко распространены также кустарничковые тундры, в растительности которых господствуют черника, голубика, брусника и др. В южной тундре развиты мохово-кустарниковые тундры с хорошо выраженной ярусностью растительности. В лесотундре среди мохово-кустарниковой растительности разбросаны отдельные угнетенные, невысокие чахлые деревья или их небольшие группы; по речным долинам уже встречаются отдельные

массивы низкорослых пойменных лесов. Очень большие площади представлены крупнобугристыми и плоскобугристыми болотами.

**Генезис почвы.** Микробиологические процессы сосредоточены преимущественно в верхнем 10-20-сантиметровом слое. Общие особенности почвообразования: медленный темп как биологического круговорота веществ; большая активность мерзлотных процессов способствует перемешиванию почвенной массы и растворов в периоды промерзания, когда возникают восходящие и внутригоризонтные перемещения твердой фазы почвы и почвенных растворов; замедленность процессов удаления подвижных соединений за пределы почвенной толщи благодаря криогенным миграциям, наличие в нижней части профиля мерзлотного водоупора и краткости периода активного почвообразования в годовом цикле; оглеение.

Растительность тундры характеризуется чрезвычайно низкой продуктивностью и невысокой зольностью опада, малое содержание в нем оснований, особенно кальция, неблагоприятный температурный режим, слабая аэрация и бедность бактериальной флоры определяют замедленность разложения опада и синтеза гумусовых веществ.

Переувлажнение почв, накопление в них полуразложившихся органических остатков, высокое содержание воднорастворимых веществ благоприятствуют широкому развитию в почвах тундры явлений оглеения. Кислый характер образующихся органических веществ.

В целом, на большей части территории тундровой зоны развиты процессы оглеения, образования кислого грубого органического вещества и потечного подвижного гумуса и криогенного массо - и влагообмена. Встречается процесс гумусонакопления (дерновый). В южной тундре и лесотундре создаются условия для проявления подзолистого процесса.

**Классификация и свойства тундровых почв**

Зональным типом почв в тундровой зоне являются **тундровые глеевые почвы**. В тундре, особенно в ее южной части, широко распространены также болотные аллювиально-тундро-дерновые и подзолистые почвы на морских побережьях формируются засоленные (маршевые) почвы.

**В тундровых глеевых почвах** имеется органогенный горизонт разной мощности (5—30 см) и степени разложения (от торфянистого до гумусового) и минеральный горизонт, в разной степени оглеенный.

Тундровые глеевые почвы делятся на 4 подтипа: тундровые слабоглеевые гумусные, тундровые глеевые перегнойные, тундровые глеевые торфянистые, тундровые глеевые оподзоленные.

**Тундровые слабоглеевые гумусные почвы** распространены главным образом в Северо-Сибирской провинции, на хорошо дренированных суглинистых водоразделах. Степень оглеения возрастает с глубиной, и над мерзлотой часто формируется темно-сизый глеевый горизонт G, но он может отсутствовать. Общая мощность профиля 40—60 см. Содержание гумуса в горизонте $A_1$ 5—10 %, в горизонте B - 1,5-3,5 %.

**Тундровые глеевые перегнойные почвы** наиболее распространены в европейской подзоне арктической тундры и на более увлажненных местообитаниях в

Северо-Сибирской провинции.. Общая мощность профиля 60—80 см. Содержание гумуса в горизонте $A_0A_1$ 30—60 %, азота — около 1,5 %; в горизонте G — 0,5—2,0 и 0,05—0,1 % соответственно. Реакция кислая и слабокислая, насыщенность основаниями 20—50 %. Часто нижние горизонты также являются надмерзлотно-аккумулятивными.

**Тундровые глеевые торфянистые почвы** приурочены главным образом к южной типичной и кустарниковой тундре европейских и Чукотско-Анадырской провинцийОбщая мощность профиля 60—100 см., содержание азота около 1,5%. В глеевом горизонте содержание гумуса 1,5— 6,0 %, азота — 0,1—0,2 %. Почвы кислые и сильнокислые, степень насыщенности основаниями низкая.

**Тундровые глеевые оподзоленные почвы** распространены главным образом в южной тундре и лесотундре наиболее влажных провинций — европейских и Чукотско-Анадырской. Общая мощность профиля обычно более 1 м. Оподзоленность этих почв отчетливо выражена по распределению илистой фракции, валовых и аморфных $R_2O_3$, поглощенных оснований.

*Ход работы.*

Изучая определенный тип почв, необходимо вначале детально ознакомиться с характеристикой факторов почвообразования, географическим распространением, генетическими свойствами данных почв по соответствующему разделу учебника. Затем по коробочным образцам почв и монолитам определить морфологические признаки почв, общая характеристика которых приведена в первом разделе учебника. На основании морфологического анализа, а также по результатам физического, химического, физико-химического анализов почв составить морфологическое описание профилей, установить полное классификационное наименование почвы. Затем в рабочей тетради описать те практические мероприятия, которые необходимы для повышения почвенного плодородия (углубление пахотного горизонта, известкование, применение удобрений).

Каждый учащийся в период лабораторно-практических занятий должен приобрести навыки в определении производственно важных свойств почв, уровня их плодородия.

Делается цветная зарисовка почвенных профилей (рис. 1).

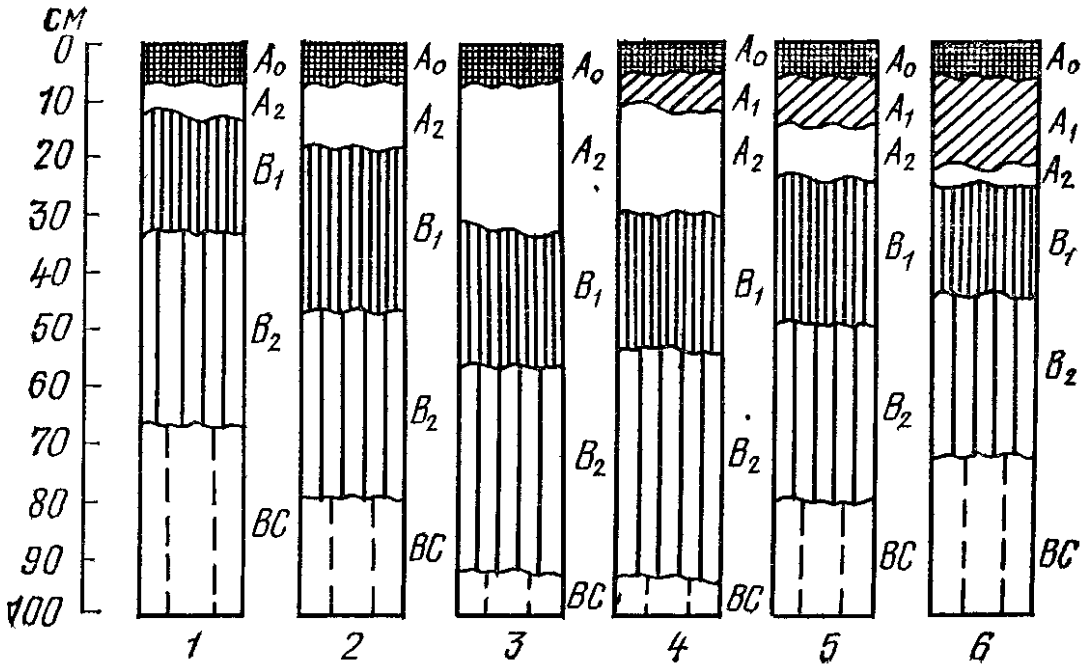


Рис. 1. Морфологическое строение профиля почв таежно-лесной зоны: 1 — подзол маломощный; 2 — подзол среднемощный; 3 — подзол мощный; 4 — дерново-сильноподзолистая почва; 5 — дерново-среднеподзолистая почва; 6 — дерново-слабоподзолистая почва.

## Лабораторная работа №20
## 2 часа
## ОПИСАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЧВ ТАЕЖНО-ЛЕСНОЙ ЗОНЫ

*Цель работы* - изучение почв климатической зоны

*Задачи работы*
изучить почвенные профили, научиться систематизации и описанию профиля климатической зоны

*Обеспечивающие средства:* почвенные профили, условия почвообразования.

Теоретические сведения:

Таежно-лесная зона самая обширная по площади, она занимает 1150 млн. га, что составляет около 52% территории нашей страны.

Простирается в широтном направлении от западных границ России до восточных — побережий Охотского и Японского морей. Примерно 65% площади зоны приходится на равнины, 35% располагается в горных областях. По природно-хозяйственным признакам таежно - лесную зону объединяют с северной подзоной лесостепи (с серыми лесными почвами), и такую объединенную зону называют нечерноземной.

*Климат* зоны умеренно холодныи и достаточно влажный в западной части сравнительно мягкий, к востоку постепенно нарастает континентальность. Среднегодовая температура в европейской части составляет 4° С, в Западной Сибири колеблется от —3° до —7,8° С, а в Восточной Сибири —от —7° до —16° С. Продолжительность периода с температурой выше 5° С на западе составляет 160—200 дней, сокращаясь на востоке до 100—140 дней. Количество осадков также уменьшается с запада на восток— от 680—500 мм (на западе) до 300—150 мм (на востоке). Большая часть осадков выпадает в теплый период. На востоке зоны (Восточная Сибирь) широко распространена многолетняя мерзлота.

Количество осадков превышает испаряемость в 1,1— 1,3 раза. Поэтому таежно-лесная зона относится к зоне достаточного и избыточного увлажнения. На большей части территорий зоны господствует промывной водный режим и только в Восточной Сибири он сменяется мерзлотным (при наличии многолетней мерзлоты).

*Рельеф.* Для европейской части характерен равнинный рельеф, на формирование которого большое воздействие оказала деятельность ледника. В азиатской части плоскоравнинный рельеф Западно-Сибирской низменности сменяется к востоку от Енисея горным рельефом плоскогорий и горных систем.

Почвообразующие породы по своему происхождению и составу очень разнообразны. На территории европейской части и Западно-Сибирской низменности они представлены моренными и водно-ледниковыми отложениями различного механического состава. В условиях горного рельефа Восточной Сибири почвообразующие породы преимущественно элювиально-делювиальные отложения коренных и осадочных горных пород. Кроме того, на всей территории зоны по пой-

мам рек распространены древние и современные аллювиальные отложения. Существенная особенность большинства почвообразующих пород зоны — их бескарбонатность.

*Растительность* таежно-лесной зоны представлена лесной, луговой и болотной формациями. Таежно-лесная зона является областью наибольшего распространения лесов. На юге зоны значительное место наряду с лесами занимают суходольные луга. Болот встречается много в северной части зоны и на Западно-Сибирской низменности.

Разнообразие природных условий и наличие трех растительных формаций (деревянистой, травянистой, лишайниково-моховой) в таежно-лесной зоне приводят к развитию на ее территории трех почвообразовательных процессов: подзолистого, дернового и болотного.

Они могут развиваться каждый самостоятельно и в сочетании, В результате воздействия почворбразовательных процессов образуется почвенный покров зоны. Он представлен подзолистыми и подзолистыми культурными, дерново-карбонатными, дерново-глеевыми, торфяными болотными, болотно-подзолистыми типами почв.

Подзолистые почвы. В пределах этого типа почв четко выделяются три основных подтипа: глееподзолистые, подзолистые и дерново-подзолистые (целинные и используемые в земледелии — освоенные и окультуренные).

Глееподзолистые и подзолистые почвы занимают примерно 140 млн. га; основные их площади расположены в северной и средней частях таежно-лесной зоны. Эти почвы образуются под воздействием подзолообразовательного процесса. В наиболее чистом виде этот процесс протекает под пологом сомкнутого хвойного леса с моховым покровом и временным избыточным увлажнением.

**Генезис подзолистых почв**.

В наиболее чистом виде подзолистый процесс протекает под пологом хвойного таежного леса с бедной травянистой растительностью или без нее. Отмирающие части древесной и мохово-лишайниковой таежной растительности накапливаются преимущественно на поверхности почвы в виде лесной подстилки. Эти остатки содержат мало кальция, азота и много трудноразлагаемых соединений. Низкое содержание питательных веществ и оснований в подстилке, а также преобладание грибной микрофлоры способствуют интенсивному образованию кислот, среди которых наиболее распространены фульвокислоты и низкомолекулярные органические кислоты (муравьиная, уксусная, лимонная и др.). Кислые продукты подстилки частично нейтрализуются основаниями, освобождающимися при ее минерализации, большая же их часть попадает с водой в почву, взаимодействуя с ее минеральными соединениями. К кислым продуктам лесной подстилки добавляются органические кислоты, образующиеся в процессе жизнедеятельности микроорганизмов непосредственно в самой почве, а также выделяемые корнями растений.

В результате промывного водного режима и действия кислых соединений из верхних горизонтов лесной почвы удаляются в первую очередь все легкорастворимые вещества. При дальнейшем воздействии кислот разрушаются и более устойчивые соединения первичных и вторичных минералов. Прежде всего разру-

шаются илистые минеральные частицы, поэтому при подзолообразовании верхний горизонт постепенно обедняется илом.

Продукты разрушения минералов переходят в раствор и в форме минеральных или органоминеральных соединений перемещаются из верхних горизонтов в нижние.

В результате подзолистого процесса под лесной подстилкой обособляется подзолистый горизонт. Вследствие выноса железа и марганца и накопления остаточного кремнезема цвет горизонта из красно-бурого или желто-бурого становится светло-серым или белесым, напоминающим золу; горизонт обеднен элементами питания, полуторными окислами и илистыми частицами; имеет кислую. Часть веществ закрепляется ниже подзолистого гсризонта. Образуется горизонт вмывания, или иллювиальный горизонт, обогащенный илистыми частицами, полуторными окислами железа и алюминия и рядом других соединений. Другая часть вымываемых веществ с нисходящим током воды достигает почвенно-грунтовых вод и, перемещаясь вместе с ними, выходит за пределы почвенного профиля. Иллювиальный горизонт приобретает заметную уплотненность.

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. Высвобождающиеся при его разложении элементы зольного и азотного питания вновь используются лесной растительностью и вовлекаются в биологический круговорот.

Наряду с оподзоливанием в подзолистых почвах происходит **лессиваж - это** диспергирование глинистых частиц и перемещение их с нисходящим током под защитой подвижных органических веществ и вынос железа. Слабокислая и близкая к нейтральной реакция почвенного раствора и подвижные органические вещества усиливают развитие лессиважа.

Подзолистые почвы с поверхности имеют подстилку (Ао) мощностью от 2—5 до 10 см. Ниже расположен слаборазвитый гумусовый горизонт, представленный слоем грубого гумуса в 1—Зсм ($A_0A_1$). Под слаборазвитым гумусовым горизонтом залегает подзолистый ($A_2$), затем иллювиальный (В), который подстилается породой (С) (рис. 35). Между подзолистым и иллювиальным горизонтами выделяется переходный горизонт АоВ, а между иллювиальным и породой — ВС.

Почвообразовательный процесс, протекающий под воздействием травянистой растительности, приводящий к формированию почв с хорошо развитым гумусовым горизонтом, называется дерновым процессом. Наиболее существенная его особенность — накопление гумуса, питательных веществ и создание водопрочной структуры в верхнем горизонте почвы. Особенно благоприятно дерновый процесс развивается под луговой и лугово-степной травянистой растительностью. С развитием дернового процесса почвообразования связано формирование дерновых почв таежно-лесной зоны. В верхних горизонтах почвы вместе с аккумуляции гумуса увеличивается содержание питательных веществ, улучшаются физико-химические и физические свойства, усиливаются микробиологические процессы и в конечном итоге формируются плодородные почвы. Интенсив-

ность проявления дернового процесса определяется биологической продуктивностью травянистых растений.

Дерновые почвы имеют следующие общие признаки и свойства: хорошо выраженный гумусовый горизонт комковато-зернистой структуры, отсутствие или слабую выраженность оподзоленности, высокое содержание гумуса (от 3—4 до 12—15 % и более), высокую емкость поглощения, слабокислую, нейтральную или слабощелочную реакцию, повышенный валовой запас азота и зольных элементов питания растений.

Различают три типа дерновых почв: дерново-карбонатных (рендзины), дерновых литогенных и дерново-глеевых. Первые два типа развиваются в автморфных условиях, третий — в полугидроморфных. Дерновые почвы разделяются на виды по содержанию гумуса и мощности гумусового горизонта: перегнойные – больше 12%, многогумусные - 5-12%, среднегумусные – 3-5%, малогумусные – меньше 3%, маломощные – 15 см, среднемощные – больше 15 см.

Дерново-карбонатные почвы развиваются на породах, содержащих карбонаты кальция. Дерновые литогенные почвы формируются на породах, содержащих много силикатных форм кальция и магния, на элювии пород, богатых железом. Дерново-глеевые почвы развиваются при участии сильноминерализованных, богатых кальцием грунтовых вод.

## ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

Дерново-подзолистые почвы распространены преимущественно в южных районах европейской и азиатской части таежно-лесной зоны, образуя подзону дерново-подзолистых почв. Площадь дерново-подзолистых почв 185 млн. га. с поверхности они имеют дернину Ад (лесная подстилка Ао) мощностью более 5 см, иногда достигающий 15-20 см. Этот горизонт имеет светло-серый и реже темно-серый цвет. Ниже дернового горизонта идет подзолистый горизонт $A_2$, сменяемый переходным горизонтом- $A_2B$ и иллювиальным В. Последний постепенно переходит в породу (С). В пахотных дерново-подзолистых почвах под пахотным горизонтом Ап лежит подзолистый $A_2$, или переходный $A_2B$, или непосредственно иллювиальный горизонт В.

Дерново-подзолистые почвы образуются под травянистыми или мохово-травянистыми лесами. Развивающаяся под их пологом травянистая растительность приводит к формированию в профиле подзолистой почвы дернового горизонта. В результате совместного проявления подзолистого и дернового процессов и формируются дерново-подзолистые почвы. Таким образом, дерново-подзолистые почвы могут образовываться в результате как попеременного, так и совместного воздействия подзолистого и дернового процессов.

Дерново-подзолистые почвы подразделяются на подтипы, характеристика которых представлена ниже с учетом их фациальных особенностей.

**Дерново-подзолистые умеренно теплые** кратковременно промерзающие почвы выделяются часто под названием дерново-палево-подзолистые в связи с характерной палевой окраской горизонта $A_2$. Они приурочены к хорошо дренированным участкам, имеют мощный профиль (200—250 см), развиваются в условиях промывного водного режима с умеренно сухим летним периодом.

**Дерново-подзолистые умеренно промерзающие** почвы широко распространены на территории европейской части южной тайги. Их профиль достигает 150—200 см. Имеют сильнокислую или кислую реакцию по всему профилю. Для них характерно наличие сухого летнего периода на фоне промывного водного режима.

**Дерново-подзолистые умеренно холодные длительно промерзающие почвы** преимущественно распространены в южной части таежной зоны Сибири. Мощность профиля достигает 100—150 см. Наличие более темного второго гумусового горизонта свидетельствует о принадлежности таких почв ранее к луговым, лугово-степным или черноземовид-ным. Изменение климата и смена травянистой растительности древесной вызвало оподзоливание верхней части гумусового профиля.

## БОЛОТНО-ПОДЗОЛИСТЫЕ ПОЧВЫ

**Почвы болотно-подзолистого типа** формируются в результате подзолистого и болотного процессов почвообразования, что осуществляется при временном избыточном увлажнении поверхностными или мягкими грунтовыми водами. Встречаются они преимущественно в подзонах глееподзолистых и подзолистых почв. В подзоне дерново-подзолистых почв такие почвы приурочены к пониженным элементам рельефа. Площадь их около 88 млн га.Рассматриваемые почвы относятся к полугидроморфным, имеют кислую реакцию (рН З-4). Подзолистый горизонт их обогащен кремнеземом и обеднен полутораокисями, а в глеевых горизонтах накапливаются подвижные формы железа.

В болотно-подзолистых почвах выделяют следующие основные подтипы:

1.Торфянисто-подзолистые поверхностно-глеевые (Ао - 10—30 см, оглеение сильное по всему профилю).

2. Торфянисто-подзолистые грунтово-глеевые (Ао 10-30 см, оглеение сильное, нижняя часть профиля переувлажнена, часто водоносна).

3. Перегнойно-подзолистые поверхностно-глеевые. Мощность перегнойного горизонта Ао 10—20 см, содержит гумуса 20—30 %. Реакция почвы в верхней части профиля
кислая (рН около 4), а нижней—близкая к нейтрале ной (рН 6—7

4. Дерново (перегнойно) подзолистые грунтово-глеевые. Развиваются на песчаных и супесчаных породах в подзоне дерново-подзолистых почв. Мощность дернового горизонта 10-20 см, иллювиально-гумусовый горизонт с содержанием гумуса от 2 до 10%.

## МЕРЗЛОТНО-ТАЕЖНЫЕ ПОЧВЫ

Мерзлотно-таежные почв распространены к востоку от Енисея в Восточно-Сибирской мерзлотно-таежной области. Они формируются под светлохвойными (лиственничными! лесами северной и средней тайги. Почвообразовательный процесс развивается при наличии многолетней мерзлоты. Общая площадь мерзлотно-таежных почв около 200 млн. га.

Низкие температуры почвенного профиля в вегетационный период затрудняют поглощение питательных веществ растениями, замедляют их рост и развитие, тормозит разложение растительных остатков. Все это ослабляет биологический круговорот веществ. Холодный экран многолетней мерзлоты в основании профиля вызывает движение влаги и вниз к мерзлому слою. В связи с этим в

профиле почвы возможно два центра аккумуляции веществ: верхний горизонт и нижний надмерзлотный.

Различают две группы — мерзлотно-таежные глеевые (криоглееземы) и мерзлотно-таежные неглеевые (криоземы). Наибольшее распространение имеют мерзлотно-таежные
глеевые почвы.

**Мерзлотно-таежные глеевые почвы** с поверхности имеют маломощную лесную подстилку, а ниже ее — оглееный серо-сизый горизонт, который постепенно почти без изменения окраски переходит в мерзлотный горизонт. Почвы полугидроморфные, не оподзолены или слабо оподзолены, кислые (на карбонатных породах — слабощелочные), оттаивают летом на глубину 50—100 см.

*Ход работы.*

Изучая определенный тип почв, необходимо вначале детально ознакомиться с характеристикой факторов почвообразования, географическим распространением, генетическими свойствами данных почв по соответствующему разделу учебника. Затем по коробочным образцам почв и монолитам определить морфологические признаки почв, общая характеристика которых приведена в первом разделе учебника. На основании морфологического анализа, а также по результатам физического, химического, физико-химического анализов почв составить морфологическое описание профилей, установить полное классификационное наименование почвы. Затем в рабочей тетради описать те практические мероприятия, которые необходимы для повышения почвенного плодородия (углубление пахотного горизонта, известкование, применение удобрений).

Каждый учащийся в период лабораторно-практических занятий должен приобрести навыки в определении производственно важных свойств почв, уровня их плодородия.

Делается цветная зарисовка почвенных профилей (рис. 1).

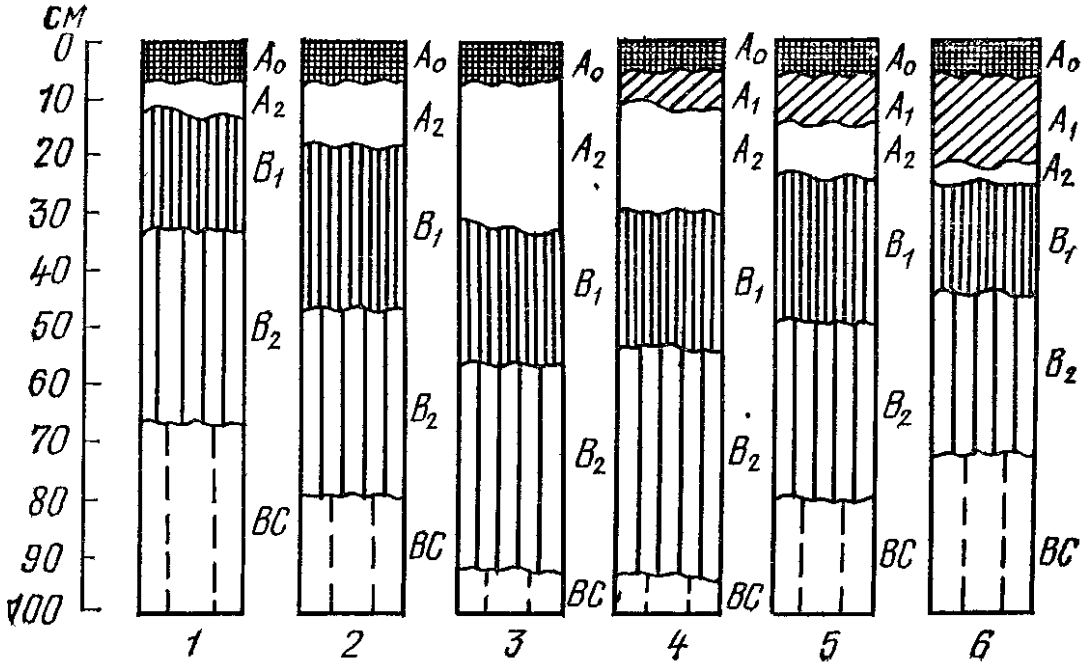


Рис. 1. Морфологическое строение профиля почв таежно-лесной зоны:

1 — подзол маломощный; 2 — подзол среднемощный; 3 — подзол мощный; 4 — дерново-сильноподзолистая почва; 5 — дерново-среднеподзолистая почва; 6 — дерново-слабоподзолистая почва.

*Контрольные вопросы*

1. Что означает слово «тундра»?
2. Каковы природные условия почвообразования в тундре?
3. Какие почвы встречаются в тундре?
4. Как используются тундровые почвы?
5. Каковы природные условия почвообразования в таежно-лесной зоне?
6. Чем характеризуется подзолистый процесс?
7. Что такое «лессивирование»?
8. Что характерно для подзолистых почв?
9. Как используются подзолистые почвы?
10. Чем характеризуется дерновый процесс почвообразования?
11. Какие характерные признаки и свойства имеют дерновые почвы?
12. Как используются дерново-подзолистые почвы?

## Лабораторная работа № 21
## 4 часа
## ПОЧВЕННЫЙ КЛЮЧ

*Цель работы*

- знакомство с понятием «Почвенный ключ» и основными правилами размещение почвенных ключей на обследуемой территории.

*Задачи работы*

- приобретение навыков размещения почвенных ключей на обследуемой территории с учетом: ландшафтно-геохимических условий и типичных биоцинозов; особенностей почвенного покрова на целинных и культурных угодьях; экспозиции склонов и т.п.
- приобретение навыков размещения почвенных ключей при выявлении и картировании антропогенного и техногенного загрязнения почв.

*Обеспечивающие средства*

Учебные топографические карты (и их ксерокопий) масштаба 1:10000., карандаш, линейка.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы*

Интенсификация сельскохозяйственного производства и рациональное использование земельных ресурсов требуют точного количественного учета и качественной оценки земельных фондов страны. Эта оценка должна быть дана как на государственном уровне, так и на уровне отдельно взятого хозяйства. Наиболее информативным и целенаправленным методом по характеристике почвенного покрова, состава слагающих его компонентов, свойств и перспектив использования является почвенная съемка.

*Картографирование почв* – это составление почвенных карт или картосхем отдельных их свойств. При картографировании получают и систематизируют основной объем информации о почвенном покрове и почвах как главном средстве и объекте сельскохозяйственного производства.

Для различных целей требуется составление почвенных карт, значительно отличающихся друг от друга по содержанию. Информативность почвенной карты в немалой степени зависит от масштаба выявления почвенной неоднородности, от сложности почвенного покрова и целевого назначения карты.

В практике почвенно-картографических исследований существует несколько видов почвенной съемки, из которых каждая имеет свое целевое назначение и свои методы исследования. Почвенные карты составляются в следующих масштабах:

детальные — от 1:200 до 1:2000;
крупномасштабные — от 1:5000 до 1:50000;
среднемасштабные — от 1:100 000 до 1:200 000;
мелкомасштабные — от 1:300 000 до 1:1 000 000.
Карты мельче 1:1 000 000 относятся к обзорным почвенным картам.

Карты мелкого масштаба составляются на территории крупных административных подразделений — автономных республик, областей, краев. Ввиду их мелкого масштаба отображение на них получают главным образов географические закономерности залегания почвенного покрова и таксономические единицы на уровне типов, подтипов и реже — родов.

Карты среднего масштаба составляются в основном на территории административных районов, небольших по площади автономных республик и областей, а также при первичном обследовании территории. Степень информативности карты повышается. Практически на ней получают отображение все таксономические единицы, но схематично. Карты среднего масштаба можно использовать как основу для почвенного районирования.

Карты крупного масштаба наиболее употребительны в практике почвенно-картографических исследований и составляются на площадь землепользований отдельных хозяйств. Такие карты содержат наибольшую информацию о характере почвенного покрова.

Их содержание позволяет раскрыть вопросы генезиса почв, их сопряженность в ландшафте, топографические закономерности, выявить и научно обосновать структуру почвенного покрова. Крупномасштабная карта лежит в основе разработки всех мероприятий практического характера.

Детальные почвенные карты составляются выборочно на ограниченные территории и не являются массовым видом почвенной съемки. Составление подобных карт производится при наличии высокой комплексности почвенного покрова на выборочных участках, а также при характеристике почвенного покрова различных опытных сельскохозяйственных учреждений (опытные станции, государственные сортоиспытательные участки, плодо- и лесопитомники и др.).

*Подготовка картографического материала.* Для успешного проведения крупномасштабных исследований необходимо обеспечить каждого участника отряда качественным планово-картографическим материалом — топографической картой в масштабе, соответствующем масштабу почвенной съемки или даже крупнее, фотопланом с нанесенным горизонталями рельефом или серией аэрофотоснимков (черно-белых или цветных) и, наконец, современным землеустроительным планом на территорию обследуемого хозяйства. Для общей ориентировки необходимо иметь мелкомасштабную карту области (1:500 000) или среднемасштабную (1:100 000) административного района.

*Подборка и изучение литературы.* В подготовительный период требуется ознакомление с литературой по характеристике природных условий края, а именно по вопросам геологического строения местности, и особенно с характером четвертичных отложений. Делаются выкопировки с геологических карт, зарисовки стратиграфических колодок и т. д. Согласна геоморфологическому районированию территории России, определяется принадлежность района обследования к геоморфологической области, району. Изучается характер рельефа, гидрогеологических условий. По агроклиматическому справочнику выписываются основные показатели климата. Используются источники о характере растительности.

Особое внимание уделяется подборке и изучению литературы по характеристике почвенного покрова, его структуре и составу компонентов. По возможно-

сти, производится ознакомление с фондовыми рукописными материалами (отчетами, картами, картограммами), хранящимися в различных научных и научно-производственных учреждениях. Если на район исследования имеются ранее составленные почвенные карты того или иного масштаба, с ними необходимо ознакомиться и по возможности сделать копии.

По соответствующим справочникам ознакомиться с экономикой района. Более подробные сведения о специализации сельскохозяйственного производства в районе исследования, агротехнике, различных мероприятиях по окультуриванию почв и повышению их плодородия необходимо получить на месте во время проведения почвенной съемки.

*Почвенный ключ* – это ключевой участок почвы расположенный на картографируемой территории, при выборе местоположения которого учитываются наиболее характерные факторы почвообразовательного процесса на исследуемых территориях.

Почвенные ключи являются не только объектом картографии. Часто, особенно при почвенно-мелиоративных обследованиях, они являются объектами для проведения различных полустационарных наблюдений за динамикой почвообразовательных процессов и за изменением химических и физических свойств почв и водно-солевого баланса на орошаемых землях.

В зависимости от сложности почвенного покрова и выраженности форм микро- и мезорельефа почвенные ключи представляется целесообразным разделить на три типа: микро-, мезо- и макроключи.

Работа на микроключах является наиболее сложной и трудоемкой. Съемку на микроключах целесообразно проводить только на территориях с высокой комплексностью почвенного покрова и сильно развитым микрорельефом.

Размеры площадок, выбираемых под ключевые участки, колеблются от 500—600 м2 до 1—2 га. Масштабы съемки не менее 1:200—1:500. Для выполнения подобного вида работ требуется очень детальная картографическая основа, на которой должны быть отражены все мельчайшие элементы нано- и микрорельефа. Этому требованию в полной мере не могут отвечать даже самые крупномасштабные аэрофотоснимки, так как размеры микрозападин иногда оказываются внемасштабными. На обычных же топографических картах не только микрорельеф, но часто и более мелкие формы мезорельефа (±2 м) не получают отражения.

К исследованию на подобных ключах выбираются наиболее типичные для данной местности участки. При помощи мензулы, теодолита или угломера Эккера отбиваются границы участка будущего ключа. Границы участка отмечаются в натуре вешками, пикетными колышками, натягиванием шнура и т. д. На пробной площадке при помощи инструмента прокладываются параллельные ходы, которые фиксируются в натуре пикетами, расположенными на одинаковом расстоянии один от другого. Расстояние между ходами устанавливается на месте в зависимости от сложности почвенного комплекса. Иногда оно может быть равным 4—5—6 м, а в некоторых случаях — 1—2 м. Таким образом, весь участок разбивается на определенное число равных квадратов. Весь план участка с размеченными ходами и пикетами наносится 1 на миллиметровую бумагу в соответствии с выбранным масштабом исследования (1:200—1:500). Если имеется топографическая карта

данного масштаба, но без нанесения необходимой ситуации (контуры микрорельефа), то план участка «ключа» с размеченными квадратами может быть нанесен на эту плановую основу.

Каждый элемент микрорельефа и пространства микроплакоров между западинами должны быть охарактеризованы каким-либо видом почвенных разрезов (полный, полуяма, прикопка).

Учитывая большую пространственную изменчивость условий почвообразования и почвенного покрова, результат исследований на «микроключах» надо относить только на территории с аналогичной структурой почвенного покрова и почвенных комплексов.

Съемка на мезоключах проводится в масштабе от 1:1 000 до 1:5 000. Размеры ключа составляют площадь от нескольких десятков гектаров до 1 —2 км$^2$. Для данных целей наиболее употребителен масштаб 1:2 000.

Детальная почвенная съемка в масштабе 1:5 000 может служить дополнением к средне- и мелкомасштабному картированию. Основная задача почвенной съемки на мезоключах — выявление топографической приуроченности отдельных компонентов почвенного покрова к смене элементов мезорельефа и раскрытие закономерностей формирования почвенного покрова. Содержание почвенной карты мезоключа должно отражать все таксономические уровни почв. В связи с уменьшением масштаба съемки по сравнению со съемкой на микроключах размеры элементарных почвенных ареалов на карте мезоключа становятся крупнее. При простом строении рельефа (I и II категории сложности местности) и однородном почвенном покрове почвенная карта ключа будет отражать мезокомбинации почв, представленных различными сочетаниями и вариациями. При более сложном характере почвенного покрова и развитом микрорельефе (III, IV и V категории местности) в почвенном покрове наряду с мезокомбинациями будут сочетаться различные микрокомплексы.

Конфигурация площади ключа в зависимости от выраженности мезорельефа может иметь форму квадрата или же прямоугольника. При значительном расчленении территории овражно-балочной и речной сетью участок ключа целесообразно расположить в виде прямоугольной полосы шириной в 150—200 м по линии почвенно-геоморфологического профиля, начиная с водораздела и кончая подножием склона или даже руслом реки. Особое значение это имеет при обследовании территорий, в значительной степени подверженных процессам водной эрозии, когда длина, крутизна и экспозиция склона, а также расчлененность овражно-балочной сетью играют существенную роль в пестроте почвенного покрова.

Каждый элемент мезо- и микрорельефа должен получить детальную характеристику почвенного покрова. Число разрезов в значительной степени зависит от конкретной обстановки.

Детальные почвенные карты мезоключей — прекрасный дополнительный материал к картам более мелкого масштаба. Они имеют и большое практическое значение, так как должны лежать в основе разработки системы мероприятии по улучшению свойств почв и повышению продуктивности почв и культурных растений.

*Макроключи.* Съемка на макроключах ведется в масштабе не мельче 1:10 000. Размеры «ключа» сильно колеблются в зависимости от характера рельефа и почвенного покрова — от сотен до тысяч гектаров и более.

Необходимость в проведении подобной съемки возникает при рекогносцировочном и мелкомасштабном обследовании больших территорий с довольно сложной структурой почвенного покрова. Ключом в данном случае может явиться территория целого хозяйства.

*Размещение почвенных ключей* на обследуемой территории проводится таким образом, чтобы они включали всевозможные ландшафтно-геохимические условия и учитывали:

- разнообразие генезиса почв;
- состав и сочетание почв;
- существование типичных биоценозов;
- наличие целинных и распаханных угодий;
- особенности антропогенного и техногенного загрязнения отдельных участков (зон) исследуемой территории.

*Работа выполняется индивидуально:*
каждый студент самостоятельно проводит размещение почвенных ключей с целью почвенного картирования и выявления техногенного и антропогенного загрязнения почвенного покрова.

*Порядок выполнения работы.*

1. Каждому студенту выдается топографических карт масштаба 1:10000, или 1:25000. Исходя из масштаба карты, студент проводит расчет стороны квадрата, площадь которого соответствует размерам почвенного ключа.
2. Проводится детальный анализ топографической карты выданной студенту с целью выявления особенностей распределения на исследуемой территории рельефа, типичных биоценозов, целинных и культурных угодий, речной сети, обводненности.
3. На основе информации, полученной при выполнении пункта 2, а также с учетом экспозиции склонов и особенностей рельефа, на ксерокопии карты проводится размещение почвенных ключей.
4. При выполнении пункта 3 размещение почвенных ключей проводится с целью картографирования исследуемой территории.
5. Проводится детальный анализ топографической карты выданной студенту с целью выявления участков наиболее подверженных антропогенному и техногенному воздействию. При этом обращается внимание на участки вблизи населенных пунктов, автомобильных и железных дорог, промышленных предприятий и других источников загрязнений.
6. На основе информации, полученной при выполнении пункта 5, на ксерокопии карты проводится размещение почвенных ключей с целью определения техногенного и антропогенного загрязнения исследуемой территории.

*Правила выполнения и содержание отчета по лабораторным работам*

1. Отчетным материалом по лабораторной работе выступает ксерокопия карты с нанесенными на ней почвенными ключами
2. Размещение почвенных ключей должно обеспечивать возможность почвенного картографирования исследуемой территории и получения информации об антропогенном и техногенном загрязнении почв.
3. Размещение почвенных ключей должно быть рациональным. Рациональное размещение предполагает минимальное количество почвенных ключей и минимизацию затрат при проведении полевых исследований.

*Контрольные вопросы*

1. Что такое почвенный ключ?
2. Размеры почвенного ключа?
3. Какие задачи решают с использованием почвенных ключей?
4. Какие основные особенности размещения почвенных ключей при картировании территорий?
7. Какие основные особенности размещения почвенных ключей при выявлении антропогенных и техногенных загрязнений?
8. Какое влияние на размещение почвенных ключей оказывает экспозиция склонов?
9. Обоснование рациональности размещения почвенных ключей при картографировании почв.
10. Обоснование рациональности размещения почвенных ключей при выявлении антропогенных и техногенных загрязнений.

## Лабораторная работа №22
## 4 часа
## ОТБОР ПРОБ ПОЧВ ДЛЯ ЛАБОРАТОРНЫХ АНАЛИЗОВ

*Цель работы*
- ознакомление с основными правилами отбора проб для химического анализа почв.

*Задачи работы*
- приобретение навыков, необходимых для проведения отбора проб, подготовки проб заданного объема для проведения лабораторных работ.

*Обеспечивающие средства*
бумагу (полиэтилен), ступку, пестик, стеклянную палочку и топографический план( карта) масштаба 1:10000 (1:5000 или 1:2000), втык-лопата, нож, приборы навигации (смартфон), компас.

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы*

*Для разреза выбирают площадку.* В старых руководствах указывалось, что площадка должна быть типичной, т.е. обладать выровненным рельефом, находится в преобладающей растительной ассоциации. В настоящее время, прежде всего, ориентируются на цель исследования. В зависимости от этого и выбирают место для заложения разреза. Если масштаб исследования достаточно мелкий, то действительно выбирают наиболее ярко выраженную преобладающую зональную растительную ассоциацию. Если же исследователя интересует почвенный покров всего биогеоценоза (БГЦ), то закладывают серию разрезов в основных парцеллах (структурных единиц БГЦ). В лесных экосистемах необходимо охватить исследованием все почвенное пространство от ствола дерева до границы кроны, поскольку для верхних горизонтов лесных почв характерно заметная анизотропность (изменение свойств почв в радиальном направлении от ствола, включая и морфологию почв).

Многие исследователи рекомендуют закладывать разрезы так, чтобы передняя стенка разреза освещалась солнцем. Другие, напротив, считают, что передняя стенка должна находиться в тени. Следует признать, что эти рекомендации потеряли свою актуальность: в настоящее время почву изучают на всех трех стенках и хотя бы одна из них освещается солнцем, а другая находится в тени, что позволяет оценить все цветовые и морфологические нюансы строения почв. В лесу эти рекомендации вообще не имеют смысла, так как все стенки находятся в тени, как и сам разрез.

Н.А. Качинский разработал методику полевых исследований почв, в частности, физических свойств почв по горизонтам. По предложению С.А. Владыченского для этого были приняты следующие параметры разреза. Ширина разреза 1 м. Каждая ступенька - превращается в площадку размером в 1 кв.м. Количество ступенек диктуется числом изучаемых слоев. Изучение физических свойств почв начинают, обычно, с нижнего горизонта. Описание разреза проводится по приня-

тым в почвенных исследованиях методикам. Выделяют почвенные горизонты и подгоризонты, определяют глубину их залегания, колебание границ горизонтов. С.А. Владыченский рекомендовал округлять глубины горизонтов для расчета в последующем таких физических параметров, как запасы воды и других веществ, кривой изменения свойств по горизонтам. В настоящее время рекомендуется определять физические свойства в полевых условиях на площадках до глубины 50 см через каждые 10 см (с поверхности, с 10 см, с 20 см и т.д. до 50 см), а глубже - в середине генетических горизонтов. В дальнейшем, при обработке и представлении материала несколько глубин могут принадлежать одному горизонту (например, $A_{пах}$ - 0-10 и 10-20 см), при этом свойства для этих глубин указываются отдельно.

В.О. Таргульян, Е.А. Дмитриев разработали систему исследования крупных разрезов, площадью 16-20 м. Эти разрезы позволяют увидеть характер изменения границ горизонтов, состав морфонов в одном горизонте, оценить роль трещин в почве, особенности распределения новообразований, роль геологической породы в формировании почвы. Эти исследования позволяет заметно увеличить повторность в определении физических свойств почв по горизонтам. Этот метод заложения разрезов достаточно дорог. Он стал более доступным в результате преобразования разрезов в траншеи. Траншеи позволяют оценить влияние рельефа, границы между элементарными почвенными ареалами, связь растений с почвами и пр. Именно в этих разрезах вскрывается роль физических свойств в генезисе почв. Длина траншеи определяется неоднородностью строения почвенного покрова.

Наиболее распространенным для изучения физических свойств в полевых условиях является метод «ключей»: по имеющейся почвенной карте выделяют основные генетические почвенные разности и их варианты - по гранулометрическому составу, солонцеватости, эродированности. На типичном для данного района рельефе и почве выявляют опытную площадку - «ключ» размером 10х10 м, 50х50 м или 100х100 м, закладывают на ней один или два глубоких разреза до 2 м и глубже. Таким основным глубоким разрезом должна быть охарактеризована как можно большая площадь, поскольку большой объем работы при проведении исследования физических свойств почвы (затрата времени, использование большой площади) ограничивает, особенно в производственных условиях, возможность проводить работу на многих точках.

Основной разрез, тщательно привязывается к постоянной точке или нескольким точкам на местности (к поселку, постоянной дороге, линии электропередач и т.п.) с указанием направления и расстояния от них! Место положения разреза записывается в полевом дневнике, и разрез наносят на карту или план под соответствующим номером. В настоящее время точные координаты разреза можно получить с помощью прибора GPS по спутниковой связи.

На сопутствующих почвенных разностях делают неглубокие (50-100 см) разрезы, на которых определяют некоторые физические свойства (плотность почвы, водопроницаемость). Для агротехнических характеристик достаточно изучение физических свойств пахотного и подпахотного горизонтов.

Исследования физических свойств почвы проводят по генетическим горизонтам до глубины около 2 м (гор. ВС или С), либо до залегания грунтовой воды

или верховодки. При глубоком их залегании следует охарактеризовать материнскую и подстилающую породы, так как от них почва унаследовала ряд свойств, которые нужно учитывать при решении мелиоративных задач. Например, в засушливых районах, где исследования ведутся с целью орошения, глубина почвенного разреза должна быть 4-5 м.

Слои, залегающие глубже, если того требуют исследования, характеризуются образцами, взятыми буром из скважины, которую можно пробурить в дно разреза. Здесь важно проследить свойства глубинных горизонтов - гранулометрический состав, водоподъемную способность (по глубине залегания капиллярной каймы). При исследовании с агротехнической целью особо важно изучить свойства верхних горизонтов (пахотного и подпахотного).

Разрез ориентируется по компасу с юга на север. Передняя стенка должна быть шириной 1 м.

Длина разреза определяется глубиной его с таким расчетом, чтобы площадь дна была около 1 м$^2$. Площадь вокруг головной части разреза не менее одного метра от передней стенки и боковых стенок (на длину 1 м) охраняется от затаптывания, засыпок глубинными горизонтами при выбросе их из разреза. Необходимо помнить, что использованная площадь (особенно на сельскохозяйственном угодье) должна быть целесообразно минимальной. К разрезу и к отдельным рабочим площадкам прокладываются одна тропинка, которой пользуются все работающие во время работы. Полевое оборудование сосредотачивают около разреза в одном месте - на клеенке или брезенте.

В намеченном контуре разреза сначала снимают пахотный слой или дерн и буртуют с одной стороны разреза. В ту же сторону складывают и гумусовые горизонты, залегающие под дерном или пахотным слоем. Нижние иллювиальные горизонты выбрасывают на другую сторону разреза и в конец его.

В задней части разреза оставляют ступени для спуска. В исключительных случаях, например, когда исследования должны быть проведены на ограниченной площади, ступени могут быть использованы как «рабочие» площадки. Но при этом необходимо соблюдать следующее: площадь каждой ступени должна быть не менее одного метра; они не должны затаптываться. Поэтому их нужно оставлять на 3-5 см выше намеченной глубины «рабочей» площадки и спуск в разрез разрешается по одной стороне.

При копке разреза проследить особенности почвенных горизонтов, в дневнике нужно отметить трудно или легко входит в почву лопата, что характеризует твердость и плотность; по налипанию почвы на лопату можно судить о липкости. По выбросам на поверхность проследить изменение гранулометрического состава, структуры; наличие, характер и глубину залегания новообразований, включений. Отметить глубину залегания верховодки и грунтовых вод.

Когда разрез выкопан на заданную глубину, надо, прежде всего, взять образцы со дна или нижней части стенки разреза. Затем зачистить и выровнять поверхность дна и определить намечаемый комплекс физических свойств. После этого пробурить в дно разреза скважину. Вынимая образцы из скважины, описать их, взять пробы в алюминиевые бюксы для определения влажности. Остаток бурового образца завернуть в бумагу с соответствующей этикеткой и присоединить

к образцам, взятым из стенки почвенного разреза. Закончив все определения на дне, зачистить и выровнять по вертикали переднюю и боковые стенки разреза, отпрепарировать их ножом и приступить к подробному описанию почвы по профилю.

*Усредненная проба* формируется при квартовании проб отобранных пробы с площади «Почвенного ключа». Объем усредненной пробы находится в пределах 0,5 – 1,0 дм³.

***Приведение пробы в воздушно-сухое состояние и подготовка пробы к лабораторным анализам*** проводится в лабораторных условиях в «рассыпанном» состоянии и периодическом контроле влажности почвы.

*Порядок выполнения работы*

Работа выполняется побригадно.

1. Ориентирование почвенного ключа на местности
2. Создание разреза
3. Выравнивание стенок
4. Описание профиля
5. Взятие проб почвы и растительности
6. Определяют, находится ли образцы проб в воздушно-сухом состоянии.
7. Проведение квартования проб почв
8. Измельчение и просеивание проб почв.
9. Подготовка среднего образа почвы объемом 0,5 – 1,0 дм³.

**Контрольные вопросы.**

1. В какое время года производят отбор проб?
2. Что такое средний образец почвы?
3. Что предшествует взятию проб почвы?
4. Каким образом изучают почвенный покров на ключевом участке?
5. По какой схеме производят отбор проб на ключевом участке?
6. Какой объем проб, отбираемых в различных частях ключевого участка во время полевых работ?
7. Чему равен объем средней пробы, отобранной на ключевом участке?
8. В каком виде тары перевозят среднюю пробу в лабораторию?
9. Каким способом в лабораторных условиях переводится в воздушно-сухое состояние?
10. Как определить, что почва перешла в воздушно-сухое состояние в лабораторных условиях?
11. Какие размеры имеют ячейки сита, через которое просеивают почву при подготовке проб для производства анализов?

## Лабораторная работа №23
## 4 часа
## ПОЧВЕННЫЕ РАЗРЕЗЫ

*Цель работы*: ознакомление с исследованиями почв с помощью почвенных разрезов

*Задачи работы*: овладение навыками размещения почвенных разрезов на исследуемой территории.

*Обеспечивающие средства:* топографические карты и «Дневник для описания почвенного разреза».

*Теоретические сведения необходимые для выполнения работы.*

**Полевое исследование почв.** В полевых условиях изучают и определяют почвы, дают им названия по внешним, морфологическим признакам, которые отражают внутренние процессы, проходящие в почвах, их генезис и историю развития.

**Почвенные разрезы** закладывают для изучения и определения почв в природных условиях, установления границ между различными почвами, взятием образцов для анализов.

**Типы почвенного разреза.** Разрезы бывают трех типов:

- полные (основные разрезы);
- полуямы (контрольные);
- прикопки (поверхностные).

**Полные, или основные разрезы** вскрывают все почвенные горизонты и часть неизмененной, или малоизмененной материнской породы. Глубина заложения зависит от мощности почв и целей исследований, обычно находится в пределах 1,5 – 2.0 м.

**Выбор места заложения полных разрезов и их назначение.** Полные разрезы закладывают в наиболее типичных местах. Они служат для детального изучения морфолого-генетических признаков и отбора образцов по генетическим горизонтам для физико-химических, биологических и других анализов, определения окраски структуры и т.п.

**Полуямы, или контрольные разрезы** закладывают на глубину 0,75 – 1,25 м., обычно до материнской породы.

**Назначение полуям, или контрольных разрезов –** для дополнительного (контрольного) изучения основной части почвенного профиля – мощности почвенных горизонтов (часто гумусового), глубины залегания различных солей, степени выщелоченности, оподзоленности, солонцеватости и т.п.

**Прикопки, или мелкие, поверхностные разрезы** имеют глубину менее 0, 75 м и, как правило, служат для уточнения почвенных границ выявленных с помощью полных разрезов и полуям.

**Выбор места заложения почвенных разрезов.** Разрезы закладываются в наиболее типичных местах исследуемой территории, вдали от автомобильных и железных дорог, свалок, отстойников и т.п.

**Основные правила копки разреза.** Разрез закладывается в наиболее характерном, типичном месте обследуемой территории. На месте заложения копают яму с размерами 0,8×1,5×2,0 м, где 2,0 м – глубина. Три стенки этой ямы – вертикальные, а четвертая – со ступеньками. Стенка, которая используется для описания разреза, должна располагаться напротив солнца и быть гладко зачищенной. Почву из ямы выбрасывают на длинные боковые стороны, а не на сторону той стенки, описание которой производят.

**Исследования разреза** производится в следующей последовательности:

- в первую очередь определяют почвообразующую породу, ее гранулометрический состав, засоление, степень увлажнения и берут образец материнской породы для последующего изучения и анализов;
- «лицевая» стенка гладко зачищается, и правая половинка этой стенки препарируют ножом, стамеской, или маленькой лопаткой для лучшей визуализации морфолого-генетических признаков почв. Левая половинка стенки остается в гладко зачищенном состоянии для сравнения и контроля;
- приступают к изучению морфолого-генетических признаков почв и описанию почвенного разреза.

**Описание почвенного профиля.** После того как почвенный разрез готов к описанию проводят описание почвенных горизонтов, обращая особое внимание на характер перехода одного горизонта в другой, отбирают образцы почв (используя нож, или маленькую лопатку). Определение почв ведут снизу вверх, для того, чтобы осыпающаяся почва не мешала проводить необходимые наблюдения и замеры. Результаты описания почвенного разреза заносят в «Дневник для описания почвенного разреза».

**При описании почвенных разрезов:**

- определяют глубину и характер вскипания почвы при воздействии 10% соляной кислоты;
-определяют мощность каждого горизонта и подгоризонта и их морфолого – генетических признаков: гранулометрического состава, окраски, структуры, влажности, плотности, новообразований, включений, характер перехода одного горизонта в другой.

**Отбор проб на лабораторные анализы** отбор проб почвы ведут снизу вверх, для того, чтобы осыпающаяся почва не мешала проводить необходимые наблюдения и замеры**.**

*Выполнение лабораторной работы - побригадное.*

*Порядок выполнения работы.*

- студенты знакомятся с понятием «Почвенный разрез» и типами почвенных разрезов, основными правилами выбора мест их заложения и их назначение. Изучают основные правила копки разреза, его исследование, отбор проб на лабораторные анализы и описание почвенного профиля;
- на топографической карте масштаба 1: 10000, или 1: 50 00, на участках (предложенных преподавателем), намечают места заложения разрезов и определяют ориентацию этих разрезов на исследуемой территории.

*Правила выполнения и содержание отчета по лабораторным работам.*

1. В отчете приводится описание последовательности действий связанных с заложением почвенных разрезов, правилами их копки, исследованиями и описанием почвенного профиля.
2. Приводится обоснование выбранных мест заложения почвенных разрезов и их типов.

*Контрольные вопросы.*

1. Что изучают при полевых исследованиях почв?
2. С какой целью закладывают почвенные разрезы?
3. Основные типы почвенных разрезов.
4. С какой целью закладывают полные, или основные разрезы?
5. Какие факторы определяют глубину заложения основных разрезов?
6. Какие факторы определяют место заложения основных разрезов?
7. В каких пределах находится глубина полуям?
8. Какие задачи можно решать с помощью полуям?
9. Какие задачи можно решать с помощью прикопок?
10. В каких местах закладывают почвенные разрезы?

## Учебно-методическое обеспечение дисциплины (модуля)

### *Основная литература*

1. Алексеенко В.А. Химические элементы в городских почвах [Электронный ресурс]: монография/ Алексеенко В.А., Алексеенко А.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Логос, 2014.— 312 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/30673.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

2. Ващенко И.М. Основы почвоведения, земледелия и агрохимии [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ващенко И.М., Миронычев К.А., Коничев В.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Прометей, 2013.— 174 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/26943.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

3. Дегтярева Т.В. Почвоведение и инженерная геология: учебное пособие / Дегтярева Т.В.— С.: Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. 165— с. http://www.iprbookshop.ru/63125.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

**Дополнительная литература**

1. Хабаров А.В. Почвоведение: учебник для вузов/ А.В. Хабаров, А.А. Яскин, В.А. Хабаров. - М.: КолосС, 2007 .- 311с. : ил.

2. Вальков В.Ф. Почвоведение: учебник для вузов / В.Ф. Вальков, К.Ш. Казеев, С.И. Колесников. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва; Ростов на Дону : МарТ, 2006 . - 496 с. : ил.

3. Гогмачадзе Г.Д. Деградация почв. Причины, следствия, пути снижения и ликвидации [электронный ресурс]: монография/ Гогмачадзе Г.Д. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2011. - 272 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13068. - ЭБС «IPRbooks», по паролю

4. Гендугов В.М. Ветровая эрозия почвы и запыление воздуха / В.М. Гендугов, Г.П. Глазунов. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 240с. : ил.

5. Александровский А.Л. Эволюция почв и географическая среда / А.Л. Александровский, Е.И. Александровская; РАН Ин-т географии. - М.: Наука, 2005. - 223с. : ил.

6. Казеев К. Ш. Атлас почв юга России / К. Ш. Казеев, В. Ф. Вальков, С.И. Колесников. - Ростов н/Д: Эверест, 2010. - 128 с. : ил.

7. Артемьева, З. С. Органическое вещество и гранулометрическая система почвы / З. С. Артемьева; МСХА им. К. А. Тимирязева, РФФИ. - М.: ГЕОС, 2010. - 239 с. : ил.

8. Алексеенко В.А. Геоботанические исследования для решения ряда экологических задач и поисков месторождений полезных ископаемых [электронный ресурс]: учебное пособие/ Алексеенко В.А.— М.: Логос, 2011. - 244 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/9053. - ЭБС «IPRbooks», по паролю

9. Гогмачадзе Г.Д. Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации [электронный ресурс]: монография/ Гогмачадзе Г.Д. - М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2010. - 592 с.- Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13163. - ЭБС «IPRbooks», по паролю

10. Добровольский Г.В. География почв [Электронный ресурс]: учебник/ Добровольский Г.В., Урусевская И.С.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2006.— 460 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/13165.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

11. Воеводина Т.С. Мелиорация почв степной зоны [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов/ Воеводина Т.С., Русанов А.М., Васильченко А.В.— Электрон. текстовые данные.— Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 191 с.— Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/33641.— ЭБС «IPRbooks», по паролю

## *Периодические издания*

1. Почвоведение научно-технический журнал. - М.: Академиздатцентр «Наука» – ISSN 0032-180X.

2. Геоэкология. Инженерная геология, гидрогеология, геокриология: научно-технический журнал.- М.: Академиздатцентр «Наука». – ISSN 0869-7803.

**Программное обеспечение и Интернет-ресурсы**

1. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. - Режим доступа: https://rosreestr.ru, свободный.- Загл. с экрана.
2. Электронный читальный зал «БИБЛИОТЕХ»: учебники авторов ТулГУ по всем дисциплинам.- Режим доступа: https://tsutula.bibliotech.ru/, по паролю.- Загл. С экрана
3. ЭБС IPRBooks универсальная базовая коллекция изданий. - Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/, по паролю. - Загл. с экрана
4. Научная Электронная Библиотека eLibrary – библиотека электронной периодики. - Режим доступа: http://elibrary.ru/ , по паролю.- Загл. с экрана.
5. НЭБ КиберЛенинка научная электронная библиотека открытого доступа. - Режим доступа: http://cyberleninka.ru/ , свободный.- Загл. с экрана.
6. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: портал [Электронный ресурс].- Режим доступа : http: //window.edu.ru. - Загл. с экрана.
7. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы Rambler, Yandex, Google:
8. Единый государственный реестр почвенных ресурсов России (ЕГРПР) Версия 1.0 : портал [Электронный ресурс].- Режим доступа : http: //egrpr.esoil.ru. - Загл. с экрана.
9. Научно-популярная онлайн библиотека - http://www.krugosvet.ru