

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ ИМ. ПРОФ. М.А. БОНЧ-БРУЕВИЧА» (СПбГУТ)

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

Направление подготовки 05.04.06 Экология и природопользование

Разработчик: доцент, к.т.н. Манвелова Н.Е.

**Санкт-Петербург
2018**

Практическая работа №1 «Изучение эффективности методов очистки сточных вод»

Цель выполнения работы: ознакомиться с отдельными механическими и физико-химическими методами очистки сточных вод от растворенных и взвешенных загрязнителей.

Методы очистки сточных вод делятся на регенеративные (отделение загрязнений от воды) и деструктивные (разрушение загрязнений). К регенеративным методам относятся: отстаивание, фильтрация, сорбция, ионный обмен, коагуляция и пр. Деструктивные методы очистки сточных вод включают: окисление хлором, кислородом (O_2), озоном (O_3), термическую обработку, УФ-облучение.

Методы очистки бывают:

- **физические** – отстаивание, фильтрация, дистилляция, флотация, вымораживание;
- **физико-химические** – сорбция, коагуляция с флокуляцией, ионный обмен, экстракция и пр.;
- **химические** – окисление, реагентная обработка и т. д.;
- **биологические** – очистка с помощью микроорганизмов:
 - а) **аэробные процессы очистки** (в присутствии воздуха, сооружения – аэротенки, биофильтры, поля фильтрации, биопруды);
 - б) **анаэробные процессы** (без доступа воздуха, сооружения – метантенки, септики).

Фильтрация – процесс очистки воды при прохождении ее через слой фильтрующей загрузки.

Флотация – насыщение воды пузырьками газа (чаще воздуха). Загрязнения прилипают к поверхности всплывающих пузырьков и транспортируются на поверхность воды. На поверхности воды накапливается пена, содержащая удаленные из воды загрязнения.

Сорбция (лат. sorbsio поглощаю) – процесс накопления на поверхности твердых частиц (сорбента) молекул или ионов растворенного в воде вещества (сорбата). Сорбция возникает самопроизвольно и продолжается с убывающей скоростью до достижения равновесного состояния.

Ионный обмен заключается в том, что твердый материал (ионит) поглощает из воды ионы загрязнений в обмен на эквивалентное количество других, одноименно заряженных обменных ионов. Таким образом, общая концентрация ионов в воде не изменяется, хотя ионный состав становится другим.

Экстракция– при смешивании двух взаимно нерастворимых жидкостей вещества, растворенные в них, перераспределяются между обеими жидкостями пропорционально своим растворимостям.

Коагуляция(лат. coagulation свертывание) – это агрегация дисперсных частиц, происходящая в результате изменения их структуры и заряда, под влиянием электролитов или других факторов. Сущность обработки воды коагулянтами заключается в гидролизе коагулянта с последующим взаимодействием продуктов гидролиза (гидроокиси и основные соли) с коллоидными и грубодисперсными загрязнениями воды. Загрязнения переводятся в хлопьеобразное состояние и легко удаляются из воды путем отстаивания.

Реагентная деструкция – это окисление загрязнителей стоков химическими реагентами: кислородом, хлором и некоторыми его соединениями, пероксидом водорода, перманганатом калия и пр. с переводом в нетоксичные соединения.

Правильный выбор метода очистки сточных вод зависит от фазово-дисперсного состояния загрязнений, их химического состава и количественного содержания. Отдельные технологии очистки воды обладают определенной степенью универсальности, т. е. пригодны для удаления различных водных загрязнений.

В середине 60-х годов украинский академик Л.А. Кульский разработал классификацию водных примесей, объединив в общие группы те из них,

которые могут удаляться одинаковыми методами. В основу классификации положено понятие о фазовом состоянии вещества в водной среде, которое в известной степени определяется дисперсностью. Этот принцип позволил объединить в небольшое количество групп самые разнообразные по химической и физической характеристике примеси природных и сточных вод и создать классификацию загрязняющих воду веществ, предопределяющую методы их группового удаления (табл. 1).

Сущность предлагаемой классификации заключается в том, что все примеси воды по отношению к дисперсионной среде (воде) разделены на четыре группы, две из которых представляют собой **гетерогенные системы** и две другие – **гомогенные**.

Первые образуются присутствующими в воде взвесями и коллоидами, вторые – веществами, дающими с водой молекулярные и ионные растворы. Если система гомогенная, то частицы, входящие в ее состав, не имеют поверхности раздела, что затрудняет их удаление. Гетерогенные системы состоят из двух и большего количества фаз (примером служит сточная вода, в состав которой входят помимо твердых частиц, пузырьки воздуха, глобулы нефтепродуктов и другие примеси).

Такой порядок расположения групп и систем с повышающейся дисперсностью примесей целесообразен с технологической точки зрения, так как очистка воды начинается с удаления грубодисперсных примесей и коллоидно-дисперсных веществ. Методы удаления этих загрязнений являются наиболее общими, они широко применяются на всех очистных сооружениях промышленных и коммунальных водопроводов и цехов очистки промышленных, сельскохозяйственных, бытовых сточных вод.

Таблица 1

Классификация примесей воды по их фазово-дисперсному составу и процессы, используемые для их удаления

| Система | Размер частиц, см | Характеристика загрязнителей | Метод удаления загрязнений |
|---------------------|-----------------------------------|--|--|
| Гетерогенная | 1-я группа $10^{-5} - 10^{-4}$ | <i>Взвеси:</i> суспензии, эмульсии, обуславливающие мутность воды, патогенные микроорганизмы, планктон | <ol style="list-style-type: none"> 1. Механическое безреагентное разделение (седиментация; фильтрация; микропроцеживание; центрифугирование). 2. Добавление реагентов с последующим отстаиванием и фильтрованием. 3. Адгезия на гидроокислах алюминия и железа и на высокодисперсных и зернистых материалах. 4. Агрегация при помощи флокулянтов. 5. Флотация. 6. Бактерицидное воздействие на патогенные микроорганизмы и бактерии. |
| | 2-я группа $10^{-6} - 10^{-5}$ | <i>Коллоидные растворы:</i> коллоиды и высокомолекулярные соединения, обуславливающие окисляемость и цветность воды, а также вирусы | <ol style="list-style-type: none"> 1. Окисление хлором, озоном и др. 2. Адсорбция на гидроокисях алюминия и железа, а также на высокодисперсных глинистых материалах. 3. Агрегация при помощи высокомолекулярных флокулянтов катионного типа. 4. Воздействие на вирусы (окислителями, УФ- и γ-излучением) |
| Гомогенная | 3-я группа $10^{-7} - 10^{-6}$ | <i>Молекулярные растворы:</i> газы, растворимые в воде, органические вещества, придающие ей запахи и привкусы | <ol style="list-style-type: none"> 1. Десорбция газов и легколетучих органических соединений при аэрировании. 2. Окисление хлором, озоном, перманганатом и др. 3. Адсорбция на активированных углях и др. материалах. 4. Экстракция органическими окислителями. 5. Эвапорация (пароциркуляционный метод). 6. Биохимическое разложение |
| | 4-я группа $10^{-8} - 10^{-7}$ | <i>Ионные растворы:</i> соли, основания, придающие воде минерализацию, жесткость и щелочность | <ol style="list-style-type: none"> 1. Перевод ионов в малодиссоциированные соединения. 2. Перевод ионов в малорастворимые соединения. 3. Фиксация ионов на твердой фазе ионитов. 4. Сепарация ионов при различном фазовом состоянии воды. 5. Использование подвижности ионов в электрическом поле (электродиализ) |

Последовательность выполнения работы

♦ Опыт № 1. Фильтрация

Оборудование, реактивы, материалы:

- модельные сточные воды с загрязнителями 1-й группы;
- ФЭК, кюветы ($L = 50$ мм);
- коническая колба ($V = 250$ мл), воронка, бумажный фильтр.

В пробе предложенной сточной воды измерить на ФЭК оптическую плотность $D_{исх}$, которая является косвенным показателем содержания в воде взвешенных веществ (см. прил. 1 и лабораторную работу 1.2.1, опыт № 2).

Поместить в колбу стеклянную воронку с бумажным фильтром, отфильтровать приблизительно 50 мл сточной воды и измерить оптическую плотность $D_{кон}$ очищенной воды.

Определить эффект очистки \mathcal{E} воды, %:

$$\mathcal{E} = \frac{P_{нач} - P_{кон}}{P_{нач}} 100, \quad (1)$$

где P – измеряемый параметр (в данном случае D), $P_{нач}$ – исходный параметр (до очистки), $P_{кон}$ – после очистки.

Сделать вывод об эффективности применяемого метода очистки воды от загрязнителей 1-й группы.

♦ Опыт № 2. Сорбционная очистка

Оборудование, реактивы, материалы:

- модельные сточные воды с загрязнителем 3-й группы (раствор красителя индиго $C \approx 5$ мг/л);
- ФЭК, кюветы ($L = 20$ мм), калибровочная кривая;
- конические колбы ($V = 250$ мл, 2 шт.), мерный цилиндр ($V = 50$ мл), стаканы ($V = 100$ мл, 2 шт.), стеклянные палочки, воронка, бумажные фильтры;
- сорбенты: активированный уголь, химический поглотитель;

– технические весы.

Определить с помощью ФЭК оптическую плотность $D_{нач}$ исходной сточной воды при $\lambda = 530$ нм и $L_{кюветы} = 20$ мм (см. Прил. 1).

В два стакана налить по 50 мл модельных стоков. В один поместить 1 г активированного угля, в другой – 3 г, предварительно взвесив уголь на технических весах. Перемешать содержимое каждого стакана в течение 5 минут. Сточную воду отфильтровать через бумажные фильтры и замерить оптическую плотность $D_{кон}$ очищенной воды в каждой пробе. Используя калибровочный график (см. Прил. 3), определить содержание загрязнителя (C , мг/л) в модельных стоках до и после обработки воды активированным углем. По формуле (2) найти эффективность очистки сточной воды активированным углем (причем P – это начальное и конечное содержание загрязнителя, мг/л, в воде). Результаты занести в табл. 2.

Аналогичным образом провести очистку модельных стоков химическим поглотителем, используя те же дозы сорбента. Определить оптическую плотность исходной и очищенной воды, а по калибровочному графику – исходное и остаточное содержание загрязнителя, рассчитать эффекты сорбционной очистки.

Таблица 2

Результаты сорбционной очистки

| Параметр | Сорбент, г на 50 мл сточной воды | | | |
|-------------------|----------------------------------|---|------------------------|---|
| | Активированный уголь | | Химический поглотитель | |
| | 1 | 3 | 1 | 3 |
| $D_{нач}$ | | | | |
| $D_{кон}$ | | | | |
| $C_{нач}$, мг/л | | | | |
| $C_{кон}$, мг/л | | | | |
| \mathcal{E} , % | | | | |

Сделать вывод об эффективности сорбционного метода для улавливания загрязнителей 3-й группы. Дать оценку влияния вида и количества сорбента на качество очистки стоков.

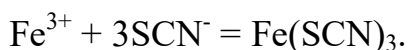
◆ Опыт № 3. Реагентная очистка

Оборудование, реактивы, материалы:

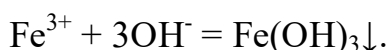
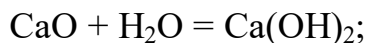
- модельные сточные воды с загрязнителями 4-й группы;
- тиоцианат калия (KSCN) – насыщенный раствор, СаО (порошок);
- набор пробирок.

Ионы некоторых тяжелых металлов можно удалять из воды введением NaOH или СаО, что приводит к осаждению малорастворимых гидроксидов металлов.

В пробирку поместить 5–10 капель модельных стоков, добавить 1–2 капли раствора KSCN, отметить образование буро-красного раствора тиоцианата железа, что свидетельствует о наличии в сточной воде Fe (III):



В другую пробирку налить до половины модельных стоков, поместить 1–2 микрошпателя СаО, перемешать и поставить отстояться. Очистка воды от ионных загрязнителей протекает по схеме:



Образовавшийся нерастворимый гидроксид железа выпадает в осадок.

Осторожно слить в чистую пробирку верхнюю осветленную часть сточной воды, добавить 1–2 капли KSCN. Что наблюдается?

Сделать вывод об эффективности очистки воды от ионов Fe (III) и возможности применения данного метода для улавливания загрязнителей 4-й группы.

◆ Опыт № 4. Коагуляционно-флокуляционный метод очистки

Оборудование, реактивы, материалы:

- ФЭК, кюветы ($L = 50$ мм);
- мерные цилиндры ($V = 10, 50, 250$ мл), стаканы ($V = 500$ и 250 мл), стеклянная палочка;
- кондуктометр «АНИОН-410К»;
- реактивы: сухая зола (навеска 2 г), раствор хлорида цинка ($C_{соли} = 100$ мг/л), раствор флокулянта ($C_{фл} = 1$ г/л), (приготовление реактивов – см. прил. 4);
- модельные стоки, содержащие загрязнители разных групп (приготовление модельных стоков – см. прил. 4).

В исходной сточной воде определить на ФЭК оптическую плотность $D_{нач}$ при $\lambda = 530$ нм и $L_{кюветы} = 50$ мм (правила работы на приборе см. прил. 1). На кондуктометре АНИОН-410К замерить начальную удельную электропроводность $\gamma_{нач}$, мСм/см и общее солесодержание (по NaCl) $C_{нач}$, мг/л (правила работы на приборе см. прил. 5).

В стакан налить 250 мл исходных модельных стоков. Добавить к сточной воде 4 мл раствора $ZnCl_2$, перемешать стеклянной палочкой в течение 3 минут, затем добавить 2 г золы, перемешать 3 минуты, медленно влить 40 мл раствора флокулянта и перемешивать до тех пор, пока на палочке не образуется сгусток с загрязнениями. Затем палочку с загрязнениями осторожно удалить. Определить оптическую плотность $D_{кон}$, удельную электропроводность $\gamma_{кон}$ и общее солесодержание $C_{кон}$ очищенной воды. Результаты занести в табл. 3.

Результаты коагуляционно-флокуляционной очистки

| Определяемый параметр | Исходная вода | Очищенная вода | Эффект очистки, % |
|---|---------------|----------------|-------------------|
| Оптическая плотность D | | | |
| Удельная электропроводность γ , мСм/см | | | |
| Общее солесодержание C (NaCl), мг/л | | | |

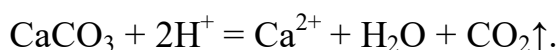
По формуле (1) рассчитать эффект очистки модельных стоков по всем определяемым параметрам и сделать вывод об эффективности метода для удаления комбинированных загрязнений.

♦ Опыт № 5. Фильтрация через нейтрализующие материалы

Оборудование, реактивы, материалы:

- модельные стоки с $pH < 4$;
- делительная воронка, закрепленная в штативе и заполненная нейтрализующим материалом (гранулированный $CaCO_3$) – колонка;
- цилиндр ($V = 50$ мл), стаканы ($V = 100$ мл, 2 шт.);
- универсальная индикаторная бумага.

Метод применяется для нейтрализации кислых или щелочных стоков. Очистка производится по принципу ионного обмена. Если фильтрующим материалом является известняк $CaCO_3$, то нейтрализуются кислые стоки, содержащие как неорганические, так и органические кислоты:



Отмерить цилиндром 50 мл сточной воды, определить $pH_{нач}$ с помощью универсальной индикаторной бумаги (см. методику лабораторной работы 1.2.1, опыт № 4). Поставить под носик колонки стакан, пропустить воду через колонку с загрузкой известняком $CaCO_3$, отрегулировав скорость пропускания таким образом, чтобы вода стекала медленно, каплями. После однократного пропускания воды через колонку определить pH

нейтрализованной сточной воды. Пропустить воду через колонку повторно и вновь измерить pH воды. Если сточная вода после нейтрализации очень мутная, перед определением pH можно отфильтровать ее через бумажный фильтр. Результаты представить в виде табл. 4.

Таблица 4

Результаты фильтрации сточной воды через колонку с насадкой $CaCO_3$

| pH сточной воды | | |
|-------------------|--------------------|---------|
| исходной | после фильтрования | |
| | первого | второго |
| | | |

Сделать вывод об эффективности применяемого метода нейтрализации сточной воды.

Литература:

1. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М. : ВЛАДОС, 2001. – 285 с.
2. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М. : Высш. шк., 1999. – 446 с.
3. Николайкин, Н. И. Экология / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – М. : Дрофа, 2003. – 621 с.
4. Денисов, В. В. Экология: 100 экзаменационных ответов / В. В. Денисов, И. А. Денисова. – М. : ИЦК МарТ, 2003. – 285 с.
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». – М. : Госсанэпидемнадзор России от 26.01.2001.

6. Кульский, Л. А. Теоретическое обоснование технологии очистки воды (классификация примесей воды и выбор методов ее очистки) / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1968. – 196 с.

7. Тимофеева, С. С. Экология : практикум / С. С. Тимофеева, Ю. В. Шешуков. – Иркутск : Иркутский ГТУ, 1997. – 68 с.

Лабораторная работа №2 «Определение накопления органических веществ в биомассе растений и почве»

Цель выполнения работы: методом сухого сжигания определить содержание органических и минеральных веществ в конкретных частях растения или почве, сделать вывод о соответствии полученных данных среднесуточному уровню наблюдения.

Оборудование, реактивы, материалы:

– аналитические или точные технические весы, набор разновесов, муфельная печь, электроплитка, тигельные щипцы, фарфоровые тигли (с установленным весом и пронумерованные раствором хлорного железа), эксикатор;

– образцы воздушно-сухих травянистых и древесных растений, почвы.

Продуктивность биоценозов в экосистемах неодинакова. Наибольшее количество биомассы накапливается лесными наземными экосистемами (тропические дождевые вечно зеленые леса создают до 70 % запасов углерода, входящего в состав органических веществ). 90–99 % органических веществ накапливается в древесине, несколько меньше в коре и корнях растений и еще меньше – в листьях. В почве в виде гумуса содержится от 1 до 15 % органических веществ, которые являются тысячелетними хранителями энергии. В табл. 13 представлено содержание органических и минеральных веществ (зола) в различных типах и частях растений, по Б.А. Рубину (1976).

Таблица 4

Содержание органических и минеральных веществ в растениях по Б.А. Рубину

| Вид и часть растения | Содержание вещества, % сухого вещества | |
|-----------------------|--|---------------------|
| | органического | минерального (зола) |
| Древесные растения: | | |
| стебель | 97 | 3 |
| древесина | 99 | 1 |
| кора | 93 | 7 |
| листья | 89 | 11 |
| Травянистые растения: | | |

| | | |
|---------|----|----|
| семена | 97 | 3 |
| стебель | 96 | 4 |
| корни | 95 | 5 |
| листья | 85 | 15 |

Уменьшение содержания органических веществ в растениях от средних уровней наблюдения свидетельствует о серьезных сбоях в работе экосистем, подавлении процесса фотосинтеза за счет, главным образом, антропогенных факторов.

Содержание органических веществ в растениях определяется методом сухого сжигания. Углерод, азот и водород, входящие в состав органических веществ, при сжигании улетучиваются в виде CO_2 , H_2O и N_xO_y . Нелетучий минеральный остаток – зола представляет собой твердое вещество.

Последовательность выполнения работы

Получить у преподавателя прокаленный фарфоровый тигель и образец растения или почвы (3–6 г.) для исследования. Тигель взвесить с точностью до 0,01 г (А). Образец тщательно измельчить, поместить в тигель и тоже взвесить (В). По разности определить массу воздушно-сухого образца (В – А). Учитывая, что влажность взятого образца $\approx 12\%$, пересчитать массу навески на абсолютно сухое вещество: $(В - А) \times 0,88 = С$. Данные записать в табл. 14.

(Внимание! Опыт выполнять только под тягой!) Тигель с образцом поставить на разогретую электроплитку, нагреть до обугливания и исчезновения черного дыма. Затем, используя муфельные щипцы, перенести тигель в муфельную печь, разогретую до температуры 400–450 °С, и сжигать еще 25 минут до образования серо-белой золы. Если в образце содержится много железа, зола может быть красно-бурой. После окончания озоления тигель муфельными щипцами осторожно перенести в эксикатор, закрыть крышкой, охладить до комнатной температуры и снова взвесить

(Д). По разности массы тигля с золой и чистого тигля рассчитать массу золы ($Z = D - A$), все данные занести в табл. 5.

Таблица 5

Результаты исследования

| Образец растения или почвы | Масса, г | | | | | Содержание вещества в образце | | | |
|----------------------------|----------|---------------------------------|------------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------|------------|---------------------|------------|
| | тигля | тигля с воздушно-сухой навеской | воздушно-сухой навески | абсолютно сухой навески | тигля с золой | органического | | минерального (золы) | |
| | | | | | | г | % | г | % |
| | A | B | B-A | C | D | N | ω_N | Z | ω_Z |
| Древесина (кора) и т. д. | | | | | | | | | |

Рассчитать содержание органического вещества в образце по формуле: $N = C - Z$, г.

Вычислить процентное содержание органических и минеральных веществ в образце по формулам:

$$\omega_N = 100 \cdot N/C, \text{ где } \omega_N - \text{содержание органических веществ, \%};$$

$$\omega_Z = 100 \cdot Z/C, \text{ где } \omega_Z - \text{содержание минеральных веществ (золы), \%}.$$

В табл. 14 занести данные по результатам определения органической и минеральной составляющей всех образцов растений и почв, выполненных на занятии. Пользуясь данными табл. 13 и теоретическими сведениями, сделать вывод о соответствии полученных данных средним нормативам, сформулировать предположения о возможных причинах отклонения содержания органических веществ в исследуемых образцах от среднемноголетних уровней наблюдения.

Лабораторная работа № 3 «**Определение растворимых соединений химических элементов в почвах городских улиц и промышленных территорий**»

Цель выполнения работы: используя упрощенные методики, определить в образцах почвы наличие катионов тяжелых металлов: Fe^{3+} , Pb^{2+} ; анионов: Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , а также степень ее закисленности. Сделать вывод о степени загрязнения почвенного слоя городских улиц.

Оборудование, реактивы, материалы:

– колбы ($V = 250$ мл, 4 шт.) с притертой пробкой, цилиндр ($V = 100$ мл), стеклянная воронка, пористый бумажный фильтр, набор пробирок, спиртовка, универсальная индикаторная бумага;

– реактивы: HNO_3 , HCl ($\omega_{p-ра\ кислот} = 10\%$); AgNO_3 , BaCl_2 , KSCN , KJ ($\omega_{p-ра\ солей} = 10\%$), раствор дифениламина в H_2SO_4 конц ($\omega = 1-2\%$), дистиллированная вода.

Почва – ценнейший природный ресурс, обладающий свойствами живой и неживой природы. Основное свойство почвы – **плодородие**, т. е. способность обеспечивать рост и развитие растений. В образовании почвы участвуют климатические факторы (выветривание, осадки) и живые организмы. Один сантиметр плодородного слоя почвы в естественных условиях образуется ≈ 100 лет. Максимальная толщина плодородного слоя от поверхности земли достигает $8-10$ м. Почва состоит из гумуса (белки, жиры, органические кислоты, углеводы), неорганических веществ (соединения Si , Al , Ca , Fe , Mg и пр.), жидкости (почвенный р-р), почвенного газа (воздух) и живых организмов.

В последнее время разрушение почвенного слоя стало носить катастрофический характер. Деградация почвенного слоя происходит в результате ветровых эрозий, пылевых бурь, бессистемного ее использования человеком. Почва интенсивно загрязняется через атмосферу в результате выпадения

кислотных дождей, а также неконтролируемого введения пестицидов, гербицидов и минеральных удобрений.

При выпадении кислотных дождей почва сильно закисляется и насыщается соединениями серы (SO_4^{2-}), азота (NO_3^-), в ней образуются растворимые и малорастворимые нитраты и сульфаты кальция (Ca^{2+}), железа (Fe^{3+}) и других металлов. Почвенный слой городских улиц, обочин дорог, территорий предприятий вследствие оседания пыли при эксплуатации дорог, выбросов авто - и железнодорожного транспорта, амортизации самих дорог, а также использования противогололедных средств (NaCl) загрязняется хлоридами (Cl^-), соединениями тяжелых металлов (Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cr^{3+}), нефтепродуктами.

Разрушение почвенного слоя приводит к деградации растительного покрова, в растениях подавляется процесс фотосинтеза, они становятся чахлыми и быстро засыхают. Особенно чувствительны к загрязнению почвенного слоя хвойные породы деревьев.

Последовательность выполнения работы

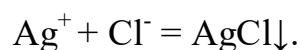
Получить у преподавателя образец растертой и просеянной почвы (12,5 г), перенести его в колбу емкостью 250 мл, залить 65 мл дистиллированной воды (воду предварительно прокипятить для удаления CO_2), закрыть пробкой. Почву с водой перемешивать 15 мин, затем отстоять 5 мин. Приготовить бумажный фильтр, поместить его в стеклянную воронку, слегка примочить дистиллированной водой. Воронку с фильтром поместить в чистую колбу и профильтровать отстоявшийся раствор после обработки почвы. Если фильтрат мутный, фильтрование повторить на том же фильтре дважды. Приготовленную водную вытяжку использовать для анализов.

♦ Опыт № 1. **Определение кислотности почвы**

На универсальную индикаторную бумагу поместить несколько капель водной вытяжки, по окраске бумаги и индикаторной шкале определить pH (реакцию среды). Если $pH < 6$, почва считается закисленной.

♦ Опыт № 2. **Определение хлорид-ионов (Cl^-)**

В пробирку отлить 1 мл водной вытяжки, добавить 2 капли HNO_3 и несколько капель раствора $AgNO_3$, перемешать. При наличии в водной вытяжке Cl^- протекает реакция:



По характеру осадка определить содержание хлорид-ионов в почве и водной вытяжке (табл. 6).

Таблица 6

Характеристика осадка $AgCl$ и содержание хлорид-ионов

| Осадок | Содержание Cl^- | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| | в водной вытяжке, мг на 100 мл | в почве, % |
| Интенсивный белый хлопьевидный | >10 | 0,1 и более |
| Сильная белая муть | 5–10 | 0,01–0,1 |
| Опалесценция | 1–0,1 | 0,001–0,01 |

♦ Опыт № 3. **Определение сульфат-ионов (SO_4^{2-})**

В пробирку налить 1 мл водной вытяжки, добавить несколько капель HCl и 1 мл раствора $BaCl_2$, если осадок сразу не выпадает – нагреть до кипения и кипятить 1 мин. При наличии сульфат-ионов (SO_4^{2-}) протекает реакция: $Ba^{2+} + SO_4^{2-} = BaSO_4 \downarrow$, образуется белый мелкокристаллический осадок. По характеру осадка определить приблизительное содержание сульфат-ионов в водной вытяжке и почве (табл. 7).

Таблица 7

Характеристика осадка BaSO_4 и содержание сульфат-ионов

| Осадок | Содержание SO_4^{2-} | |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-------------|
| | в водной вытяжке, мг на 100 мл | в почве, % |
| Интенсивный белый, быстрооседающий | 50 | 0,1 и более |
| Муть, появляющаяся сразу | 10–1 | 0,01–0,1 |
| Медленно появляющаяся слабая муть | 1–0,5 | 0,001–,01 |

♦ Опыт № 4. Определение нитрат-ионов (NO_3^-)

Перенести в пробирку 1 мл водной вытяжки и добавить несколько капель раствора дифениламина в серной кислоте. **(Внимание! С раствором работать осторожно, не капать на стол и одежду!)** При наличии нитрат-ионов NO_3^- раствор окрашивается в синий цвет различных оттенков и различной степени устойчивости. Пользуясь данными табл. 11, определить приблизительное содержание нитратов в почве.

♦ Опыт № 5. Определение ионов железа (Fe^{3+})

Поместить в пробирку 1 мл водной вытяжки, добавить 2–3 капли раствора KSCN . При наличии ионов (Fe^{3+}) протекает реакция: $\text{Fe}^{3+} + 3\text{SCN}^- = \text{Fe}(\text{SCN})_3$, и раствор окрашивается в красно-коричневый цвет. По интенсивности окраски качественно судят о наличии ионов Fe^{3+} : мало, много, очень много.

♦ Опыт № 6. Определение ионов свинца (Pb^{2+})

Поместить в пробирку 1 мл водной вытяжки, добавить несколько капель раствора KJ . При наличии ионов свинца (Pb^{2+}) протекает реакция: $\text{Pb}^{2+} + 2\text{J}^- = \text{PbJ}_2\downarrow$, выпадает осадок желтого цвета. По интенсивности образовавшегося осадка качественно судят о наличии ионов Pb^{2+} : мало, много, очень много.

Результаты опытов представить в виде табл. 8.

Таблица 8

Результаты анализа водной вытяжки почвы

| Показатель | рН | Катионы | | Анионы | | |
|--|----|------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|------------------------------|
| | | Fe ²⁺ | Pb ²⁺ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | NO ₃ ⁻ |
| Количественная (качественная) характеристика | | | | | | |

Сделать заключение о степени загрязненности образца почвенного слоя, сформулировав вывод по проделанным опытам 1-6.

Лабораторная работа № 4 «Определение накопления нитратов в растительных продуктах питания»

Цель выполнения работы: используя упрощенные методики анализа, определить в свежих и отварных овощах содержание нитратов (NO_3^-), сравнить их количество с допустимыми нормами и сделать вывод о качестве растительных продуктов питания.

Оборудование, реактивы, материалы:

- раствор дифениламина в серной кислоте ($\omega = 1,5 \%$), дистиллированная вода;
- скальпель, медицинская пипетка или стеклянная палочка, фильтровальная бумага, стакан на 250 мл;
- электрическая плита;
- картофель, капуста (свежие и отварные), огурцы или другие овощи.

Приготовление раствора дифениламина: 1,5 г дифениламина растворить в 54 мл концентрированной H_2SO_4 (плотностью 1,84 г/мл), осторожно перемешать до полного растворения дифениламина.

Нитраты (NO_3^-) – неотъемлемая составляющая всех наземных и водных экосистем, поскольку процесс нитрификации остатков органических соединений, приводящий к образованию окисленных неорганических соединений азота (N), носит глобальный характер. В то же время, в связи с применением в сельском хозяйстве в больших количествах азотных удобрений, поступление нитратов в растения возрастает и превосходит допустимые нормы.

Отмечается четкое деление видов и сортов растений по накоплению и содержанию нитратов. Накопителями нитратов являются семейства тыквенных, капустных, сельдерейных (листовые овощи: сельдерей, петрушка, укроп). В томатах, баклажанах, чесноке, зеленом горошке, яблоках наблюдается минимальное накопление нитратов.

Наибольшее количество нитратов содержится в корнях, стеблях, черенках растений. У капусты наружные листья содержат в 2 раза больше нитратов, чем внутренние, в кочерыжке содержание нитратов в 2–3 раза больше, чем в листовой части. У большинства овощей количество нитратов убывает от плодоножки к верхушке.

В табл. 1 приведены данные по содержанию нитратов в некоторых овощных культурах и их допустимые значения.

Таблица 1

Содержание нитратов в овощных культурах и их допустимые значения

| Вид растения | $C_{факт}$, МГ/КГ сырой массы | ПДК, МГ/КГ сырой массы |
|----------------------|--------------------------------|------------------------|
| Арбузы | 40–600 | 60 |
| Баклажаны | 80–270 | – |
| Горошек зеленый | 20–80 | – |
| Капуста белокочанная | 600–3000 | 900 |
| Кабачки | 400–700 | 400 |
| Картофель | 40–980 | 250 |
| Лук зеленый | 40–1400 | 600 |
| Лук репчатый | 60–900 | 80 |
| Морковь | 160–2200 | 400 |
| Огурцы | 80–560 | 150 |
| Петрушка (зелень) | 1700–2500 | 1800 |
| Редис | 400–2700 | 1500 |
| Салат | 400–2900 | 2000 |
| Свекла столовая | 200–4500 | 1400 |
| Томаты | 10–180 | 150 |
| Укроп | 400–2200 | 2000 |
| Фасоль | 20–900 | – |
| Чеснок | 40–300 | – |

При употреблении растительных продуктов с избыточным содержанием нитратов человек может заболеть *метгемоглобинией*. При этом заболевании нитрат-ионы (NO_3^-) взаимодействуют с гемоглобином крови, окисляя железо, входящее в состав гемоглобина. Образовавшийся в результате таких процессов метгемоглобин не способен переносить по крови кислород, и человек испытывает кислородную недостаточность, задыхаясь при физических нагрузках. В желудочно-кишечном тракте избыточное количество нитратов под действием микрофлоры кишечника превращается в токсичные

нитрит-ионы (NO_2^-), а далее возможно превращение их в нитрозоамины – сильные канцерогенные яды, вызывающие образование опухолей.

Содержание нитратов в растительных пищевых продуктах можно уменьшить путем их вымачивания, кипячения и удаления тех частей, которые содержат наибольшее количество нитратов.

По данным ВОЗ допустимая норма нитратов для взрослого человека составляет 5 мг (по нитрат-иону) в сутки на 1 кг массы, т. е. при массе 60–70 кг – 300–350 мг/сут. В табл. 2 дана градация содержания нитратов в растениях по Церлингу.

Таблица 2

Градация содержания нитратов в растениях по Церлингу

| Баллы | Характер окраски раствора дифениламина | Содержание нитратов, мг/кг |
|-------|---|----------------------------|
| 6 | Срез окрашивается быстро и интенсивно в иссиня-черный цвет. Окраска устойчива и не пропадает. | >3000 |
| 5 | Срез окрашивается в темно-синий цвет. Окраска сохраняется некоторое время. | 3000 |
| 4 | Срез окрашивается в синий цвет. Окраска наступает не сразу. | 1000 |
| 3 | Окраска среза светло-синяя, исчезает через 2–3 мин. | 500 |
| 2 | Окраска быстро исчезает. Окрашиваются главным образом проводящие пучки. | 250 |
| 1 | Следы голубой быстро исчезающей окраски. | 100 |
| 0 | Нет ни голубой, ни синей окраски. Возможно порозовение тканей растений. | 0 |

Последовательность выполнения работы

По рекомендации преподавателя студенты работают с конкретными овощными или плодовыми культурами. Сначала проводят анализ свежих культур. Используя скальпель, с культуры сделать толстые срезы непосредственно под кожурой, серединной части, ближе к корню (стеблю) и пр. Срезы поместить на белый лист бумаги (можно фильтровальной). На срезы осторожно, пользуясь пипеткой или стеклянной палочкой, нанести несколько капель раствора дифениламина ($\omega = 1,5\%$). Отметить характер окрашивания и определить содержание нитратов в культуре в баллах и мг/кг (см. табл. 2). Определение повторить два раза и результаты занести в табл. 3.

Таблица 3

Содержание нитратов в анализируемых овощах и плодах

| Исследуемое растение | Тип среза | Баллы | Содержание нитратов, мг/кг |
|----------------------|---------------------|-------|----------------------------|
| Картофель свежий | а) под кожурой | | |
| И т. д. | б) серединная часть | | |

Поместить овощи в термостойкий химический стакан с кипящей дистиллированной водой и отварить их 10–15 мин. После охлаждения повторить определение содержания нитратов в отварных овощах, согласно методике, приведенной выше. Полученные данные также занести в табл. 12.

Сделать выводы о количестве нитратов в анализируемой культуре, характере их распределения, соответствия нормам и изменении содержания после термической обработки.

Устройство и подготовка к работе фотоэлектроколориметра

Колориметр фотоэлектрический конструкционный (КФК) предназначен для измерения в диапазоне длин волн 315–980 нм, выделяемых светофильтрами, коэффициентов пропускания и оптической плотности жидких растворов и твердых тел, а также определения концентрации веществ.

Нормальные условия работы колориметра: температура окружающей среды 20 ± 5 °С, относительная влажность воздуха 45–80 %, напряжение питания сети 220 В, частота – 50 Гц.

Колориметр состоит из соединенных оптического блока и блока питания (рисунок).

Принцип измерения коэффициента пропускания τ состоит в том, что на фотоприемник направляют поочередно световые потоки: полный – $F_0\lambda$ (прошедший через среду сравнения) и поток, прошедший через исследуемую среду – $F\lambda$. Определяют отношение этих потоков, которое и есть коэффициент пропускания τ исследуемого раствора:

$$\tau = \frac{F\lambda}{F_0\lambda} 100.$$

Оптическая плотность исследуемого раствора относительно сравнения:

$$D = -\lg \tau = -\lg \frac{F\lambda}{F_0\lambda}.$$

На панели регистрирующего прибора (рисунок) имеются шкалы коэффициента пропускания τ и оптической плотности D растворов.

Последовательность подготовки прибора к работе:

- 1) включить прибор в сеть;
- 2) прогреть 30 минут при открытой крышке кюветного отделения;
- 3) переключателем 3 установить длину волны на нужный светофильтр;
- 4) поставить в кюветное отделение кювету с дистиллированной водой или другим раствором сравнения, закрыть крышку;
- 5) установить стрелку прибора на 0 по шкале оптической плотности (нижняя шкала), регулируя переключателями грубой 6 и точной 8 настройки;
- 6) прибор готов к работе.

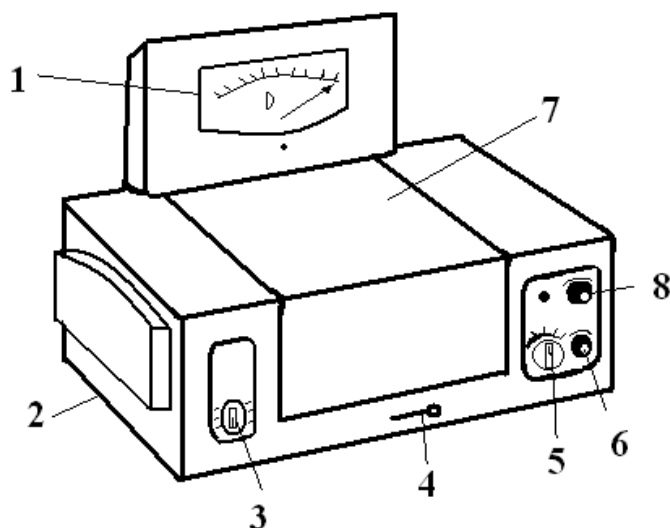
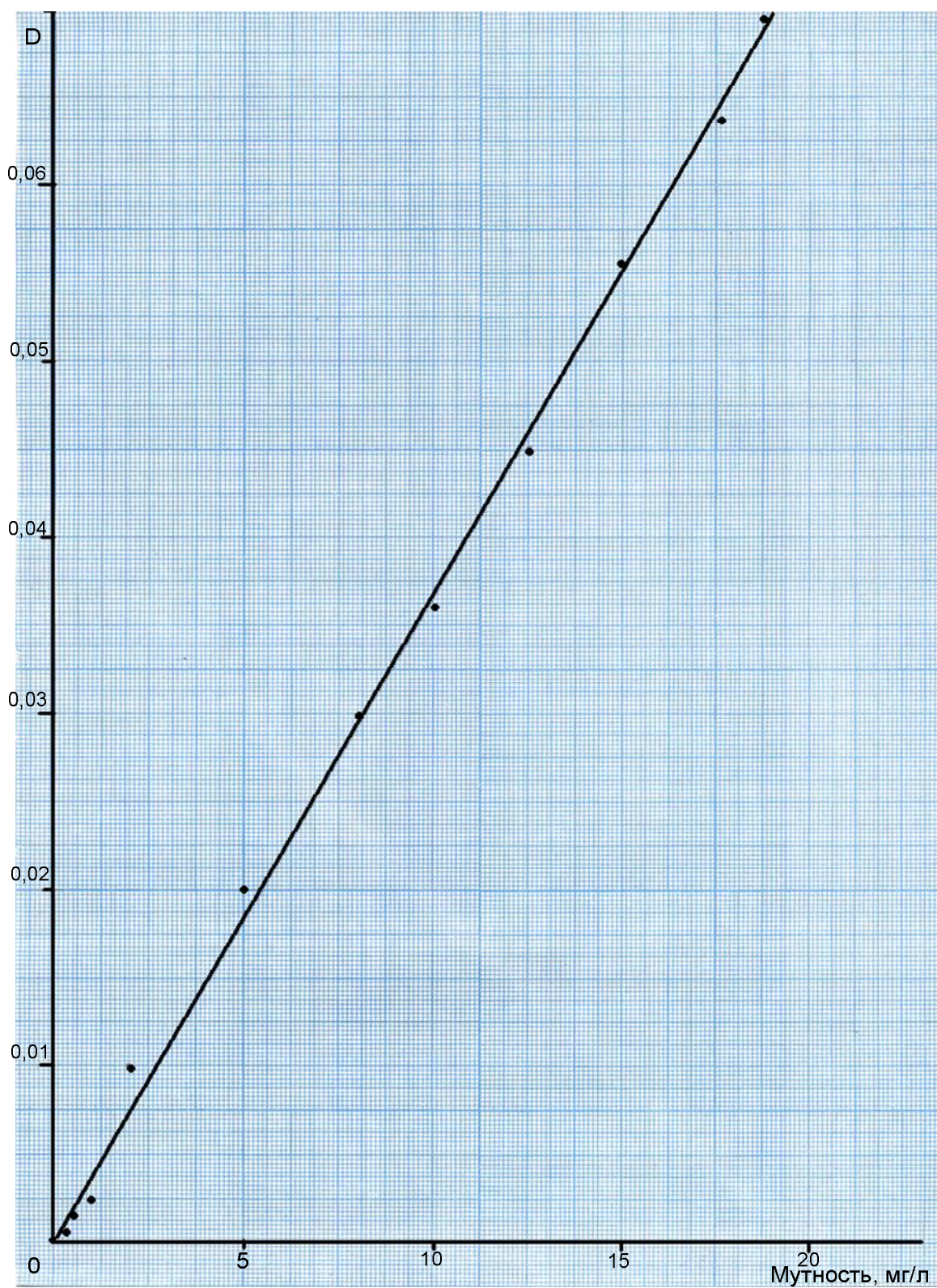


Рисунок. Внешний вид КФК: 1 – панель регистрирующего прибора (микроамперметра); 2 – осветитель; 3 – переключатель установки светофильтров; 4 – ручка перемещения кювет в кюветном отделении; 5 – переключатель чувствительности; 6 – переключатель грубой настройки; 7 – кюветное отделение; 8 – переключатель точной настройки

Калибровочный график мутности воды ($L = 50$ мм, $\lambda = 530$ нм)

**Рекомендации по приготовлению модельных стоков и реагентов для
коагуляционно-флокуляционной очистки (опыт № 1)**

Исходные модельные стоки содержат:

- нефтепродукты (дизельное топливо) ≈ 100 мг/л;
- ПАВ – 50 мг/л (или стиральный порошок «Лотос» – 1 г/л);
- SiO_2 (гидрофильный) ≈ 200 мг/л.

Приготовление эмульсии нефтепродуктов

В 1 мл дизельного топлива (ДТ) содержится 842 мг нефтепродукта ($\rho = 0,842$ г/мл). 1 мл ДТ довести дистиллированной водой до 10 мл.

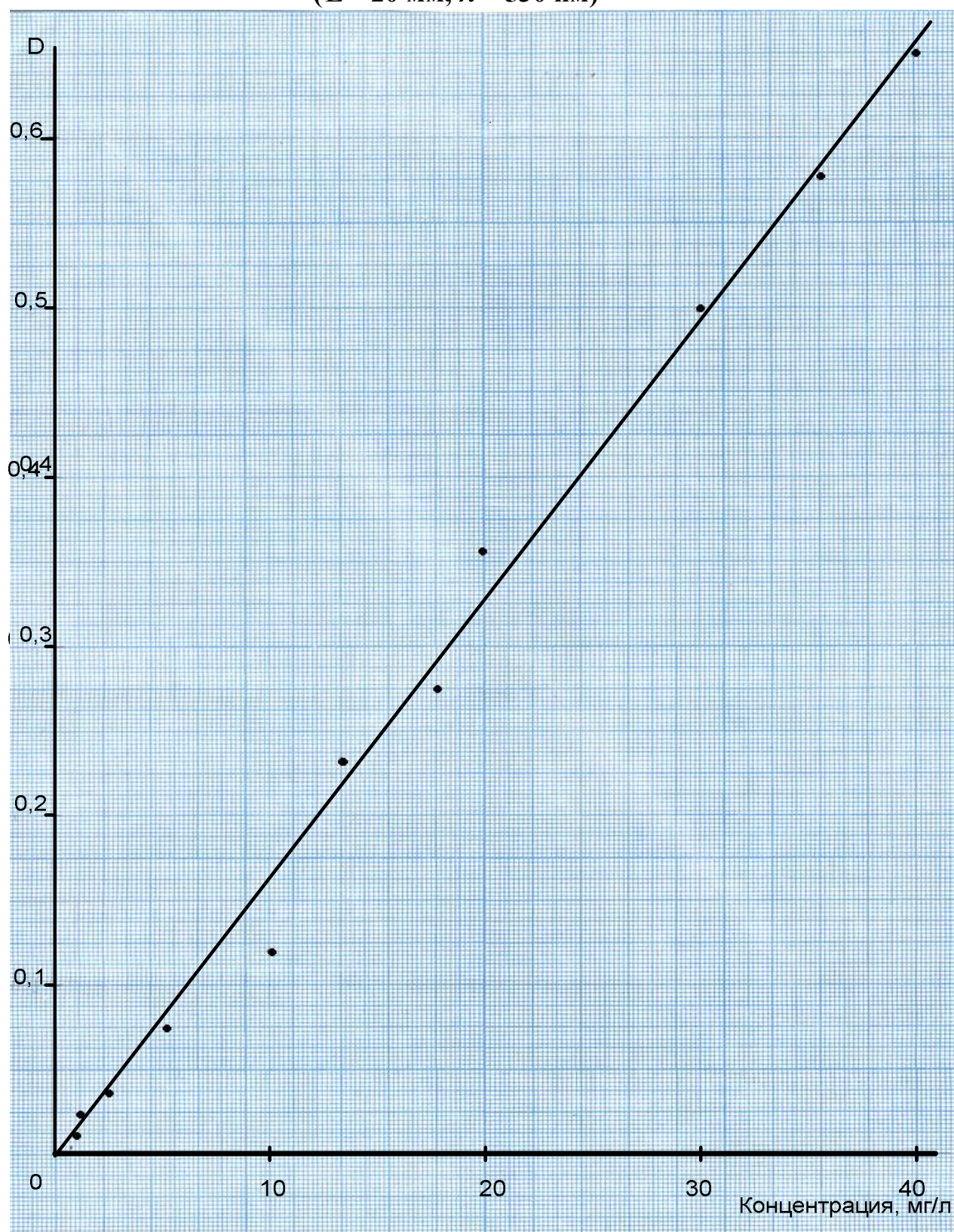
Приготовление модельных стоков

В 1 л теплой водопроводной воды добавить 1–1,5 мл нефтяной эмульсии, насыпать 1 г СМС «Лотос» и 200 мг SiO_2 . Все хорошо перемешать.

Приготовление раствора флокулянта (Праестол-650 или 853), $C = 1\text{г/л}$

1 г сухой навески флокулянта высыпать в 1 л теплой воды ($38\text{--}40^\circ\text{C}$), поставить на магнитную мешалку на 10–30 мин, после чего флокулянт полностью растворяется, и раствор становится однородным. Раствор годен к употреблению в течение одной недели.

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**Калибровочный график концентрации красителя «индиго»
($L = 20$ мм, $\lambda = 530$ нм)**

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федорова, А. И. Практикум по экологии и охране окружающей среды / А. И. Федорова, А. Н. Никольская. – М. : ВЛАДОС, 2010. – 285 с.
2. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М. : Высш. шк., 2009. – 446 с.
3. Николайкин, Н. И. Экология / Н. И. Николайкин, Н. Е. Николайкина, О. П. Мелехова. – М. : Дрофа, 2003. – 621 с.
4. Денисов, В. В. Экология: 100 экзаменационных ответов / В. В. Денисов, И. А. Денисова. – М. : ИЦК МарТ, 2003. – 285 с.
5. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». – М. : Госсанэпидемнадзор России от 26.01.2001.
6. Кульский, Л. А. Теоретическое обоснование технологии очистки воды (классификация примесей воды и выбор методов ее очистки) / Л. А. Кульский. – Киев : Наукова думка, 1968. – 196 с.
7. Тимофеева, С. С. Экология : практикум / С. С. Тимофеева, Ю. В. Шешуков. – Иркутск : Иркутский ГТУ, 1997. – 68 с.