

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И
РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)

Т.В. Денисова

БИОГЕОГРАФИЯ

**Методические указания к лабораторным занятиям для студентов специальности
280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере»**

2012

Биогеография: Методические указания к лабораторным занятиям для студентов специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» / Сост. Денисова Т.В. – Томск, 2012. – 34 с.

Содержит описания лабораторных работ по дисциплине «Биогеография» для специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере», правила работы и требования по технике безопасности при проведении лабораторных работ, требования к оформлению отчетов. В описании работ содержатся необходимые теоретические аспекты и методика выполнения, контрольные вопросы. Ко всему циклу лабораторных работ прилагается общий список рекомендуемой литературы.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

В процессе выполнения лабораторной работы студент должен наблюдать за ходом эксперимента, отмечая все его особенности: изменение цвета, тепловые эффекты, выделение газа и т.д. Результаты наблюдений записывают в лабораторный журнал, придерживаясь определенной последовательности:

- название лабораторной работы, дата выполнения;
- цель работы;
- краткая теория вопроса;
- результаты эксперимента;
- выводы по результатам работы.

Отчет оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ ОС ТУСУР 6.1-97. Пример оформления титульного листа приводится в приложении А.

Для оформления Отчета также необходимо ознакомиться со следующими стандартами:

ГОСТ 7.12-93. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Сокращение слов на русском языке. Общие требования и правила.

ГОСТ 7.32-91. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.

ГОСТ 2.105-95. Общие требования к текстовым документам.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

Лабораторная работа №1

Определение предельно-допустимой концентрации соли NaCl в питьевой воде

(4 ч, самостоятельная работа - 2 ч)

Цель работы: изучение влияния концентрации поваренной соли на органолептические свойства воды.

Теоретические основы

Питьевая вода должна соответствовать ГОСТ 2874–82. Основные показатели качества питьевой воды можно разделить на следующие группы.

1. Органолептические показатели (запах, привкус, цветность, мутность).
2. Токсикологические показатели (концентрация алюминия, свинца, мышьяка, фенола, пестицидов).
3. Показатели, влияющие на органолептические свойства воды (рН, окисляемость перманганатная, жёсткость общая, концентрация нефтепродуктов, железа, марганца, нитратов, кальция, магния, сульфидов).
4. Химические вещества, образующиеся при обработке воды (хлор остаточный свободный, хлороформ, серебро).
5. Микробиологические показатели (термотолерантные колиформы или E.coli, ОМЧ).

К наиболее распространённым загрязнителям воды (содержание компонентов превышает нормативы) можно отнести

железо, марганец, сульфиды, фториды, соли кальция и магния, органические соединения, др.

Таблица 1.1. Гигиенические требования и контроль за качеством (ГОСТ 2874–82, 1988)

| № п/п | Показатель | Вода, поступающая к населению через систему центрального водоснабжения |
|-------|-----------------|--|
| 1 | Общая жесткость | <7 мг-экв/л |
| 2 | Запах, вкус | Менее 2 баллов при 20 °С |
| 3 | Цветность | Менее 20 |

| | | |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 4 | Сухой остаток | <1000 мг/л |
| 5 | Сульфаты | <500 мг/л |
| 6 | Хлориды | 350 мг/л |
| 7 | Фтор | <0,7...1,5 мг/л |
| 8 | Тяжелые металлы | Pb<0,05 мг/л Cu<1 мг/л Zn <5 мг/л |
| 9 | Железо общее | <1 мг/л |
| 10 | Бактерии | Менее 100 в мл |
| 11 | Коли-индекс | Менее 3 |
| 12 | Хлор-фенольные запахи | Отсутствие |
| 13 | Хлор в точке, ближайшей к станции | 0,3...0,5 мг/л |

Биологическая роль соли NaCl определяется натрием и хлором, входящими в её состав. Соль жизненно необходима человеку. Соль NaCl имеет большое физиологическое значение для организма: участвует в секреции соляной кислоты в желудке, в транспорте аминокислот, углеводов и калия, способствует всасыванию глюкозы. Соль участвует в поддержании и регулировании водного баланса в организме.

Большая часть натрия в организме находится в связанном с хлором состоянии. Большая часть хлорида натрия, содержащегося в организме, находится во внеклеточной жидкости. Натрий является главным катионом в плазме крови, составляя более 90 % от их общего количества.

Чрезмерное или просто повышенное потребление соли NaCl сопровождается задержкой тканями воды, что увеличивает риск сердечно-сосудистых заболеваний, может приводить к повышенному артериальному давлению и болезням почек, нарушению обмена кальция, отложению солей, остеопорозу, различным заболеваниям суставов. Наряду с другими солями натрия, соль NaCl может стать причиной заболеваний глаз. Токсичность соли NaCl для человека, установленная по минимальной летальной дозе, составляет 8,2 г/кг веса при пероральном введении.

Порядок выполнения работы

1. Приготовить растворы соли NaCl с концентрацией соли 350 мг/л, 700 мг/л, 3500 мг/л, 7000 мг/л (на один литр дистиллированной воды добавить 350, 700, 3500 и 7000 мг NaCl соответственно).

2. Сравнить заданные концентрации соли с ПДК органолептическим методом. Для количественной оценки запаха, мутности и привкуса используют 5-балльную шкалу (1 балл – очень слабый; 2 балла – слабый; 3 балла – заметный; 4 балла – отчетливый; 5 баллов – очень сильный).

3. Заполнить таблицу 1.2, основываясь на оценках, сделанных в соответствии с органолептическим методом определения характеристик воды.

4. Сделать вывод о возможности использования образцов воды с различной концентрацией соли NaCl в качестве питьевой в соответствии с ГОСТ 2874–82.

Таблица 1.2

| № п/п | Концентрация соли в воде, мг/л | 350 | 700 | 3500 | 7000 |
|-------|--------------------------------|-----|-----|------|------|
| | Характеристика | | | | |
| 1 | Запах | | | | |
| 2 | Мутность | | | | |
| 3 | Привкус | | | | |

Контрольные вопросы

1. Что такое предельно-допустимая концентрация?
2. Какие показатели влияют на органолептические свойства воды?
3. Как определяется токсичность соли?

4. Какую роль играет NaCl для организма человека?

Лабораторная работа №2 Определение степени загрязнения воздуха (4 ч., самостоятельная работа - 1 ч)

Цель работы: изучить методику определения показателя загрязнения окружающей среды.

Оборудование рабочего места и инструмент: методика определения показателей загрязнения окружающей среды, линейка, калькулятор.

Задание

1 Изучить методику определения показателей степени загрязнения окружающей среды (воздуха).

2 Определить коэффициент загрязнения воздуха атмосферы.

3 Произвести вербальную (словесную) оценку степени загрязнения окружающей среды (воздуха).

4 Определить минимальное число загрязнителей и их количество, при которых не происходит отрицательное воздействие на окружающую среду.

5 Изучить предельно-допустимые концентрации ПДК загрязнителей (полютантов) воздуха в городе, на заводе, в животноводческом помещении.

Порядок выполнения работы:

1 По изученной методике определить коэффициент загрязнения воздуха атмосферы.

Загрязнители воздуха, мг/л

| Вариант | Двуокись азота | Ацетальдегид | Бутифос | Диметиламин | Изопропиловый спирт | Сероводород |
|---------|----------------|--------------|---------|-------------|---------------------|-------------|
| 1 | 0,120 | 0,020 | 0,030 | 0,090 | 0,70 | 2,0 |
| 2 | 0,125 | 0,021 | 0,033 | 0,080 | 0,72 | 3,0 |
| 3 | 0,126 | 0,022 | 0,034 | 0,089 | 0,71 | 2,5 |
| 4 | 0,220 | 0,023 | 0,035 | 0,088 | 0,69 | 1,5 |
| 5 | 0,225 | 0,024 | 0,036 | 0,087 | 0,73 | 1,0 |
| 6 | 0,227 | 0,025 | 0,037 | 0,086 | 0,75 | 1,2 |
| 7 | 0,300 | 0,027 | 0,038 | 0,085 | 0,76 | 1,3 |
| 8 | 0,320 | 0,028 | 0,039 | 0,084 | 0,78 | 1,4 |
| 9 | 0,330 | 0,020 | 0,040 | 0,083 | 0,68 | 1,5 |
| 10 | 0,350 | 0,022 | 0,041 | 0,085 | 0,67 | 1,7 |
| 11 | 0,400 | 0,024 | 0,030 | 0,087 | 0,50 | 1,6 |

2 Провести анализ полученных данных и сделать вербальную (словесную) оценку степени загрязнения воздуха.

3 Наметить пути снижения отрицательного воздействия на окружающую среду.

4 Определить минимальное число загрязнителей и их количество, при котором не происходит отрицательного воздействия на экологическую среду.

5 Изучить предельно-допустимые концентрации загрязнителей воздуха в промышленных городах, на заводе, животноводческом помещении.

6 Назовите классы опасности и вещества, входящие в каждый класс.

Содержание отчета

Цель работы, задание, значение вычисленного коэффициента загрязнения воздуха, анализ полученных данных и их сравнение с предельно-допустимой концентрацией (ПДК), пути снижения загрязнения воздуха, значение ПДК загрязнителей воздуха.

Методика определения коэффициента загрязнения воздуха атмосферы

С целью выявления степени вреда, который наносит хозяйственная деятельность человека окружающей среде, необходимо пронормировать веса экологических объектов.

Основа для нормирования весов экологических объектов – их ранжирование. Принцип ранжирования – хозяйственная деятельность человека. Присвоив экологическим объектам номера, получим следующую ранжированную последовательность: человек (i_1 , или $i = 1$); домашние животные и культурные растения (i_2 , или $i = 2$); промысловые животные и дикорастущие растения (i_3 , или $i = 3$); доминирующие и массовые виды компонентов биоценоза (i_4 , или $i = 4$); малочисленные виды растений и животных, нейтральные в отношениях хозяйственной деятельности человека (i_5 , или $i = 5$). i – номер экологического объекта.

В задачу входит «взвесить» экологические объекты по признаку значимости их для хозяйственной деятельности человека.

$$\varphi(i) = \frac{i}{a^{i-1}}, \quad \varphi(i) = \frac{i}{2^{i-1}}, \quad i \geq 2 \quad (1)$$

Из сопоставления ранжированной последовательности и формулы (1) получим следующие значения весовой функции в зависимости от номера объекта в экологической последовательности, табл. 1.

$i = 1$, $\varphi(i_1) = 2$ – по определению (особая точка);

$i = 2$, $\varphi(i_2) = \frac{2}{2^1} = 1$;

$i = 3$, $\varphi(i_3) = \frac{3}{2^2} = 0,75$;

$i = 4$, $\varphi(i_4) = \frac{4}{2^3} = 0,50$;

$i = 5$, $\varphi(i_5) = \frac{5}{2^4} = 0,31$.

Таблица 2.1 Значение весов для основных экологических объектов

| Код | Экологические объекты | Вес объекта в ранжированной последовательности и $\varphi(i)$ |
|-------|---|---|
| i_1 | Человек | 2,0 |
| i_2 | Домашние животные и культурные растения | 1,0 |
| i_3 | Промысловые животные и дикорастущие растения, используемые в хозяйственной деятельности человека | 0,75 |
| i_4 | Массовые виды компонентов биоценоза, неиспользуемые в хозяйственной деятельности человека | 0,50 |
| i_5 | Малочисленные виды компонентов биоценоза, нейтральные в отношении хозяйственной деятельности человека | 0,31 |

Для качественной оценки степени загрязнения среды обитания необходимо найти критерий нормализации среды обитания. Руководствуясь им, можно выбрать технико-биологические средства защиты окружающей среды.

Для единичного объекта, очевидно, будет справедливо соотношение

$$\gamma_{\text{пр}} = \gamma_i \varphi(i),$$

где γ_i – оценка уровня токсичности (вредности); $\varphi(i)$ – функция, нормирующая вес данного объекта в экосистеме; $\gamma_{\text{пр}}$ – приведенная оценка токсичности данного объекта с учетом места, занимаемого им в экосистеме.

Характеристику всей системы q можно получить, если просуммировать элементарные состояния, т.е.

$$q = \sum_{i=1}^{i=n} \gamma_i \varphi(i),$$

где n – число экологических объектов.

Теоретически можно представить некоторое предельное состояние q_{max} системы, когда величина γ_i достигает для всех экологических объектов максимально возможного уровня, т.е.

$$q_{\text{max}} = \gamma_{\text{max}} \sum_{i=1}^{i=n} \varphi(i), \quad (2)$$

где q_{max} – предельное состояние системы, когда величины γ_i достигают для всех экологических объектов максимально возможного уровня.

Критерий нормализации среды обитания B

$$B = \frac{q}{q_{\text{max}}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} \gamma_i \varphi(i)}{\gamma_{\text{max}} \sum_{i=1}^{i=n} \varphi(i)}. \quad (3)$$

Процедура определения критерия нормализации B – сопоставление конкретно сложившейся экологической ситуации с ГЭТ. В результате сопоставления находится текущее значение γ_i по каждому экологическому объекту. Значения γ_{max} также определяется по ГЭТ (максимальные оценки).

Формула (3) и ГЭТ образуют алгоритм, позволяющий формализовать с помощью компьютера процесс определения критерия нормализации среды обитания.

Значение q_{max} можно получить, просуммировав последнюю строку расчетной матрицы

$$q_{\text{max}} = \gamma_{\text{max}} \sum_{i=1}^{i=n} \varphi(i) = 5 \cdot (2 + 1 + 0,75 + 0,5 + 0,31) = 22,8.$$

Из формулы (3) следует, что максимальное значение нормализации равно единице, т.е. $B_{\text{max}} = 1$. Такое состояние возникает тогда, когда конкретно сложившаяся экологическая ситуация соответствует пятой позиции по всем экологическим объектам. В этом случае $\gamma_i = \gamma_{\text{max}}$ и все выражение (3) вырождается в единицу. Минимальное значение коэффициента нормализации будет иметь место, когда все оценки в первой строке базисной матрицы будут равны нулю (санаторные условия для человека и условия заповедника для остальных экологических объектов). Тогда $B_{\text{min}} = 0$.

Коэффициент загрязнения окружающей среды $G(j)$ может быть представлен как совокупность загрязнений от всех потенциально возможных загрязнителей S , отнесенная к приведенному числу загрязнителей m_n

$$G(j) = \frac{S}{m_n}. \quad (4)$$

Под предельной концентрацией загрязнения понимают отношение концентрации

загрязнителя N , которое фактически сложилось в данной экологическом регионе, к физиологически допустимой концентрации

Таблица 2.2 Генеральная экологическая таблица (ГЭТ)

| Позиции | Состояние среды обитания (поз. Р) | Оценка вредности среды обитания для экологических объектов | | | | |
|---------|--|--|---------|---------|---------|---------|
| | | $i = 1$ | $i = 2$ | $i = 3$ | $i = 4$ | $i = 5$ |
| 1 | Безвредная среда обитания, Загрязнители воздуха, воды и почвы не накапливаются | 2,0 | 1,0 | 0,75 | 0,5 | 0,31 |
| 2 | Нормальная среда обитания, но загрязнители воздуха, воды и почвы постепенно накапливаются | 4,0 | 2,0 | 1,50 | 1,0 | 0,62 |
| 3 | Обнаруживаются случаи обратимых морфофизиологических нарушений, не связанных с изменением генетической структуры популяции | 6,0 | 3,0 | 2,25 | 1,5 | 0,93 |
| 4 | Обнаруживаются случаи обратимых морфофизиологических нарушений с изменением генетической структуры популяции | 8,0 | 4,0 | 3,00 | 2,0 | 1,24 |
| 5 | Предельно вредная среда обитания | 10,0 | 5,0 | 3,75 | 2,5 | 1,55 |

$$0 \leq B \leq 1$$

Φ для нормального существования биосферы и ее элементов (экологических объектов)

$$\rho = N/\Phi, (5)$$

где N – фактическое количество загрязнителя; Φ – физиологическая норма.

Если в конкретной среде обитания появляется не один, а несколько загрязнителей, то их совокупное действие, т.е. величина S , будет равна

$$S = \sum_{j=1}^{j=m} \frac{N}{\Phi} F(j), (6)$$

где $F(j)$ – некоторая функция, обозначающая в формальном отношении нормирование весов загрязнителей в ранжированной последовательности из j загрязнителей.

В физическом смысле функция $F(j)$ характеризует относительную токсичность (вредность) загрязнителя.

3 Физиологические нормы концентрации вредных веществ в атмосфере населенных пунктов

Таблица 2.3

| Вещества | Предельно допустимые концентрации, Φ , мг/м ³ | |
|-------------------|---|----------------|
| | максимальная разовая | среднесуточная |
| Двуокись азота | 0,085 | 0,085 |
| Бензин сланцевый | 0,05 | 0,05 |
| Бутан | 200 | – |
| Карбофос | 0,015 | – |
| Ксилол | 0,2 | 0,2 |
| Метанол | 1 | 0,5 |
| Соединения свинца | 10 | 6 |
| | 10 | 5 |

$$F(j) = \frac{j}{2^{j-1}}, (7)$$

где j – номер загрязнителя в ранжированной последовательности из m загрязнителей.

Нормирующая функция $F(j)$ определяется из опросов экспертов или методами математического моделирования.

Приведенные значения числа загрязнителей m_p

$$m_p = \sum_{j=1}^{j=m} F(j). \quad (8)$$

Коэффициент загрязнения воздуха пылегазовыми загрязнителями определяется по выражению

$$G_{п-г}(j) = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \frac{N_{п-г}}{\Phi_{п-г}} F(j)}{\sum_{j=1}^{j=m} F(j)} \quad (9)$$

Коэффициент загрязнения воды жидкими загрязнителями определяется по формуле

$$G_{ж}(j) = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \frac{N_{ж}}{\Phi_{ж}} F(j)}{\sum_{j=1}^{j=m} F(j)} \quad (10)$$

Формула (7) дает нижнее значение функции $F(j)$. Верхние значения той же функции могут быть получены на основе формулы Лапласа в следующем виде: $F(j_1) = 0,992$; $F(j_2) = 0,984$; $F(j_3) = 0,96$; $F(j_4) = 0,884$; $F(j_5) = 0,626$; $F(j_6) = 0,415$ и т.д.

Верхние и нижние значения функции образуют область существования относительной токсичности (табл. 4).

4 Ранжированная последовательность относительной степени токсичности загрязнителей

Таблица 2.4

| Номер ранжированной последовательности | Загрязнители | Относительная степень токсичности |
|--|--|-----------------------------------|
| 1 | Пылегазовые и жидкие загрязнители, склонные к синергизму и не разлагающиеся естественным путем | 0,996 |
| 2 | Пылегазовые и жидкие загрязнители, не склонные к синергизму и не разлагающиеся естественным путем | 0,992 |
| 3 | Пылегазовые и жидкие загрязнители, склонные к синергизму и способные самопроизвольно разлагаться под действием естественно-биологических процессов | 0,855 |
| 4 | Одиночный пылегазовый и жидкий загрязнитель с высокой степенью токсичности, не разлагающийся естественным образом (стойкий загрязнитель) | 0,692 |
| 5 | Одиночный пылегазовый и жидкий | 0,468 |

| | | |
|---|--|-------|
| | загрязнитель с высокой степенью токсичности, разлагающийся естественным образом (нестойкий загрязнитель) | |
| 6 | Пылегазовые и жидкие загрязнители, взаимно нейтрализующиеся при смешении | 0,301 |

Если загрязнители рассматривать в виде некоторого m -мерного пространства, координаты которого отображаются соответствующими коэффициентами загрязнения, то комплексный коэффициент выразится в виде геометрической суммы загрязнителей, функционирующих в биосфере

$$G_{об} = \sqrt{G_{п-г}^2(j) + G_{ж}^2(j) + \dots + G_m^2(j)}, \quad (11)$$

где $G_{об}$ – комплексный коэффициент загрязнения; $G_m(j)$ – коэффициент загрязнения при потенциально возможном загрязнителе; m – число загрязнителей.

В соответствии с формулами (9, 10) формируются основные (базисные) оценки степени загрязнения среды обитания (табл. 2.5) и аттестационная шкала по оценке степени загрязнения (табл. 2.6).

5 Основные (базисные) оценки степени загрязнения среды обитания по значимости коэффициента загрязнения (первый вариант оценивания)

Таблица 2.5

| Значение коэффициента загрязнения | Словесная оценка среды обитания |
|-----------------------------------|---|
| $G_{п-г}(j) < 1; G_{ж}(j) < 1$ | Вполне здоровая (условия санатория или заповедника) |
| $G_{п-г}(j) = 1; G_{ж}(j) = 1$ | Нормальная |
| $G_{п-г}(j) > 1; G_{ж}(j) > 1$ | Загрязненная |

6 Оценка степени загрязнения среды обитания при значениях коэффициента загрязнения $G > 1$

Таблица 2.6

| Коэффициент загрязнения среды обитания пылегазовыми и жидкими загрязнителями $G(j)$ | Вербальная (словесная) оценка степени загрязнения среды обитания |
|---|--|
| До 1,0 | Безвредная |
| 1 ... 1,99 | Малая |
| 2 ... 2,99 | Существенная |
| 3 ... 3,99 | Интенсивная |
| 4 ... 5,0 | Весьма интенсивная |
| Более 5,0 | Катастрофическая |

Пример. Определить коэффициент загрязнения воздуха атмосферы для экологического района, в котором расположены предприятия химической промышленности, выбрасывающие в воздух атмосферы пылегазовые отходы, содержащие двуокись азота (плотность загрязнения $N = 0,128$ мг/м³), ацетальдегид ($N = 0,021$ мг/м³), бутифос ($N = 0,033$ мг/м³), диметиламин ($N = 0,09$ мг/м³) и изопропиловый спирт ($N = 0,72$ мг/м³).

Группа экспертов – экологи, гигиенисты, инженеры-химики – построила ранжированную последовательность упомянутых веществ в порядке вреда, который эти вещества могут причинить экологическим объектам; по справочным данным выяснены физиологические нормы загрязнения.

Исходные и расчетные данные сведены в табл. 2.7. Сумма

$$\sum_{j=1}^{j=m} F(j)$$

входящая в знаменатель формул (9) и (10), есть не что иное, как

итог по графе

4, т.е.

$$\sum_{j=1}^{m-1} F(j) = 2,75.$$

Таким образом, имеются все необходимые данные для определения коэффициента загрязнения среды пылегазовыми загрязнителями.

По исходным данным определяем коэффициент загрязнения воздуха по формуле

$$= \frac{\left(\frac{0,033}{0,010} \cdot 1\right) + \left(\frac{0,090}{0,050} \cdot 0,72\right) + \left(\frac{0,128}{0,085} \cdot 0,53\right) + \left(\frac{0,021}{0,010} \cdot 0,29\right) + \left(\frac{0,720}{0,050} \cdot 0,21\right)}{2,75} =$$

$$= \frac{(3,3 \cdot 1) + (1,8 \cdot 0,72) + (1,51 \cdot 0,53) + (2,1 \cdot 0,29) + (1,2 \cdot 0,21)}{2,75} = \frac{6,26}{2,75} = 2,28.$$

Сопоставляя значения коэффициента загрязнения ($G_{п-г}(j) = 2,28$) с табл. 2.5, убеждаемся в существенном загрязнении среды обитания, в необходимости немедленного оздоровления ее в данном регионе.

Значения коэффициента загрязнения ($G_{п-г}(j) = 2,28$), а также семантическая оценка степени загрязнения внесены в табл. 2.7.

Таблица 2.7 Определение коэффициента загрязнения воздуха атмосферы

| Но- мер загрязнителя, m | Исходные данные | | | | Расчетные данные | | Результаты | |
|---------------------------------|-----------------|---|---|--|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|---|
| | Загрязнители | Плотность загрязнения источника N , мг/м ³ | Вес загрязнителя в ранджированной последовательности $F(j)$ | Физиологическая норма Φ , мг/м ³ | Отношение $\rho = \frac{N}{\Phi}$ | Произведение $\rho F(j)$ | Коэффициент загрязнения, $G_{п-г}(j)$ | Словесная оценка степени загрязнения |
| 1 | Бутифос | 0,033 | 1,00 | 0,010 | 3,30 | 3,30 | 2,28 | Существенное загрязнение среды обитания |
| 2 | Диметиламин | 0,090 | 0,72 | 0,05 | 1,80 | 1,30 | | |
| 3 | Двуокись азота | 0,128 | 0,53 | 0,085 | 1,51 | 0,80 | | |
| 4 | Ацетальдегид | 0,021 | 0,29 | 0,010 | 2,10 | 0,61 | | |
| 5 | | 0,72 | 0,21 | 0,600 | 1,20 | 0,25 | | |

Контрольные вопросы

- 1 Какие вещества относятся к загрязнителям воздуха?
- 2 Как определяется нормирующая функция $F(j)$.
- 3 Как определяется приведенное значение числа загрязнителей m_p ?
- 4 Численные значения относительной функции, полученные по формуле Лапласа.

5 Назовите число классов опасности, и какие вещества относятся к каждому классу (ГОСТ 17.2.1.01-76 Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу).

6 Что такое ПДК? Назовите значение ПДК основных веществ (ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны).

Лабораторная работа № 3
Определение степени загрязнения воды сточными водами
(4 ч., самостоятельная работа - 1 ч)

Цель работы: изучить методику определения показателей загрязнения воды сточными водами.

Оборудование рабочего места и инструмент: методика определения показателей загрязнения вод сточными водами, калькулятор.

Задание

1 Изучить методику определения показателей степени загрязнения воды сточными водами.

2 Определить коэффициент загрязнения воды сточными водами.

3 Произвести вербальную (словесную) оценку степени загрязнения воды.

4 Определить минимальное число загрязнителей воды и их количество, при котором не происходит ухудшение качества воды.

5 Изучить предельно-допустимые концентрации загрязнителей воды в прудах и реках.

Ход работы:

1 По изученной методике (см. лабораторная работа № 2) определить коэффициент загрязнения воды сточными водами.

Загрязнители воды, мг/л

| Вариант | Фенол | Фтористые соединения | Углеводороды | Коагулированные смолы | Детергенты | Соединения свинца |
|---------|-------|----------------------|--------------|-----------------------|------------|-------------------|
| 1 | 15,0 | 0,70 | 16,0 | 10,0 | 19,0 | 10,0 |
| 2 | 14,0 | 0,69 | 17,0 | 10,2 | 18,0 | 9,0 |
| 3 | 13,5 | 0,68 | 16,5 | 10,3 | 20,0 | 8,0 |
| 4 | 14,5 | 0,67 | 17,1 | 10,4 | 21,0 | 8,5 |
| 5 | 16,0 | 0,65 | 16,4 | 10,5 | 17,0 | 7,5 |
| 6 | 15,1 | 0,64 | 16,0 | 10,6 | 16,0 | 6,0 |
| 7 | 15,2 | 0,71 | 15,8 | 10,7 | 15,0 | 6,5 |
| 8 | 14,3 | 0,70 | 15,7 | 9,0 | 14,0 | 6,7 |
| 9 | 14,2 | 0,73 | 15,6 | 8,0 | 13,0 | 6,6 |
| 10 | 14,1 | 0,74 | 15,2 | 9,5 | 16,5 | 7,0 |
| 11 | 15,3 | 0,75 | 15,0 | 8,5 | 17,5 | 9,5 |

2 Провести анализ полученных данных и сделать вербальную (словесную) оценку степени загрязнения воды.

3 Наметить пути снижения отрицательного воздействия на окружающую среду.

4 Определить минимальное число загрязнителей воды и их количество, при котором вода не теряет своих качеств.

5 Изучить предельно – допустимые концентрации загрязнителей воды.

6 Назовите классы опасности и вещества, входящие в каждый класс.

Содержание отчета

Цель работы, задание, значение вычисленного коэффициента загрязнения воды, анализ полученных данных и их сравнение с ПДК, пути снижения загрязнения воды, значение ПДК загрязнителей воды.

Методика определения коэффициента загрязнения воды жидкими загрязнителями
 Коэффициент загрязнения воды жидкими загрязнителями определяется по формуле

$$G_{m(j)} = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \frac{N_m}{\Phi_m} F(j)}{\sum_{j=1}^{j=m} F(j)},$$

где N_m – фактическое количество загрязнителя, мг/л; Φ_m – физиологическая норма, мг/л; $F(j)$ – некоторая функция, обозначающая в формальном отношении нормирование весов загрязнителей в ранжированной последовательности из j загрязнителей.

В физическом смысле функция $F(j)$ характеризует относительную токсичность (вредность) загрязнителя.

Пример. Определить коэффициент загрязнения воды сточными водами для экологического региона со следующей легендой: в районе расположены нефтеочистительные заводы, а также предприятия, обрабатывающие кожу, изготавливающие бумагу и пластмассовые изделия. Сточные воды сбрасываются частично в городскую канализацию (примерно 20 %), а оставшаяся часть направляется в реку без существенной очистки; результаты наблюдений показали наличие в воде следующих загрязнителей: углеводороды – 16 мг/л, детергенты – 20 мг/л, фенол – 15 мг/л, коагулированная смола – 11,2 мг/л, фтористые соединения – 0,8 мг/л; не удалось опросить экспертов о степени вреда, который эти вещества могут нанести экологическим объектам (рыбе в реке, людям и животным, пользующимся водой для питья).

Поэтому ранжирование вредности веществ произведено работниками санитарной службы, а значения весов (в соответствии с номером загрязнителя в ранжированной последовательности) определено по формуле Лапласа. Все исходные и расчетные данные представлены в табл. 3.1.

Определим коэффициенты загрязнения по формуле

$$G_{\text{ж}}(j) = \frac{\sum_{j=1}^{j=m} \frac{N_{\text{ж}}}{\Phi_{\text{ж}}} F(j)}{\sum_{j=1}^{j=m} F(j)} = \frac{6,76 + 2,62 + 5,12 + 1,64 + 1,14}{4,45} = \frac{17,28}{4,45} = 3,88$$

Сопоставляя полученный результат $G_{\text{ж}}(j) = 3,38$ с данными табл. 2.6 (см. методику лабораторной работы № 2), приходим к заключению, что загрязнение воды весьма интенсивно. Требуется срочные меры инженерного воздействия.

Таблица 3.1

Определение коэффициента загрязнения воздуха атмосферы

| Номер загрязнителя, m | Исходные данные | | | | Расчетные данные | | Результаты | |
|-------------------------|----------------------|---|--|--|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| | Загрязнители | Плотность загрязнения источника N , мг/м ³ | Вес загрязнителя в ранжированной последовательности $F(j)$ | Физиологическая норма Φ , мг/м ³ | Отношение $\rho = \frac{N}{\Phi}$ | Произведение $\rho F(j)$ | Коэффициент загрязнения, $G_{n-r}(j)$ | Словесная оценка степени загрязнения |
| 1 | Фенол | 15 | 0,992 | 2,2 | 6,81 | 6,76 | 3,88 | Весьма интенсивное загрязнение воды |
| 2 | Фтористые соединения | 0,8 | 0,984 | 0,3 | 2,66 | 2,66 | | |
| 3 | Углеводороды | 16 | 0,960 | 3,0 | 5,33 | 5,12 | | |
| 4 | Коагулированные | 11,2 | 0,864 | 6,0 | 1,86 | 1,64 | | |
| 5 | Детергенты | 20 | 0,626 | 11,0 | 1,82 | 1,14 | | |

Контрольные вопросы

- 1 Какие вещества относятся к загрязнителям воды и их класс?
- 2 Как определяется нормирующая функция $F(j)$ для воды.
- 3 Как определяется приведенное значение числа загрязнителей воды m_p ?
- 4 Назовите значение ПДК основных загрязнителей питьевой и технической воды.

Лабораторная работа № 4

Оценка степени загрязненности почв и снегового покрова металлами

(4 ч., самостоятельная работа - 1 ч)

Цель работы: изучить методику оценки степени загрязненности почв и снегового покрова металлами.

Оборудование рабочего места и инструмент: методика определения загрязненности почв и снегового покрова, калькулятор.

Теоретические положения:

Для оценки степени загрязнения почв металлами используется суммарный показатель загрязнения, характеризующий эффект воздействия группы элементов:

$$Z_c = \sum K_{ci} - (n - 1); K_{ci} = C_i / C_{\phi i},$$

где K_{ci} – коэффициент концентрации i -го элемента, равный отношению фактической концентрации (C_i) к фоновой ($C_{\phi i}$); n – число элементов, характеризующих загрязнение почв, т.е. для которых $K_{ci} > 1$.

Оценка опасности загрязнения почв комплексом элементов по показателю Z_c проводится по оценочной шкале, данные которой увязаны с показателями здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв (табл. 4.1).

Таблица 4.1 Оценочная шкала загрязнения почв по суммарному показателю

| Категория загрязнения почв | Величина Z_c | Изменение показателей здоровья населения |
|----------------------------|----------------|---|
| Допустимая | < 16 | Низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений |
| Умеренно опасная | 16-32 | Увеличение общей заболеваемости |

| | | |
|---------------------|--------|--|
| Опасная | 32-128 | Увеличение числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы |
| Чрезвычайно опасная | > 128 | Увеличение заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, числа преждевременных родов, мертворождаемости и др.) |

В целом суммарный показатель загрязнения может рассчитываться для различных компонентов ландшафта – почв, снега, донных отложений. Этот показатель может определяться как в отдельной пробе, так и для участка территории. В последнем случае исследование ведется по геохимическим выборкам.

Каждая выборка может быть представлена в виде набора относительных характеристик аномальности химических элементов. Такой набор позволяет дать качественную и количественную оценку геохимической ассоциации исследуемого объекта. Например, городская ассоциация может быть представлена следующей формулой накапливающихся элементов: $Pb_{14} - Cu_{12} - Zn_9 - Hg_6 - Cr_3 - Cd_2$. Цифры около символов элементов представляют собой коэффициенты концентрации K_{ci} .

Аэрогенное загрязнение принято характеризовать суммарным показателем загрязнения не только почвы, но и снегового покрова. Обычно выделяют 3 уровня загрязнения снегового покрова (табл. 4.2).

Таблица 4.2 – Ориентировочная шкала оценки аэрогенных очагов загрязнения по Z_c снегового покрова

| Уровень загрязнения | | |
|---------------------|---------|---------------|
| средний | высокий | очень высокий |
| 64-128 | 128-256 | >256 |

При анализе карт суммарных показателей загрязнения почвы и снегового покрова возможно выделение на территории участков с устойчивым, реликтовым и современным загрязнением. *Устойчивое* загрязнение характеризуется одинаковой интенсивностью накопления металлов в почве и снеговом покрове. Как правило, площади с этим типом загрязнения располагаются вблизи его источников, действующих до настоящего времени. *Реликтовое* загрязнение фиксируется по большей загрязненности почвенного покрова по сравнению со снеговым. Для этого типа загрязнения источник поступления химических элементов либо уже прекратил существование, либо в настоящее время не вносит существенного вклада в загрязнение воздушного бассейна. Являясь остаточным, реликтовое загрязнение может представлять опасность как источник вторичного загрязнения приземных слоев атмосферного воздуха. *Современное* загрязнение, сопровождаемое более интенсивным накоплением металлов в снеговом покрове по сравнению с почвой, носит прогрессирующий характер. Очевидно, что оно связано с ныне действующими источниками загрязнения.

Задание 1. В таблице 4.3 представлены данные о содержании и распределении по территории крупного промышленного города 10-ти химических элементов в поверхностном горизонте почв. Схема расположения точек опробования приведена на рис. 4.1.

1. Рассчитать суммарный показатель загрязнения с учётом следующих фоновых содержаний элементов: V – 90, Cr – 80, Zn – 60, Ni – 30, Pb – 30, Cu – 25, As – 5, Mo – 2, Cd – 0.1, Hg – 0.03.

2. Построить схему районирования территории по величине Z_c и выделить зоны с различными категориями загрязнения на основе рис. 1 с использованием изолиний 16, 32, 128.

3. Описать полученную схему: размещение зон различного уровня загрязнения; их морфология (изометрическая, вытянутая); площадь (в % от общей площади территории).

4. Составить геохимическую формулу для каждой точки опробования.

Задание II. В таблице 4.4 представлены данные о площадном распределении суммарного показателя загрязнения снега по территории крупного промышленного города.

1. Построить схемы районирования территории по величине Z_c , на основе таблицы 4.4 и рис. 4.1 и выделить зоны с различными категориями загрязнения с использованием изолиний 64, 128, 256.

2. Сравнить полученные схемы загрязнения почвенного и снежного покрова и выделить зоны различные по временному характеру загрязнения.

Таблица 4.3 Содержание металлов в верхнем почвенном горизонте, мг/кг

| № профиля | № точки | Zn | Cr | V | Cd | Cu | Ni | Pb | Hg | As | Mo |
|-----------|---------|------|------|-----|------|------|----|-----|------|----|-----|
| I | 1 | 200 | 100 | 130 | 0,40 | 50 | 30 | 30 | 0,01 | 4 | 1 |
| | 2 | 300 | 150 | 150 | 0,50 | 60 | 20 | 40 | 0,02 | 5 | 1 |
| | 3 | 650 | 400 | 100 | 0,45 | 160 | 10 | 180 | 0,07 | 11 | 4 |
| | 4 | 550 | 500 | 150 | 0,60 | 220 | 10 | 250 | 0,08 | 7 | 1,9 |
| | 5 | 850 | 100 | 100 | 0,50 | 280 | 30 | 280 | 0,09 | 9 | 2,2 |
| II | 1 | 250 | 50 | 100 | 0,40 | 60 | 15 | 40 | 0,02 | 5 | 1,7 |
| | 2 | 500 | 200 | 100 | 0,30 | 330 | 20 | 160 | 0,05 | 12 | 1 |
| | 3 | 2000 | 300 | 100 | 0,15 | 550 | 10 | 170 | 0,04 | 12 | 1,5 |
| | 4 | 700 | 50 | 100 | 0,35 | 340 | 40 | 520 | 0,15 | 12 | 1,9 |
| | 5 | 650 | 600 | 200 | 0,50 | 420 | 10 | 530 | 0,17 | 5 | 11 |
| III | 1 | 1500 | 100 | 50 | 0,20 | 70 | 20 | 90 | 0,03 | 12 | 1 |
| | 2 | 1500 | 50 | 150 | 0,40 | 150 | 30 | 420 | 0,05 | 17 | 1 |
| | 3 | 2000 | 500 | 200 | 0,60 | 220 | 40 | 170 | 0,09 | 12 | 3 |
| | 4 | 2500 | 700 | 100 | 0,20 | 300 | 15 | 550 | 0,14 | 22 | 4,5 |
| | 5 | 2300 | 700 | 150 | 0,40 | 750 | 15 | 720 | 0,20 | 22 | 5 |
| IV | 1 | 350 | 200 | 100 | 0,15 | 200 | 30 | 540 | 0,08 | 5 | 5 |
| | 2 | 400 | 400 | 200 | 0,60 | 300 | 20 | 360 | 0,11 | 33 | 3,5 |
| | 3 | 1500 | 900 | 250 | 0,70 | 450 | 50 | 610 | 0,22 | 15 | 6 |
| | 4 | 2000 | 1900 | 250 | 0,70 | 1100 | 80 | 700 | 0,27 | 35 | 7 |
| | 5 | 2500 | 1400 | 350 | 0,70 | 1300 | 60 | 810 | 0,29 | 14 | 9 |
| V | 1 | 400 | 50 | 100 | 0,15 | 55 | 20 | 50 | 0,02 | 7 | 2,5 |
| | 2 | 500 | 200 | 150 | 0,40 | 130 | 30 | 200 | 0,10 | 16 | 4,4 |
| | 3 | 600 | 400 | 50 | 0,30 | 370 | 20 | 400 | 0,17 | 14 | 3 |
| | 4 | 700 | 900 | 350 | 0,60 | 990 | 40 | 600 | 0,19 | 32 | 15 |
| | 5 | 800 | 1900 | 150 | 0,50 | 300 | 80 | 350 | 0,05 | 27 | 12 |

Таблица 4.4 Величины суммарного показателя загрязнения снега (Z_c) в точках опробования

| №№ | Z_c | №№ | Z_c | №№ | Z_c | №№ | Z_c | №№ | Z_c |
|-----|-------|------|-------|-------|-------|------|-------|-----|-------|
| I-1 | 40 | II-1 | 28 | III-1 | 70 | IV-1 | 90 | V-1 | 150 |
| I-2 | 20 | II-2 | 26 | III-2 | 55 | IV-2 | 95 | V-2 | 155 |
| I-3 | 35 | II-3 | 45 | III-3 | 75 | IV-3 | 110 | V-3 | 184 |
| I-4 | 30 | II-4 | 43 | III-4 | 85 | IV-4 | 135 | V-4 | 246 |
| I-5 | 45 | II-5 | 50 | III-5 | 90 | IV-5 | 148 | V-5 | 282 |

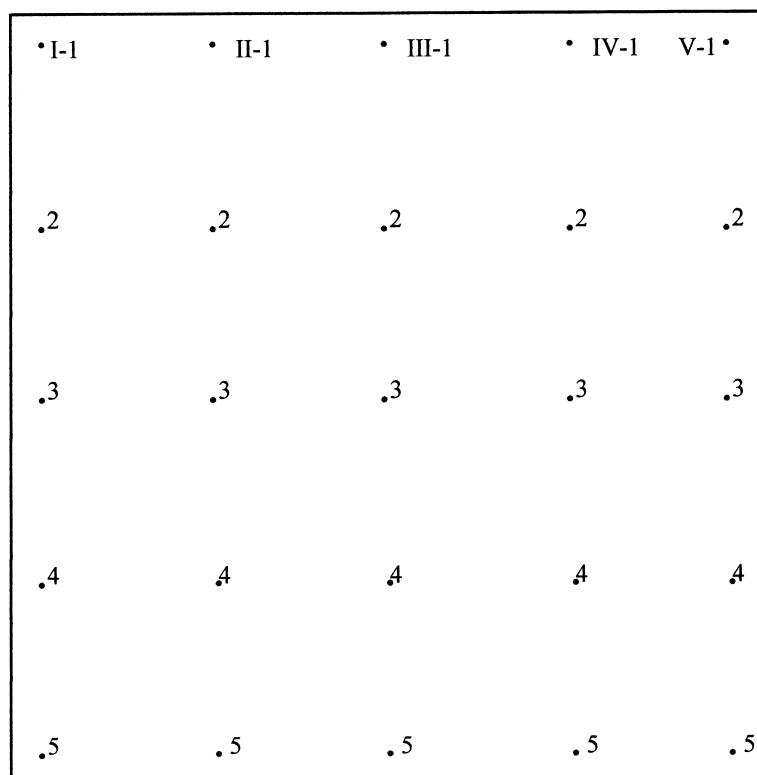


Рис. 4.1 Схема расположения точек опробования поверхностного горизонта почв

Контрольные вопросы

1. Какое загрязнение называется устойчивым?
2. Какое загрязнение называется реликтовым?
3. Какое загрязнение называется современным?
4. Назовите основные источники загрязнения почв снегового покрова металлами?

Лабораторная работа № 5 **Определение фосфора в почвах** (4 ч., самостоятельная работа - 1 ч)

Цель работы: ознакомление с методикой определения фосфора в различных типах почв.

Общие положения

Значительная часть фосфора почвы (20–70 %) приходится на его органические соединения. Из минеральных соединений фосфора в почве чаще всего встречаются орто- и гидрофосфаты Ca, Mg, Al и Fe. Как правило, эти соединения труднорастворимы. Минеральный фосфор почв может частично находиться в адсорбированном состоянии, будучи связан с аморфными гидроксидами Al и Fe, глинистыми минералами.

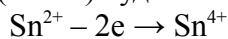
Все методы определения фосфора в почве основаны на его способности давать соединения с молибденовой кислотой. Из многочисленных методов определения фосфора наиболее пригодным для анализа почв следует признать колориметрический метод, так как валовое содержание фосфора в почве не превышает долей %.

Наиболее точным, хотя и трудоемким, является гравиметрический метод – метод двойного осаждения. Сначала фосфат-ион осаждают в форме фосфорномолибденового аммония. Так как состав этого осадка непостоянен и зависит от условий осаждения, промытый от примесей осадок растворяют в аммиаке и осаждают фосфат-ион уже в форме $Mg(NH_4)PO_4$, используя для осаждения раствор, содержащий $MgCl_2$, NH_4OH и NH_4Cl . Этот метод, как наиболее точный, можно использовать для оценки надежности других методов.

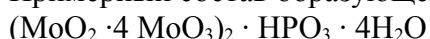
Определение подвижного фосфора в почвах на фотоэлектроколориметре

В основе всех методов определения фосфора лежит его способность в кислой среде образовывать с молибдатом комплекс – фосфорно-молибденовую кислоту (гетерополиоксидную кислоту) состава: $\text{H}_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$, жёлтого цвета.

При дальнейшем прибавлении к раствору восстановителя (олова) молибден, входящий в состав фосфорно-молибденовой кислоты, частично восстанавливается до пятивалентного с образованием комплексного соединения синего цвета молибденовой сини. Восстановитель же (олово) будет окисляться:



Примерный состав образующегося соединения:



Метод Ф.В. Чирикова основан на извлечении фосфора из почвы 0,5 н раствором уксусной кислоты при соотношении: почва : раствор = 1 : 25 с последующим определением фосфора в виде молибденовой сини на фотоэлектроколориметре.

Реактивы:

1. 0,5 н раствор уксусной кислоты CH_3COOH : 30 мл CH_3COOH (конц.) разбавляют в небольшом количестве дистиллированной воды и доводят в мерной колбе до 1 л.

2. 2,5 %-ный раствор молибденовокислого аммония в серной кислоте (комплексобразователь) $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$: 25 г растворяют в 200 мл воды при нагревании. Одновременно в мерную колбу на 1 л приливают 500 мл воды и очень осторожно, по стенкам колбы, без перемешивания, вливают небольшими порциями 280 мл H_2SO_4 (конц.). После остывания обоих растворов в серную кислоту небольшими порциями, при постоянном помешивании, приливают раствор $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. После охлаждения общий объем доводят до 1 л.

3. Хлористое олово: в стаканчик отвешивают 1,25 г $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, добавляют 5–10 мл дистиллированной воды и 12 мл конц. HCl , перемешивают и переносят в мерную колбу на 50 мл, остальной объем доводят дистиллированной водой до метки. Колбу погружают в химический стакан с водой и кипятят на электроплитке до полного растворения восстановителя.

4. Эталонный раствор химически чистого однозамещенного фосфорнокислого натрия, содержащий в 1 мл 0,1 мг P_2O_5 (в 1 л 0,1 г). Приготовление: 0,17 г химически чистого NaH_2PO_4 , растворяют дистиллированной водой, доводят раствор до метки 1 л.

5. Рабочий раствор. Приготовление рабочего эталонного раствора: 1 мл основного эталонного раствора (с содержанием P_2O_5 0,1 мг/мл) разводят водой в мерной колбе на 50 мл. Такой рабочий раствор содержит 0,002 мг P_2O_5 в 1 мл.

Проведение анализа

2 г воздушно-сухой почвы помещают в колбу и приливают 50 мл 0,5 н раствора уксусной кислоты. Взбалтывают 1 час и оставляют стоять сутки. Суточное отстаивание можно заменить двухчасовым взбалтыванием. Фильтруют через плотный складчатый фильтр. Первые порции фильтрата отбрасывают, чтобы освободиться от примесей. Вытяжка должна быть совершенно прозрачной. Если она мутная, ее перефильтровывают.

В зависимости от предполагаемого содержания фосфора берут 5–10–20 мл вытяжки, помещают в мерную колбу на 100 мл, разбавляют дистиллированной водой приблизительно до 80 мл, прибавляют 4 мл 2,5 %-ного раствора молибденовокислого аммония в серной кислоте (комплексобразователь), доводят водой до метки. Тщательно перемешивают, вносят 6 капель раствора хлористого олова. Колориметрирование следует проводить не позже, чем через 10 мин. после окрашивания, длина волны 650–680 нм.

Содержание фосфора в испытуемых растворах определяется сравнением окрашенных исследуемых растворов с окрасками образцовых (эталонных) растворов. Для этого готовят шкалу образцовых растворов, предварительно приготовив рабочий эталонный раствор.

Приготовление шкалы образцовых растворов: берут серию мерных колб емкостью 50 мл, наливают туда пипеткой определенное количество рабочего раствора (см. таблицу 6). Далее в колбы добавляют 2 мл 2,5 %-ного раствора комплексобразователя – молибденовокислого аммония, доводят водой до метки. Тщательно перемешивают, вносят 2–3 капли хлористого

олова.

Таблица 5.1
Шкала эталонных растворов
(рабочий раствор фосфата – 0,002 мг P₂O₅ в 1 мл)

| № колбы | Рабочий эталонный раствор, мл (на 50 мл) | Концентрация P ₂ O ₅ – C _{эт.} , мг (в 50 мл) | Оптическая плотность D |
|---------|--|--|------------------------|
| 1 | 1 | 0,002 | |
| 2 | 2,5 | 0,005 | |
| 3 | 5 | 0,01 | |
| 4 | 10 | 0,02 | |
| 5 | 15 | 0,03 | |
| 6 | 20 | 0,04 | |
| 7 | 25 | 0,05 | |

Для дальнейшего вычисления количества P₂O₅ в мг на 100 г почвы используют формулу:

$$P_2O_5 = \frac{D_{исп} \cdot C_{эт} \cdot V_1 \cdot 100}{D_{эт} \cdot z \cdot V_2} \cdot K,$$

где D_{исп} – оптическая плотность испытуемого раствора;

D_{эт} – оптическая плотность эталонного раствора, взятого для сравнения (из таблицы 5.1);

C_{эт} – концентрация эталонного раствора, мг/мл P₂O₅ (из таблицы 5.1);

V₁ – общий объем вытяжки, мл;

V₂ – объем вытяжки, взятый для определения, мл;

K – коэффициент гигроскопичности.

По таблице 5.2 сравнить найденное количество P₂O₅ в исследуемой почве с обеспеченностью почвы для различных сельскохозяйственных культур.

Таблица 5.2
Обеспеченность почв подвижными фосфатами по содержанию их в вытяжке (мг P₂O₅ на 100 г почвы)

| Обеспеченность | Зерновые зернобобовые | Корнеплоды (картофель) | Овощные технические |
|----------------|-----------------------|------------------------|---------------------|
| Очень низкая | 2 | 5 | 10 |
| Низкая | 5 | 10 | 15 |
| Средняя | 5-10 | 10–15 | 15–20 |
| Высокая | 10 | 15 | 20 |

Контрольные вопросы

1. Какую роль играет фосфор в почвах?
2. Что такое колориметрия?
3. В чем заключается гравиметрический метод?

Лабораторная работа № 6
Определение влажности почв
(4 ч., самостоятельная работа - 1 ч)

Цель работы: ознакомление с методами определения влажности почв.

Влажность почвы зависит от количества перегноя и глинистых частиц, является косвенным показателем ее гранулометрического состава. На фоне урбанистического пресса происходит изменение влажности почв, поэтому исследование данного показателя является необходимым.

Определение гигроскопической влажности

Основные понятия. Гигроскопической влагой называется то количество воды, которое поглощает почва из воздуха, насыщенного парами воды. Величина гигроскопической влажности зависит от гранулометрического состава почвы, количества коллоидов и гумуса в ней. Этой величиной пользуются для вычисления влажности завядания растений (коэффициента завядания). Она соответствует в большинстве случаев полуторной – двойной максимальной гигроскопической влажности.

Ход определения. Определение гигроскопической влажности проводят следующим образом. Сушильный стаканчик (стеклянный бюкс) высушивают и взвешивают на аналитических весах.

Берут навеску почвы в бюкс и взвешивают. Бюкс с навеской почвы помещают в прогретый сушильный шкаф. Высушивание производят при температуре 105 °С до постоянного веса. В процессе сушки нельзя открывать шкаф и ставить в него новые стаканчики.

По окончании высушивания стаканчики вынимают из сушильного шкафа, закрывают крышками и ставят в эксикатор для охлаждения (20–30 мин.).

После охлаждения стаканчики взвешивают закрытыми и по потере в весе вычисляют содержание гигроскопической воды в почве.

Определение гигроскопической воды проводят в 2-кратной повторности и вычисляют среднее из этих определений. Полученные данные заносят в таблицу.

| № п/п | Почва | № бюкса | Вес пустого бюкса, г | Навеска воздушно-сухой почвы, г | Вес бюкса с почвой после высушивания, г | Вес высушенной почвы, г | Вес воды, г | Гигроскопия, % |
|-------|-------|---------|----------------------|---------------------------------|---|-------------------------|-------------|----------------|
|-------|-------|---------|----------------------|---------------------------------|---|-------------------------|-------------|----------------|

Определение полевой влажности

Основные понятия. Влажностью почвы называют то количество воды, которое содержится в ней в данный момент. Влажность почвы непрерывно изменяется вследствие передвижения влаги по профилю и ее испарения из почвы. Этой величиной пользуются для вычисления запаса влаги в том или ином горизонте почвы и для вычисления коэффициента пересчета с влажной почвы на сухую. Наиболее распространенным является метод высушивания почвы в термостате.

Ход определения. Для определения полевой влажности на месте взятия образца берут буром или ножом массу почвы с заданной глубины. Из пахотного слоя образец берут на всю глубину или из нескольких слоев (0–5, 5–10, 10–15, 15–20 см). На весах взвешивают алюминиевый стаканчик с крышкой, помещают в него на 1/2–1/3 объема почву и снова взвешивают, закрыв крышкой. Образец высушивают в сушильном шкафу при температуре 105 °С в течение 5 часов (крышка стаканчика должна быть надета на дно) и после охлаждения в эксикаторе снова взвешивают. Высушивание и взвешивание повторяют до постоянной массы. Полевую влажность рассчитывают в весовых процентах по формуле

$$A = a/v \cdot 100,$$

где: А – полевая влажность, % (весовой);

а – масса испарившейся влаги, г;

в – масса сухой почвы после высушивания, г;

100 – коэффициент пересчета в проценты.

Для многих анализов, которые проводятся со свежей почвой, нужно знать коэффициент пересчета с влажной на сухую почву. Его вычисляют по формуле

$$K = 100 + A/100,$$

где: А – полевая влажность, %.

Контрольные вопросы

1. Что такое влажность почвы?
2. Какие факторы влияют на влажность почвы?
3. Что такое гигроскопическая влага?

Лабораторная работа № 7

Определение состояния почвенного покрова по влажности, составу, плодородию ПОЧВЫ

(8 ч., самостоятельная работа - 4 ч)

Цель работы:

- 1 познакомиться с условиями отбора пробы почвы;
- 2 определить влажность почвы весовым методом;
- 3 определить гранулометрический состав и структуру почвы простейшим методом;
- 4 определить плодородие почвы по ее цвету;
- 5 ознакомить с основными типами почв Европейской части России и Томской области;
- 6 научить использовать почвенные карты и картограммы для решения практических задач;
- 7 закрепить теоретические знания по физическим, физико-механическим и биологическим свойствам почв.

Общие положения

Основоположником учения о почвах является русский ученый В.В. Докучаев (1846 – 1903), который дал первое научное определение почвы (1879): «Почва – это те дневные или близкие к ним горизонты горных пород (все равно каких), которые были более или менее естественно изменены взаимным влиянием воды, воздуха и различного рода организмов – живых и мертвых, что и сказывается известным образом на составе, структуре и цвете таких образований». Докучаев В.В. доказал, что почвы являются результатом сложного взаимодействия горных пород, климата, растительных и животных организмов, рельефа и возраста страны, (рис. 7.1).



Рис. 7.1 Взаимосвязь почвообразующих факторов и почвы во времени

Докучаевым В.В. был открыт закон *мировой зональности почв*. Суть этого закона: распространение почв на Земле подчиняется в общих чертах закону природной широтной зональности и каждой природной зоне соответствует свой «зональный» тип почвы. Причем

каждая природная зона характеризуется не одним каким-то типом почвы, а определенным набором весьма многочисленных, сопряженных между собой, но генетически не связанных почвенных типов.

Почва – биокосное тело природы. Располагаясь на границе соприкосновения литосферы, атмосферы и гидросферы, она формирует особую геосферу – педосферу, или почвенный покров Земли. Одновременно почва является одним из главных и сложных компонентов биосферы – области распространения жизни на Земле.

Строение почвы

Любую почву можно рассматривать как гетерогенную, многофазную систему, состоящую из трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. В твердой фазе преобладают минеральные образования (50...60 % от общего состава почвы), которые представлены первичными (кварц, полевые шпаты) и вторичными (глинистые минералы: каолинит, монтмориллонит, гидрослюда, смешанослойные минералы; минералы оксидов железа, алюминия, марганца, кремния; минералы – соли: доломит, сода, кальцит, магнезит, трона, гипс, ангидрит, мирабилит, галит, фосфаты, нитраты, сульфиды и др.) минералами. К этой же фазе относятся различные органические вещества (до 10 %), в том числе гумус или перегной, а также почвенные коллоиды, имеющие органическое, минеральное или органоминеральное происхождение.

Жидкую фазу почвы (почвенный раствор, 25...30 %) составляет вода с растворенными в ней органическими и минеральными соединениями, а также газами.

Газовую фазу почвы (15...25 %) составляет «почвенный воздух», включающий газы, заполняющие свободные от воды поры, а также газы, адсорбированные коллоидными частицами и растворенные в почвенном растворе.

Слоистая структура почвы возникает в результате взаимных перемещений в ней продуктов органического и неорганического происхождения. Почва состоит из нескольких горизонтов (слоев с одинаковыми признаками), возникающих в результате сложного взаимодействия материнских горных пород (подпочвы), климата, растительных и животных организмов (особенно бактерий), рельефа местности. Если заложить почвенный разрез с вертикальной передней стенкой, то на ней станет отчетливо видна последовательность генетических горизонтов, (рис. 7.2).

Буквами (см. рис. 7.2) обозначены генетические горизонты. I – чернозем типичный, II – солонец, III – подзол, IV – дерново-подзолистая; 1-A0 – подстилка, 2-A1 – перегнойно-элювиальный горизонт, 3-B1 – переходный горизонт в черноземах, 4, 8, 9-B2, B1, B3 – иллювиальные горизонты подзолистых почв, 5-B1 – иллювиальный солонцовый горизонт, 6-B2 – переходный горизонт солонца, 7-BC – переходный карбонатный горизонт чернозема, 10-E – элювиальный горизонт, 11-C – материнская порода.

В почве выделяют три основных горизонта, различающихся по морфологическим и химическим свойствам.

1 Верхний перегнойно-аккумулятивный горизонт (A), в котором накапливается и преобразуется органическое вещество и из которого промывными водами часть соединений выносятся вниз.

2 Иллювиальный горизонт (B), где оседают и преобразуются вымытые сверху вещества.

3 Материнскую породу, или горизонт (C), материал которой в результате процессов физического, химического, биологического выветривания преобразуется в почву.

В пределах каждого горизонта выделяют более дробные слои, также сильно различающиеся по свойствам. Если границы между горизонтами нечеткие, то могут отмечаться переходные горизонты.

Система генетических горизонтов, последовательно сменяющая друг друга по вертикали образует *почвенный профиль*. По строению почвенный профиль может быть простым и сложным, отличаться набором дифференцированных и недифференцированных генетических горизонтов. По составу горизонты бывают органогенные, гумусированные, карбонатные, железистые и другие; по свойствам – кислые, нейтральные, щелочные, насыщенные,

выщелоченные, ненасыщенные и другие. Сочетание этих признаков определяет общий внешний вид почвенного профиля и различия между генетическими горизонтами.

В профиле чернозема (рис. 7.2; I) верхнюю часть занимает горизонт А – перегнойно-аккумулятивный, он имеет темно-серую окраску, содержит много гумуса, азота, фосфора. Аналогичные горизонты имеются во всех почвах, но обычно они значительно меньшей мощности, более светлые по окраске и содержат меньше гумуса. Такие качества позволили В.В. Докучаеву назвать чернозем царем русских почв. Ниже горизонта А располагается переходный горизонт В1, затем горизонт ВС и неизменная порода – горизонт С. В подзолистых и дерново-подзолистых почвах (рис. 1.2; III, IV) горизонт А мал и обеднен элементами питания, он делится на два подгоризонта: А1 – темноокрашенный (перегнойно-элювиальный) и Е – светлоокрашенный (подзолистый или элювиальный). Кроме того, неразложившаяся лесная подстилка или дернина, покрывающая поверхность почвы, обозначается А0. Из горизонта Е нисходящими токами влаги вынесены Fe, Al, K, Mg и другие элементы, а накапливаются преимущественно оксиды кремния SiO₂. Многие элементы, особенно Fe, скапливаются в следующем горизонте В.

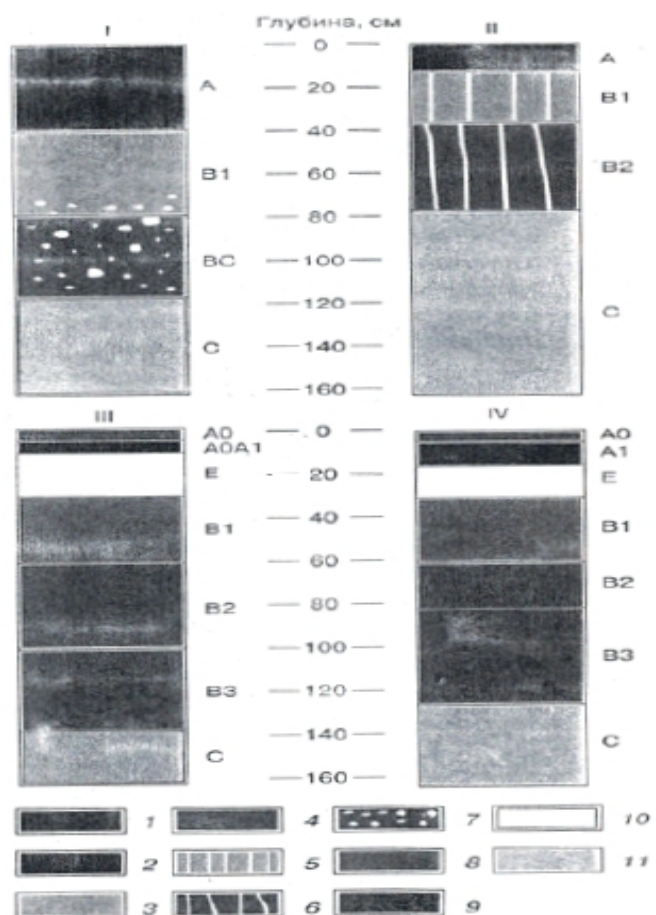


Рис. 7. 2 Строение некоторых почв

Если горизонт Е называют элювиальным (от латинского *eluo* – вымывать), то горизонт В – иллювиальным (от латинского *illuo* – вмывать). В зависимости от внешних признаков (окраски, структуры) могут выделяться подгоризонты В1, В2 и т.д. Еще ниже могут быть горизонты с интенсивным развитием восстановительных процессов, их называют глеевыми и обозначают буквой G. Для солонча (рис. 7.2; II) очень характерен плотный, столбчатый горизонт В, который обычно содержит много натрия и легко набухает при увлажнении.

К внешним морфологическим признакам относятся строение, мощность профиля и отдельных горизонтов, окраска, гранулометрический состав, структура, сложение, новообразования, включения.

Мощность почвенного профиля – общая протяженность всех горизонтов до материнской

породы. У различных почв она колеблется от 40...50 см до 2,5 м (у черноземов).

Мощность почвенного горизонта – протяженность от верхней до нижней границы. Например, $A_0 = 0 - 5$ см, $A_1 = 5 - 25$ см и т.д., т.е. видна как мощность, так и глубина расположения горизонта.

Структура почвы – это те отдельности (комочки, агрегаты), на которые она самопроизвольно распадается в состоянии оптимальной влажности. Размер, форма, такие внутренние свойства этих отдельностей, как механическая прочность и водопрочность, во многом определяются количеством и качеством органического вещества в почвах. С морфогенетической точки зрения различают три вида структуры (по С.А. Захарову): кубовидную, призмовидную и плитовидную. Внутри каждого типа, в зависимости от размера агрегатов и степени выраженности граней и ребер, выделяют виды. Например, кубовидная структура бывает: глыбистая, комковатая, пылеватая, ореховатая, зернистая и др. Кубовидный тип структуры характеризуется примерным равенством горизонтальной и вертикальной осей отдельностей.

Кубовидный тип структуры также характеризуется высокой устойчивостью в природе. Высокая устойчивость характерна для верхних горизонтов плодородных почв, так как обеспечивает благоприятные водно-воздушные свойства для роста растений. Другие типы структур не способны противостоять размывающему действию воды, а плитовидные отдельности отличаются низкой механической прочностью. С агрономической точки зрения структурными являются только почвы, обладающие кубовидной структурой (зернистой, средне- и мелкоореховатой, среднекомковатой). Процесс почвообразования включает явления вымывания (элювиирования) веществ из верхней части профиля и накопления (иллювиирования) их в средней и/или нижней части почвы. Причем элювиирование обычно сопровождается формированием структуры плитовидного типа, а иллювиирование – призмовидного типа.

С агрономической точки зрения важны не только форма структуры, сколько ее водопрочность, пористость, механическая прочность и размер.

Под *водопрочностью* понимают способность почвенных агрегатов противостоять размывающему действию воды. Целинные почвы содержат больше водопрочных агрегатов, чем старопашотные.

Почва считается структурной, если комковато-зернистые водопрочные агрегаты, размером от 10 до 0,25 мм, составляют более 55 %. При этом для почв северных районов лучшими являются агрегаты больших размеров, так как они хорошо обеспечивают водо- и воздухопроницаемость почвы. В центрально-черноземной зоне оптимальный размер агрегатов 1 – 5 мм.

Значение структуры в плодородии почв весьма существенно. В структурной почве, через крупные поры, происходит быстрое и полное впитывание осадков, благодаря чему создаются запасы влаги и уменьшается поверхностный сток и водная эрозия почвы. В этих почвах лучше воздушный режим, они не заплывают после дождя и не образуют корку, их легче обрабатывать, здесь меньше опасность ветровой эрозии.

Количество и прочность почвенных агрегатов постоянно изменяется. Часть их разрушается из-за неумелой обработки, переуплотнения, под влиянием химических процессов и др.

Гранулометрический состав. Твердая фаза почвы (скелет, основа почвы) состоит из частиц различной формы и размеров, которые различаются по минералогическому и химическому составу и называются механическими элементами. По Н.А. Качинскому – это обособленные кусочки, куски (осколки) пород и минералов, аморфных соединений. По происхождению они делятся на минеральные (95...98 %), органические и органоминеральные. Элементарные частицы, близкие по свойствам и размерам, объединяются в группы, фракции, на основе чего производится классификация механических элементов.

Частицы размером более 1 мм называют почвенным скелетом или крупноземом, менее 1

мм – мелкоземом.

Сумму всех частиц размером менее 0,01 мм называют физической глиной, а более 0,01 мм – физическим песком. Сумму всех частиц размером менее 0,001 мм называют илистой или тонкодисперсной фракцией.

Породы и почвы будут иметь различные свойства, зависящие от соотношений между теми или иными фракциями механических элементов.

Гранулометрическим (или механическим) составом называется относительное содержание в почве или породе фракций механических элементов.

Классификация по гранулометрическому составу проводится объединением пород и почв в несколько групп с характерными для них физическими и химическими свойствами.

В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено содержание в ней физической глины и физического песка (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Классификация по механическому составу (по Н.А. Качинскому)

| Краткое название почвы по механическому составу | Содержание физической глины (частицы 0,01 мм), % | Содержание физического песка (частицы 0,01 мм), % |
|---|--|---|
| Песок рыхлый | 0...5 | 100...95 |
| Песок связный | 5...10 | 95...90 |
| Супесь | 10...20 | 90...80 |
| Суглинок легкий | 20...30 | 80...70 |
| Суглинок средний | 30...45 | 70...55 |
| Суглинок тяжелый | 46...60 | 55...40 |
| Глина легкая | 60...75 | 40...25 |
| Глина средняя | 75...85 | 25...15 |
| Глина тяжелая | 85 | 15 |

Идеальная почва должна содержать приблизительно равные количества глины и песка с частицами промежуточных размеров. В этом случае образуется пористая, крупитчатая структура, и почва называется *суглинками*.

Гранулометрический состав почв имеет большое агрономическое значение. От него зависят все свойства и режимы: водный, тепловой, воздушный, питательный; все физические и физико-механические свойства. Песчаные и супесчаные почвы хорошо водопроницаемы, обладают благоприятным тепловым и воздушным режимом, легко обрабатываются, но бесструктурны, бедны гумусом и зольными элементами, имеют низкую поглотительную способность и буферность, плохо удерживают воду. Глинистые почвы, наоборот, медленно прогреваются, высоко влагоемкие, поэтому аэрации недостаточно, тяжелые при обработке, но богатые элементами питания, имеют высокую поглотительную способность и буферность. Такие культуры как пшеница, ячмень, горох, сахарная свекла, подсолнечник довольно требовательные к условиям произрастания и хорошо развиваются только на почвах средних по механическому составу (легко- и среднесуглинистых). Картофель, арбуз, эспарцет предпочитают легкие супесчаные почвы. Хорошо переносят легкие почвы рожь, люпин, вика озимая. А рис и овес могут хорошо расти и на тяжелосуглинистых почвах.

Классификация почв

С изменением географического положения территории существенно меняется климат и растительность. Это приводит к развитию разнообразных по характеру почвообразовательных процессов, следствием которых является образование групп почв, обладающих специфическими признаками.

Для более детального изучения почв, повышения их плодородия и эффективного использования все почвы *классифицированы*, т.е. объединены в группы по происхождению, свойствам и уровню плодородия. В настоящее время приняты следующие классификационные единицы: тип, подтип, род, вид и разновидность.

Под *типом* подразумевают группу почв, сформировавшихся в одинаковых природных условиях, обладающих сходными свойствами и уровнем плодородия. Примером типа могут

служить дерновоподзолистые почвы, черноземы, солонцы, каштановые почвы и т.д.

Подтипы – выделяют в пределах типа. Например, черноземы могут подразделяться на оподзоленные, выщелоченные, типичные и др.

Роды – почвы характеризуют состав почвообразующих пород, химизм грунтовых вод и т.д. (например, чернозем, выщелоченный на легких породах, чернозем южный солнцевато-солончаковый и т.д.).

Виды почв выделяют в пределах рода, в зависимости от степени развития почвообразовательного процесса – степени подзолистости, глубины гумусированности и др. (например, чернозем мощный тучный).

Разновидность – характеризует механический состав верхней части профиля почвы (супесчаная, тяжелосуглинистая почва и др.).

Почвенные карты и картограммы

Разнообразие почвенного покрова требует дифференцированного подхода при разработке мероприятий по сельскохозяйственному использованию земель. С этой целью проводят почвенные обследования и составляют почвенные карты.

Почвенные карты бывают мелкомасштабные, на которые наносят почвы республик, краев, областей и крупномасштабные, для характеристики почв отдельных хозяйств. На крупномасштабную карту наносят типы и виды почв, их механический состав, основные агрохимические данные, характеризующие почву.

Для производственных целей, в дополнение к почвенной карте, составляют специальные картограммы, на которых отмечают содержание в почве гумуса, азота, фосфора, калия, микроэлементов (В, Сu, Мn и др.), почвенную кислотность или степень засоленности, участки, подверженные водной и ветровой эрозии и степень эродированности.

Почвенная характеристика учитывается при разбивке севооборотов, выделении участков под застройку, размещении ценных полевых культур, выделении сенокосов и пастбищ.

Почвенная карта необходима при установлении последовательности весенних полевых работ и сроков посева на разных участках, для определения потребности в удобрении и известковании.

Органическое вещество почв – это совокупность живой биомассы (эдафон), органических остатков растений, микроорганизмов и животных различной степени разложения, продуктов их метаболизма и гумуса. Наземные и внутренние почвенные организмы после своего отмирания в виде безжизненного органического вещества поступают в почву. В результате микробиологических и частично химических и физико-химических процессов это вещество подвергается сложным биохимическим преобразованиям.

Органические соединения, поступающие в почву в составе остатков растительных и животных организмов, либо разрушаются до простых неорганических соединений (углекислый газ, вода и др.), либо преобразуются в новые органические соединения. Комплекс новообразованных специфических почвенных органических соединений получил название почвенного перегноя, или *гумуса*. Таким образом, гумус – совокупность всех органических соединений, находящихся в почве, но не входящих в состав живых организмов или образований, сохраняющих анатомическое строение, не участвующих в построении тканей растительных и животных остатков. В состав гумуса входят гуминовые вещества, к которым относятся гуминовые кислоты, гумусовые кислоты, гиматомелановые кислоты, фульвокислоты, гумин, различного рода индивидуальные органические соединения биологического происхождения, а также техногенные органические соединения, попадающие в почву при внесении удобрений, пестицидов, обработке почвы и ее техногенном загрязнении (рис. 7.3).



Рис. 7.3 Номенклатура (перечень) гуминовых веществ

Гумус в различных типах почв неодинаков, и его характер определяется рядом условий и факторов, среди которых основная роль принадлежит жизнедеятельности микроорганизмов – бактерий, актиномицетов и грибов. Важное значение имеет состав поступающих в почву растительных остатков, а также режим кислорода, определяющий аэробную или анаэробную среду превращения растительных остатков. Кроме того, большое значение для процесса превращения растительных остатков в почве имеют степень влажности, температурные условия, механический и минеральный состав почвы.

Гумус является наиболее характерной и существенной частью почвы, с которой в основном связано *плодородие*. В гумусе сохраняются основные элементы питания растений, в первую очередь азот, сера, фосфор, калий, а также микроэлементы (кобальт, молибден, медь и др.). Эти элементы освобождаются в результате деятельности микроорганизмов и становятся доступными растениям. Отдельные компоненты гумуса участвуют в процессе выветривания, перевода в усвояемую растениями форму новые порции зольных элементов. Гумус частично определяет поглощательную способность почв. Гумус влияет на ряд морфологических и физических свойств почв (влагоемкость, аэрацию, тепловые свойства), обуславливая их цвет и структуру.

Важнейшим свойством почвы является ее плодородие – способность обеспечивать растения водой, элементами питания и воздухом. Мощность гумусового слоя и содержание гумуса в почве являются одним из важнейших показателей уровня плодородия почв. В подзолистых почвах северных районов России содержится 1...3 % гумуса, в более плодородных почвах лесостепной зоны 4...6 %. Наиболее богаты гумусом черноземы (обыкновенные 7...8 %, тучные 8...12 %).

Одним из главных признаков плодородной почвы является наличие в ней гумусовых веществ, которые обуславливают черную, темно-серую и серую окраски. Помимо этих цветов соединения окислов железа придают почве красноватый и бурый оттенок, от закисей железа формируются голубовато-зеленоватые тона; кремнезем, углекислый кальций, каолинит обуславливают белую и белесую окраску.

Эти же тона формируются при наличии в почве гипса и некоторых легкорастворимых солей.

Уменьшение содержания гумусовых веществ в почве приводит к их дегумификации. Этот процесс обусловлен резкой сменой баланса почв по органическому веществу при освоении целинных земель, или при длительной распашке почв без применения органических удобрений, или без посева многолетних трав. Ухудшаются физические свойства, структура,

водопроницаемость почв, что способствует усилению процессов эрозии, особенно опасной для пахотных земель. Эрозия усиливает процесс дегумификации. Резко сокращается содержание в почве наиболее ценных зернистых агрегатов размером 1...5 мм.

В общем случае воздействие на почву при сельскохозяйственном использовании может быть сбалансированным – без коренных перестроек почвенного профиля, с севооборотом, с различным внесением органических и минеральных удобрений, с формированием высокого уровня плодородия; а может быть экстенсивным – с изъятием органических веществ без их восполнения, с быстрым расходом естественных питательных ресурсов, с потерей плодородия и физическим разрушением и изменением почвенного профиля.

Почвенная влага

Одно из условий формирования почвы – наличие в ней воды. Воде принадлежит основная роль как в выветривании горных пород, так и в развитии почв. Благодаря воде в почве протекают многие биологические, физические и химические процессы, совершается транспортировка веществ, происходит развитие растений и микроорганизмов. Почвенная влага является терморегулирующим фактором, в значительной степени определяющим баланс тепла в почве и ее температурный режим, от ее количества зависят физико-механические свойства почв (структура, плотность твердой фазы, плотность сложения почв, пористость почв, пластичность, липкость, набухание, усадка, связность почвы, твердость и др.), а в конечном итоге – и их плодородие.

При этом как недостаток, так и избыток влаги отрицательно сказывается на плодородии почв, снижает окупаемость минеральных и органических удобрений, уменьшает эффективность агротехнических мероприятий.

В природных условиях в почве всегда содержится то или иное количество влаги. Если массу этой влаги выразить в процентах от массы сухой почвы, то можно рассчитать *абсолютную влажность почвы*

$$W = 100 \cdot \frac{M_v}{M_{п}},$$

где W – абсолютная влажность почвы (в %); M_v – масса воды; $M_{п}$ – масса абсолютно сухой почвы.

Для характеристики степени насыщения почв водой введено понятие *относительной влажности*, которая рассчитывается как процент абсолютной влажности от полной влагоемкости:

$$W_{отн} = 100 \cdot \frac{W}{ПВ},$$

где $W_{отн}$ – относительная влажность (в %); $ПВ$ – полная влагоемкость (в %).

Для большинства культурных растений оптимальная относительная влажность почвы находится в пределах 70...100 % от полной влагоемкости.

Основной источник воды в почве – атмосферные осадки. Однако обеспеченность растений водой зависит не только от количества осадков, но и от водных свойств самой почвы, от способности почвы испарять, впитывать, поднимать по капиллярам влагу, удерживать и отдавать ее растениям.

При одинаковых осадках разные почвы могут содержать различное количество доступной для растений влаги, что во многом зависит от их гранулометрического и минералогического составов, структурного состояния и гумусированности. В связи с этим важно знать не только общие запасы воды в почве, но и состояния, в которых она может находиться, ее доступность растениям, законы передвижения воды в почвенном профиле, водопроницаемость, водные свойства почв (водоудерживающая и водоподъемная способность) и их водные режимы.

Вода в почве (жидкая фаза почвы) – природные воды, включающие пленочную (адсорбированную), капиллярную (поровую) и гравитационную воду. Это деление условное, резких границ между указанными формами воды в почве нет. Вода в почве может находиться

в свободном состоянии и связанном состоянии. В свободном состоянии в пространстве между частицами почвы она подчиняется силам земного притяжения (гравитации) либо частично удерживается в капиллярах пород менисковыми силами.

Растения легко усваивают гравитационную воду, когда она находится в зоне корневой системы (поэтому важен полив почвы). Растения легко поглощают капиллярную воду, играющую наибольшую роль в регулярном снабжении их водой.

В связанном состоянии вода в почвах может быть либо в пленочном, либо в адсорбированном виде, удерживаясь между зернами пород адсорбционными силами. Известны две формы связанной воды: физическая и химическая. Химически связанная вода – это кристаллизационная вода. Она прочно связана с кристаллами. Физически связанная вода может быть как прочносвязанной, так и рыхлосвязанной.

Прочносвязанная вода удерживается физическими законами – громадным давлением в недрах. Эта вода называется гигроскопической. Она совершенно недоступна растениям. Рыхлосвязанная вода обволакивает частицы породы. Она представляет собой дополнительную водную пленку, расположенную вокруг прочносвязанной воды. Она обладает повышенной вязкостью, может очень медленно передвигаться по поверхности частиц породы, как жидкость. На эту воду не оказывает влияние гравитация, и замерзает она не при 0 °С, а при –1,5 °С. Высвобождается при температуре 105...110 °С и физиологически практически недоступна растениям. Ее количество зависит от содержания в почве коллоидных частиц. В глинистых почвах ее содержится около 15 %, в песчаных – около 5 % массы почвы. Она образует так называемый «мертвый запас» воды. К почвенному раствору можно условно отнести капиллярную воду, которая занимает меж- и внутри-агрегатные капилляры, и гравитационную воду, с которой связано перемещение химических веществ по почвенному профилю.

Для растений очень важно, насколько хорошо удерживает почва полученную влагу и отдает ее корням. Наибольшее количество воды, которое может быть удержано почвой, называется общей (или полной) *влагоемкостью* почвы. Она зависит от механического состава почвы, содержания в ней гумуса и от общей пористости.

Свойство почвы впитывать и пропускать через себя воду называется *водопроницаемостью*. При плохой водопроницаемости (на тяжелых почвах) вода осадков стекает по поверхности почвы. В то же время при очень высокой водопроницаемости, которой, например, обладает песчаная почва, осадки слишком быстро проникают через почву и не используются растениями.

Свойство почвы поднимать воду вверх называется *водоподъемной способностью*. Наибольший этот показатель у глинистых и суглинистых почв.

Отбор проб почв и подготовка их к анализу

Отбор проб проводится в соответствии с нормативными документами [1, 2].

1 Точечные пробы отбирают на пробной площадке из одного или нескольких слоев или горизонтов методом конверта, по диагонали или любым другим способом с таким расчетом, чтобы каждая проба представляла собой часть почвы, типичной для генетических горизонтов или слоев данного типа почвы.

В зависимости от цели исследования, размера пробной площадки, количество точечных проб должно соответствовать указанным в табл. 7.3.

Точечные пробы отбирают ножом или шпателем из прикопок или почвенным буром.

2 Объединенную пробу составляют путем смешивания точечных проб, отобранных на одной пробной площадке.

3 Для химического анализа объединенную пробу составляют не менее, чем из пяти точечных проб, взятых с одной пробной площадки. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг.

Для контроля загрязнения поверхностно распределяющимися веществами – нефть,

нефтепродукты, тяжелые металлы и др. точечные пробы отбирают послойно с глубины 0 – 5 и 5 – 20 см массой не более 200 г каждая.

| Цель исследования | Размер пробной площадки, га | | Количество проб |
|---|-----------------------------|-------------------------------|---|
| | однородный почвенный покров | неоднородный почвенный покров | |
| Определение содержания в почве химических веществ | От 1 до 5 | От 0,5 до 1 | Не менее одной объединенной пробы |
| Определение содержания физических свойств и структуры почвы | От 1 до 5 | От 0,5 до 1 | От 3 до 5 точечных проб на один почвенный горизонт |
| Определение патогенных организмов и вирусов | От 0,1 до 0,5 | 0,1 | 10 объединенных проб, состоящих из 3 точечных проб каждая |

Для контроля загрязнения легко мигрирующими веществами точечные пробы отбирают по генетическим горизонтам на всю глубину почвенного профиля.

4 При отборе точечных проб и составлении объединенной пробы должна быть исключена возможность их вторичного загрязнения.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения тяжелых металлов, отбирают инструментом, не содержащим металлов. Перед отбором точечных проб стенку прикопки или поверхности керна следует зачистить ножом из полиэтилена или полистирола, или пластмассовым шпателем.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения летучих химических веществ, следует сразу поместить во флаконы или стеклянные банки с притертыми пробками, заполнив их полностью до пробки.

Точечные пробы почвы, предназначенные для определения пестицидов, не следует отбирать в полиэтиленовую или пластмассовую тару.

5 Все объединенные пробы должны быть зарегистрированы в журнале и пронумерованы. На каждую пробу должен быть заполнен сопроводительный талон (см. прил.). В процессе транспортировки и хранения почвенных проб должны быть приняты меры по предупреждению возможности их вторичного загрязнения.

6 Пробы почвы для химического анализа высушивают до воздушно-сухого состояния. Воздушно-сухие пробы хранят в матерчатых мешочках, в картонных коробках или в стеклянной таре.

Пробы почвы, предназначенные для определения летучих и химически нестойких веществ, достают в лабораторию и сразу анализируют.

7 Для подготовки почв к анализу пробу почвы рассыпают на бумаге или кальке и разминают пестиком крупные комки. Затем выбирают включения – корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, кости животных, а также новообразования – друзы гипса, известковые журавчики и др. Почву растирают в ступке пестиком и просеивают через сито с диаметром отверстий 1 мм.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Посуда и приборы: весы технические, сушильный шкаф, чашка, лопатка, пакеты полиэтиленовые с образцами почвы, стеклянный бюкс с пришлифованной крышкой, шпатель, эксикатор, почвенная карта России и Томской области, почвенные карты и агрохимические картограммы хозяйств.

Опыт 1: Определение влажности, состава и структуры почвы

Лопаткой отберите пробу в пяти точках участка (рис. 7.4), на глубине 0 – 20 см.

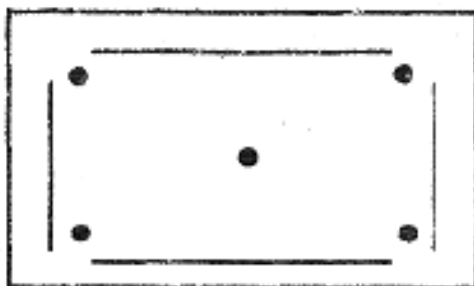


Рис.7.4 Точки взятия проб на участке

Поместите пробы в пакеты. Каждый пакет герметично завяжите. Заполните сопроводительный талон.

На аналитических весах взвесьте чистый стеклянный бюкс с пришлифованной крышкой, доведенный в сушильном шкафу при температуре 100...105 °С до постоянной массы, с точностью 0,0001 г. Навеску почвы поместите в бюкс. Для высокогумусных глинистых почв с высокой влажностью достаточно 15...20 г, навеска для более бедных и сухих почв должна быть 15...50 г. Ориентировочную массу навески определите на технических весах, точный вес определите на аналитических весах. Затем бюкс откройте, крышку установите в вертикальное положение, и поместите в сушильный шкаф. Температура нагрева составляет 105 °С в течение 6 ч. Песчаные почвы нагревают 3 ч при той же температуре, загипсованные – 8 ч при 80±2 °С. Высушенные навески перенесите в эксикатор с концентрированной H₂SO₄ или безводным CaCl₂. Закройте бюкс с навеской. После остывания навески взвесьте бюкс с навеской на аналитических весах и снова поместите в сушильный шкаф на 1 ч для песчаных почв, и на 2 ч для остальных почв при той же температуре. Сушите и взвешивайте до тех пор, пока разница между последними взвешиваниями не будет меньше 0,0003 г.

Рассчитайте влажность образца (W, %) по формуле:

$$W = 100 \cdot \frac{m_1 - m_0}{m_0 - m}$$

где m_1 – масса влажной почвы с бюксом; m_0 – масса высушенной почвы с бюксом; m – масса бюкса.

Опишите цвет, механический состав, структуру, влажность почвы и занесите полученные результаты в табл. 7.2.

Таблица 7.2

| № пробы | Место отбора пробы | Структура почвы | Состав почвы | Влажность почвы | | | |
|---------|--------------------|-----------------|--------------|-----------------|-----------|---------|------|
| | | | | m_1 , г | m_0 , г | m , г | W, % |
| 1 | | | | | | | |
| . | | | | | | | |
| . | | | | | | | |
| . | | | | | | | |

Необходимо указать: в графе «структура почвы» – рассыпчатая, комковатая, ореховатая, зернистая и др.; в графе «состав почвы» – наличие песка, глины, камней, инородных включений.

При описании цвета почвы используйте таблицу Манселла и треугольник цветов С.А. Захарова.

Влажность почвы определите следующим способом: из описываемого горизонта берут небольшой образец почвы, сжимают его в руке и по результату судят о влажности почвы. По степени влажности почву подразделяют на *мокрую* - при сжатии вытекает вода; *сырую* - смачивает руку (остается мокрый след), но не стекает между пальцев, *влажную* - явно

ощущается влага, увлажняет фильтровальную бумагу; *свежую* (влажноватую) - холодит руку, почва мажется; *сухую* - не мажется, на ощупь кажется теплой, пылит.

Механический состав определите методом раскатывания: небольшое количество почвенного материала смачивают водой до консистенции густой вязкой массы. Эту массу скатывают на ладони в шарик диаметром 1-2 см. Шарик раскатывают в шнур диаметром 3 мм, который затем сгибают в кольцо с наружным диаметром 3 см (рис.7.5): Если почва глинистая - шнур при сгибании в кольцо не ломается и не растрескивается (рис.7.5А). Шнур из суглинистой почвы при сгибании в кольцо разламывается. При этом выделяются три разновидности: тяжелый суглинок - кольцо с трещинами (рис. 7.5В), средний - кольцо при свертывании распадается (рис.1.5С), легкий суглинок - шнур дробится при раскатывании (рис.7.5D). Из супесчаной почвы можно получить только непрочный, легко рассыпающийся шарик, шнур из которого сразу же распадается на фрагменты (рис.7.5Е). Из песчаной почвы шнур приготовить нельзя (рис.7.5F).

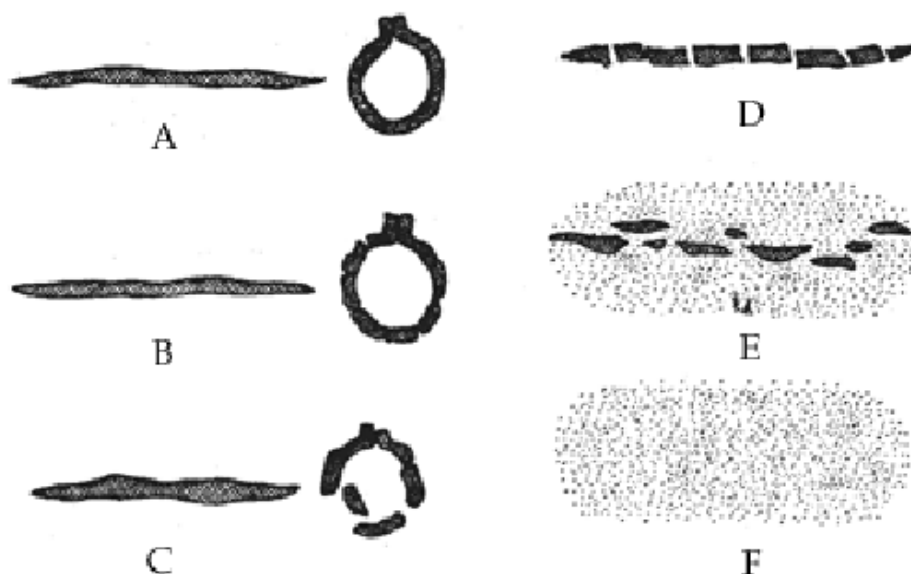


Рис. 7.5. Определение механического состава методом раскатывания

Структуру почвы определяют по характеру отдельных комочков, на которые она произвольно распадается при легком разминании в руках или при выбрасывании почвенной массы из ямы. Различают три основных типа структуры:

1) кубовидную - структурные отдельности равномерно развиты по трем осям (рис.7.6, А-Е), 2) призматическую - отдельности развиты преимущественно по вертикальной оси (рис.7.6, F, G), 3) плитовидную - отдельности развиты преимущественно по двум горизонтальным осям и укорочены в вертикальном направлении (рис.7.6, H-K).

Структуру определяют в процессе препарирования передней стенки, когда из исследуемого горизонта ножом выковыривается небольшой кусочек почвы и подбрасывается несколько раз на ладони, листе бумаги или лопате до тех пор, пока не распадется на структурные отдельности.

Каждому типу почв и каждому генетическому горизонту свойственны определенные типы почвенных структур. Для гумусовых горизонтов, например, характерна зернистая (рис.7.6, D), комковатая (рис.7.6, А), комковато-зернистая, порошистая (рис.7.6, Е), порошисто-комковатая структура; для элювиальных горизонтов - плитчатая, листоватая (рис.7.6, J), чешуйчатая (рис.7.6, K), пластинчатая (рис.7.6, I); для иллювиальных - столбчатая (рис.7.6, H), призматическая (рис.7.6, G), ореховатая (рис.7.6, С).

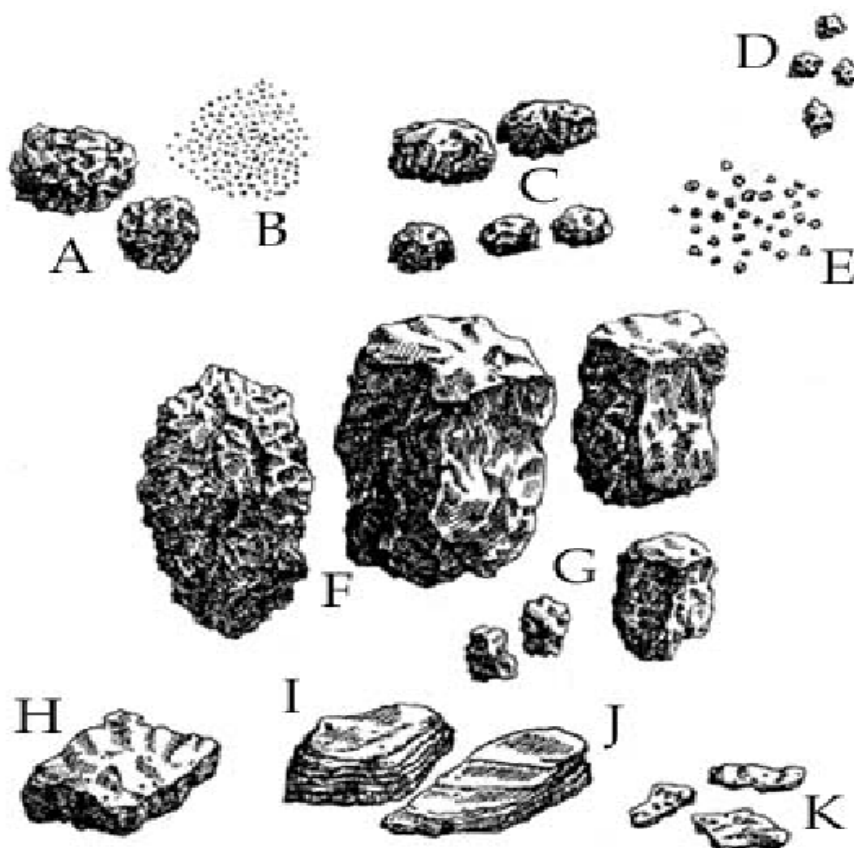


Рис. 7.6. Типы почвенных структур

Опыт 2: Определение плодородия почвы по ее цвету. Установление типа почв

1 Почву по содержанию гумуса и цвету можно условно разделить на следующие категории по плодородию:

Таблица 7.3

Категории почв по плодородию

| Окраска почв | Содержание гумуса, % | Категории |
|--------------|----------------------|---|
| Очень черная | 10...15 | Высокогумусная, очень плодородная |
| Черная | 7...10 | Гумусная, плодородная |
| Темно-серая | 4...7 | Среднегумусная, среднеплодородная |
| Серая | 2...4 | Малогумусная, среднеплодородная |
| Светло-серая | 1...2 | Малогумусная, малоплодородная |
| Белесая | 0,5...1 | Очень малогумусная, очень малоплодородная |

Образцы почв с различным содержанием гумуса рассмотрите при разном освещении и определите их категорию согласно вышеприведенной таблице.

2 По почвенной карте Европейской части России изучите и выпишите основные типы почв, указывая географические районы их распространения. Используя почвенную карту Томской области, перечислите наиболее распространенные почвы на ее территории в северных, центральных и южных районах.

Используя почвенную карту хозяйства, изучите условные обозначения. Запишите, как принято изображать на карте тип почвы, ее механический состав, материнские породы. Отметьте, какие почвы наиболее распространены на территории хозяйства, какие почвы встречаются в долинах рек, в лесах, на лугах, в оврагах и т.д. Сделайте выводы о почвенных условиях хозяйства и возможности сельскохозяйственной деятельности в данных условиях.

Изучите агрохимические картограммы хозяйства и запишите, что обозначается на них и какими условными знаками. Сделайте заключение о содержании в почве элементов питания,

почвенной кислотности, необходимости внесения минеральных удобрений и известкования.

Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы об экологическом состоянии почвы по ее общим физическим свойствам.

Контрольные вопросы

1. Назовите горизонты почвенного профиля. Как они обозначаются, чем характеризуются?
2. Что называется почвенным профилем? Какое строение имеют: чернозем, солонец, подзол?
3. По каким параметрам оценивается структура?
4. Что такое водопрочность?
5. Перечислите разновидности почв по механическому составу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

1. Брюхань Ф. Ф., Графкина М. В., Сдобнякова Е. Е. Промышленная экология. - М.: Форум, 2012. - 208 с.
2. Хван Т.А., Шинкина М.В. Экология. Основы рационального природопользования. - М.: Издательство Юрайт, 2012. - 320 с.
3. Степановских А.С. Прикладная экология. охрана окружающей среды: учебник для вузов / А.С. Степановских. М.: ЮНИТИ, 2005. - 750 с.
4. Комарова н.Н. Геоэкология и природопользование: учебное пособие для вузов / Н.Г. Комарова. - М.: Academia, 2003. - 189 с.
5. Ясаманов Н.А. Основы геоэкологии / учебное пособие для вузов / Н.А. Ясаманов. М.: Academia, 2003. - 351 с.