

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»**

6/11/11

**Одобрено кафедрой
«Техносферная безопасность»**

**МЕТОДЫ И ПРИБОРЫ КОНТРОЛЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ**

**Лабораторный практикум
МиП-07, МиП-08, МиП-09, МиП-10, МиП-11, МиП-12,
МиП-13, МиП-14**

**для студентов IV курса специальности
280202.65 ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ
СРЕДЫ (ЗС)
280101.65 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ
В ТЕХНОСФЕРЕ (БЖ)**

Москва – 2012

Авторы: ст. преп. М.А. Журавлёва,
д-р физ.-мат. наук, проф. С.М. Кокин,
канд. физ.-мат. наук, проф. Е.К. Силина
канд. физ.-мат. наук, доц. Н.В. Калачёв

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПОЧВ

Цель работы: Ознакомление с системой классификации почв по механическому составу, приобретение навыков определения гранулометрического состава почв.

Приборы и принадлежности: Сосуд с водой, доска для перемешивания почвы и раскатывания получаемой пасты.

Введение

Под термином *«почва»* подразумевается особое природное образование, обладающее рядом свойств, присущих живой и неживой природе, и, в частности, – плодородием. Согласно ГОСТ 27593-88 почва – это *самостоятельное естественноисторическое органоминеральное природное тело, возникшее на поверхности Земли в результате*

длительного воздействия биотических, абиотических и антропогенных факторов, состоящее из твёрдых минеральных и органических частиц, воды и воздуха и имеющее специфические генетикоморфологические признаки, свойства, создающие для роста и развития растений соответствующие условия.

Если рассмотреть почвенный профиль, то его можно представить в виде совокупности генетически связанных друг с другом **горизонтов**, которые возникают в результате преобразования поверхностных слоев литосферы под действием воздуха, воды, живых организмов. Современное представление о почве, как о самостоятельном природном теле с особыми свойствами, было создано в последней четверти XIX века основателем современного почвоведения В. В. Докучаевым [1] (до этого почву обычно рассматривали просто, как один из видов геологических образований).

Почва состоит из твёрдой, жидкой, газообразной и живой частей, соотношение которых неодинаково не только в разных почвах, но и в различных горизонтах в пределах одного профиля. В твёрдой части почвы преобладают минеральные вещества: кварц, полевые шпаты, роговые обманки, слюды, которые вместе с обломками горных пород образуют крупные фракции. Более тонкие фракции формируются в процессе выветривания (к ним относятся гидрослюды, монтморилло-

нит, каолинит и др.). В табл. 1 приведена принятая в нашей стране классификация почвенных частиц по размерам.

По гранулометрическому составу почву разделяют на следующие группы: песок рыхлый и связный, супесь, суглинок лёгкий и средний, глина лёгкая, средняя и тяжёлая. Основную массу почвы обычно составляют частицы, имеющие размеры менее 1 мм (мелкозём). Однако твёрдые частицы заполняют не весь объём почвенной массы, а лишь некоторую его часть: остальной объём составляют поры – промежутки различного размера и формы между частицами. Для большинства минеральных почв доля пор составляет от 40 до 60%, в торфяных почвах она может достигать 90%, у заболоченных почв уменьшается до 27%. От пористости зависят водные и воздушные свойства почв, насыщенность их микроорганизмами. Чем больше поры заполнены влагой, тем затруднительнее газовый обмен (особенно кислородом и углекислым газом) между почвой и атмосферой, тем медленнее протекают в почвенной массе процессы окисления и быстрее – процессы восстановления.

Таблица 1

Размер частиц, мм	Наименование фракции
менее 0,0001	Коллоиды
0,0001 – 0,0005	Ил тонкий
0,0005 – 0,001	Ил грубый
0,001 – 0,005	Пыль мелкая
0,005 – 0,01	Пыль средняя
0,01 – 0,05	Пыль крупная
0,05 – 0,25	Песок мелкий
0,25 – 0,5	Песок средний
0,5 – 1	Песок крупный
1 – 3	Гравий
более 3	Камни

Почва – один из природных компонентов, составляющих среду обитания человека. Нарушение почвенных процессов в результате неправильной эксплуатации почвенного покрова приводит к усиленной эрозии почвы, к её засолению и заболачиванию. В то же время от характера почвенного покрова, от свойств почвы, от протекающих в ней химических и биохимических процессов зависят чистота и состав

атмосферы Земли, наземных и подземных вод. Почва была и остается главным условием жизнеобеспечения наций и человечества в целом, являясь, по существу, невозобновляемым природным ресурсом. Для восстановления 1 кв. см. почвы требуется в зависимости от природно-климатических условий до нескольких тысяч лет. Однако при правильном использовании почва, в отличие от других природных невозобновляемых ресурсов, может не только не стареть, не изнашиваться, а даже улучшаться, повышать свое плодородие.

Сохранение и улучшение почвенного покрова, возможно при глубоко изучении состояния и значения почв, а также при хорошо налаженном контроле использования всех видов почвенных и земельных ресурсов.

В основу классификации почв по гранулометрическому составу положено [2] содержание в ней физической глины и физического песка (табл. 2).

Таблица 2

Краткое название почвы по механическому составу	Содержание физической глины (частицы размером менее 0,01 мм), %	Содержание физического песка (частицы размером более 0,01 мм), %
Песок рыхлый	0 – 5	100 – 95
Песок связный	5 – 10	95 – 90
Супесь	10 – 20	70 – 80
Суглинок легкий	20 – 30	80 – 70
Суглинок средний	30 – 45	70 – 55
Суглинок тяжелый	45 – 60	55 – 40
Глина легкая	60 – 75	40 – 25
Глина средняя	75 – 85	25 – 15
Глина тяжелая	Более 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, плохо удерживают воду. Глинистые почвы, наоборот, медленно прогреваются, являются влагоемкими, тяжелыми в обработке, но богатыми элементами питания.

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. Рис и овес могут хорошо расти и на тяжелосуглинистых почвах. Зная гранулометрический состав почвы, можно делать обоснованные выводы о перспективности выращивания на ней тех или иных сельскохозяйственных культур.

Выполняемые в рамках настоящей лабораторной работы исследования носят, в основном, качественный характер. Примеры приборов и оборудования, используемых для проведения количественного гранулометрического анализа почв, приведены в приложении к настоящей работе.

Порядок выполнения работы

Для оценки гранулометрического состава почв в настоящей работе используется «метод раскатывания шнура». Образец исследуемой почвы увлажняется до состояния густой пасты, хорошо перемешивается и разминается руками. Размятая паста раскатывается в шнур толщиной около трёх миллиметров, а затем свёртывается в кольцо.

Кольцо может образоваться достаточно легко, может распасться на отдельные элементы, или вообще не скатываться. Классификация почв по гранулометрическому составу проводится на основе наблюдения о том, каким оказывается поведение шнура пасты при свёртывании его в кольцо (см. таблицу 3).

Студенты выполняют работу парами: каждой паре предлагаются для исследования четыре образца. Задача учащегося – определить, к каким группам почв принадлежат эти образцы. Результаты идентификации образцов, а также рекомендации по использованию данных типов почв для выращивания тех или иных сельскохозяйственных культур записываются в табл. 4.

Таблица 3

Группа почв	Поведение шнура при раскатывании и свёртывании в кольцо
Песок	Почва не скатывается
Супесь	При скатывании шнура почва распадается на мелкие кусочки и не даёт шнура
Лёгкий суглинок	При раскатывании формируются легко распадающийся на дольки шнур
Средний суглинок	При раскатывании формируются сплошной шнур, который при свёртывании в кольцо распадающийся на дольки
Тяжелый суглинок	При раскатывании легко образуется шнур, который свёртывании в кольцо с трещинами
Глина	Шнур легко свёртывается в нерастрескивающееся кольцо

Таблица 4

№ образца	Группа почв	Рекомендации по использованию почвы

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется почвой? Какую роль играют почвы в природе?
2. Приведите классификацию почв по механическому составу.
3. Что такое гранулометрический состав почвы, от чего он зависит?
4. Как влияет механический состав почвы на водный, воздушный, тепловой и питательный режимы почв?
5. Для чего необходимо знать механический состав почвы?

6. Какие разновидности механического состава почв наиболее предпочтительны для большинства сельскохозяйственных культур?
7. Какой экологический ущерб наносит эрозия почв?
8. Почему заболачивание почв ухудшает экологическую ситуацию?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Докучаев В.В.* Дороже золота русский чернозем. – М: Изд. МГУ, 1994. – 544 с.
2. *Качинский Н.А.* Физика почв. – М.: Высшая школа, 2001. – 568 с.
3. Почва (материал из Википедии – свободной энциклопедии)
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B2%D1%8B>

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПОЧВ

7.1 Комплект сит КП-131 для грунтов



Назначение: лабораторное определение зернового (гранулометрического) состава грунтов. Количество сит в наборе – 7.

Размеры ячеек штампованных сит – 5; 10 мм, размеры ячеек сит из сетки – 0,1; 0,25; 0,5; 1; 2 мм.

Диаметр сит – 197 мм, масса 4,2 кг

7.2 Лазерный анализатор размеров частиц Microtrac S3500



Применяется для определения распределения частиц по размерам в жидких (суспензиях, эмульсиях) и сухой (порошках) средах с помощью метода лазерной дифракции. Диапазон измерений – от 0,021 до 2816 мкм.

Анализируемые объекты: глиноземы, гидраты, бокситы, порошки металлов и керамики, цементы и глины, латексы, абразивные материалы, пигменты и порошковые краски, какао, кофе, крахмал, мука и другие продукты питания, лекарственные средства, косметика, клетки и бактерии, почвы, пыль и др.

Габариты: 330 мм × 559 мм × 305 мм; время одного анализа 10 – 30 с.

Microtrac S3500 соответствует международным стандартам лазерного измерения размеров частиц и сертифицирован в соответствии с ISO 13320-1. Прибор внесён в Государственный реестр средств измерений (US.E.27.001.A № 23120).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ *pH* ПОЧВЕННОЙ СУСПЕНЗИИ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: Ознакомление с потенциометрическим методом определения водородного показателя *pH*, приобретение навыков определения гранулометрического состава почв.

Приборы и принадлежности: Технические весы, дистиллированная вода, стеклянная колба, химические стаканы, потенциометр.

Введение

Известно, что для количественной характеристики состояния среды раствора используется параметр, обозначаемый *pH*.

При диссоциации воды на каждый ион H^+ образуется один ион OH^- . В чистой воде без солей концентрации этих ионов одинаковы:

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

Произведение $K_{H_2O} = [H^+] \times [OH^-] = 10^{-14} \text{ моль}^2/\text{л}^2$ называется *ионным произведением воды*; важно, что оно является параметром, зависящим лишь от температуры и является постоянной величиной.

При добавлении в воду кислоты, происходит её диссоциация на ионы водорода и ионы кислотного остатка, например:



и общая концентрация ионов водорода в сосуде увеличивается. Но ионное произведение воды K_{H_2O} от концентрации H^+ зависеть не должно, и это означает, что одновременно в сосуде происходит уменьшение концентрации ионов гидроксильной группы OH^- .

Если же к воде добавить щелочь, например,



то концентрация $[OH^-]$ в сосуде увеличится, а $[H^+]$ уменьшится.

Таким образом, концентрации $[H^+]$ и $[OH^-]$ взаимосвязаны: чем больше одна, тем меньше другая, и наоборот.

Кислотность растворов принято выражать через концентрацию ионов H^+ . Очевидно, что в кислых растворах $[H^+] > 10^{-7} \text{ моль/л}$, в нейтральных $[H^+] = 10^{-7} \text{ моль/л}$, в щелочных $[H^+] < 10^{-7} \text{ моль/л}$.

Чтобы не писать числа с показателем степени, кислотность раствора часто выражают через *отрицательный* логарифм концентрации

ионов водорода, называя эту величину водородным показателем и обозначая ее pH :

$$pH = -\lg[H^+].$$

Параметр pH был введен датским химиком С. Серенсоном. Буква « p » – начальная от датского *potenz* (степень), « H » – символ водорода, квадратные скобки – условное обозначение концентрации, для расчета берется молярная концентрация ионов водорода, моль/л (моль – это масса вещества в граммах, численно равная молекулярной массе).

Таким образом, в кислых растворах $pH < 7$, в щелочных $pH > 7$, в нейтральных $pH = 7$. Зная величину pH , можно делать выводы о свойствах исследуемого объекта, например, о том, насколько агрессивными по отношению к окружающей среде являются сточные воды промышленного предприятия. Значение pH почвы является очень важным фактором в выращивании качественных культур. Большинство культур не могут выжить в слишком щелочной или кислой среде, поэтому знание pH почвы необходимо для получения хороших урожаев, а также для оценки миграции тяжелых металлов, попадающих в почву.

В настоящей работе применяется потенциометрический метод определения pH , основанный на измерении электродвижущей силы, которая возникает при погружении в почвенную суспензию, в водную или солевую вытяжку двух разных электродов (измерительного и электрода сравнения). Потенциал электрода сравнения не зависит от значения pH исследуемого раствора, в то время, как потенциал измерительного электрода определяется показателем pH образца. В качестве электродов сравнения чаще всего используют хлорсеребряные электроды и каломельные электроды, в качестве измерительных – платиновые и стеклянные электроды.

Стеклянные электроды обладают преимуществами перед другими электродами: на точность определения pH не оказывает влияния наличие в растворе окислителей, восстановителей, коллоидных веществ, тяжелых металлов. Измерения можно проводить в широком диапазоне значений pH .

Рабочей частью стеклянного электрода является стеклянная мембрана. При измерении pH между мембраной и раствором (суспензией) возникает разность потенциалов, величина которой зависит от активности ионов водорода в растворе. По разности потенциалов на стеклянном электроде и электроде сравнения определяют pH . Приме-

няемые в практике приборы откалиброваны в единицах pH и ОВП (окислительно-восстановительного потенциала).

Для определения pH необходимо проделать следующее: 1) подготовить почву или суспензию для измерения; 2) подготовить прибор для измерения; 3) подготовить электроды для измерения.

При подготовке электродов их вымачивают в 0,1 н соляной кислоте¹ 5 – 7 суток до установления постоянного *потенциала асимметрии*. Перед опусканием в суспензию или вытяжку электроды тщательно обмывают дистиллированной водой. После включения прибора в сеть и подключения электродов следует установить изопотенциальную точку, соответствующую применяемому электроду, температурную компенсацию, настроить прибор по буферным растворам.

Показатель pH определяют в почве, в её суспензии и в различных вытяжках (чаще в водной и в вытяжке 1 н КСl). При установлении pH в суспензии и в вытяжке для минеральных горизонтов принято соотношение почва: вода (или раствор 1 н КСl) 1 : 5; в торфяных почвах и в лесных подстилках – 1 : 25. Следует учитывать, что с разбавлением раствора он, как правило, подщелачивается; аналогичный эффект наблюдается и при отделении его на центрифуге из кислых почв, в то время как при аналогичном отделении из щелочных почв раствор слабо подкисляется. Изменение температуры при отсутствии компенсации на температуру также ведет к изменению pH раствора. Слабые буферные растворы нужно тщательно перемешивать в связи с подщелачиванием прилегающего к стеклянному электроду слоя, иначе pH получается более щелочным.

При подготовке pH -метра используются следующие буферные растворы (растворы, которые удерживают водородный показатель на определенном уровне): калия виннокислого $K_2C_2O_4$ ($pH = 3,35$) и $0,01M^2$ раствор буры $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ($pH = 9,18$).

¹ 0,1 н = 0,1 моль/л для КСl

² 0,01 М – это концентрация раствора, выраженная через отношение массы растворенного вещества, содержащуюся в литре раствора, к его молекулярной массе (то есть число молей, содержащееся в одном литре раствора). Это отношение называется *молярностью*, 0,01 М = 0,01 г/моль в 1 литре.

Порядок выполнения работы

Подготовительный этап (создание образцов для измерений)

1. На весах отвешиваются 10 г почвы, заранее пропущенной через сито с отверстиями диаметром в 1 мм.
2. Полученная навеска высыпается в стеклянную колбу ёмкостью 50 – 100 мл, после чего в колбу заливается 50 мл дистиллированной воды.
3. Колбу плотно закрывают чистой каучуковой пробкой; полученную суспензию выдерживают в течение суток.
4. По истечении указанного срока суспензию пропускают через фильтр (синяя лента): получаемый раствор (фильтрат) и является образцом для измерения pH .
5. Подобным образом для измерений подготавливаются три образца почв.

Проведение измерений

1. Включите прибор в сеть 220В. При наличии напряжения питания на передней панели прибора загорается контрольная лампочка.
2. Погрузите электроды прибора в стакан ёмкостью 50 мл с дистиллированной водой (25 мл). Произведите измерение pH воды. Результат измерения занесите в табл. 1.
3. Приподнимите стаканчик с водой, отведите столик, уберите стакан с водой, протрите электроды фильтровальной бумагой.
4. Поместите на столик стакан ёмкостью 50 мл с первым буферным раствором (25 мл), погрузите в него электроды и произведите измерение pH раствора с корректировкой по значениям. Результат измерения занесите в табл. 1.
5. Уберите стаканчик с первым буферным раствором, промойте электроды, опустив их в стаканчик с дистиллированной водой и затем промокните электроды фильтровальной бумагой.
6. Поместите на столик стакан ёмкостью 50 мл со вторым буферным раствором (25 мл), погрузите в него электроды и произведите измерение pH раствора с корректировкой по значениям. Результат измерения занесите в табл. 1.

7. Уберите стаканчик со вторым буферным раствором, промойте электроды, опустив их в стаканчик с дистиллированной водой и затем промокните электроды фильтровальной бумагой.

8. Подготовьте образец № 1: в химический стакан ёмкостью 50 мл налейте 25 мл фильтрата.

9. Произведите измерение pH фильтрата. Результат измерения занесите в табл. 1.

10. Уберите стаканчик с образцом № 1, промойте электроды, опустив их в стаканчик с дистиллированной водой и затем промокните электроды фильтровальной бумагой.

11. Подготовьте образец № 2: в химический стакан ёмкостью 50 мл налейте 25 мл фильтрата.

12. Произведите измерение pH фильтрата. Результат измерения занесите в табл. 1.

13. Уберите стаканчик с образцом № 2, промойте электроды, опустив их в стаканчик с дистиллированной водой и затем промокните электроды фильтровальной бумагой.

14. Подготовьте образец № 3: в химический стакан ёмкостью 50 мл налейте 25 мл фильтрата.

15. Произведите измерение pH фильтрата. Результат измерения занесите в табл. 1.

16. Пользуясь таблицей 2, дайте характеристику почвам, на основе которых были изготовлены фильтраты. Выводы запишите в табл. 1.

Таблица 1

Образец для исследований	pH	Выводы о характере почвы
Дистиллированная вода		
Буферный раствор № 1		
Буферный раствор № 2		
Фильтрат № 1		
Фильтрат № 2		
Фильтрат № 3		

Таблица 2

рН фильтрата	Характеристика почвы
3,0 – 4,5	Сильнокислая
4,5 – 5,5	Кислая
5,5 – 6,5	Слабокислая
6,5 – 7,0	Нейтральная
7,0 – 7,5	Слабощелочная
7,5 – 8,5	Щелочная
8,5 и выше	Сильнощелочная

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что называется показателем *pH*? Какие значения он принимает в случае кислых, щелочных и нейтральной след?
2. Что называется ионным произведением воды? Чему равен этот параметр? От чего он зависит?
3. В чём заключается сущность потенциометрического определения *pH* раствора?
4. Для чего в настоящей работе используются буферные растворы? Каков их химический состав?
5. Какой смысл имеют обозначения 0,1 н КСl; 0,01 М КСl?
6. Перечислите операции, которые необходимо выполнить в рамках настоящей работы на этапе подготовки образцов для измерений.
7. С какой целью необходимо осуществлять анализ кислотности почв?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никольский А.Б., Суворов А.В.* Химия: Учеб. для вузов. – СПб.: Химиздат, 2001 – 512 с.
2. *Крешков А.П.* Основы аналитической химии: в 3 ч. – М.: Химия, 1976.
3. Водородный показатель (материал из Википедии – свободной энциклопедии) <http://ru.wikipedia.org/wiki/pH>

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ *pH*

8.1 pH-метр PH-009(I)



Прибор предназначен для измерения уровня *pH* – концентрации свободных ионов водорода в воде. в аквариумах, бассейнах, котлах, в системах подготовки воды и т. д.

Характеристики:

- Диапазон измерения *pH*: 0 – 14
 - Рабочая температура 0 – 50°C
 - Погрешность $\pm 0,1$ *pH*
- Питание: батареи 2 × 3 В (CR2032)
 - Продолжительность работы от батарей – свыше 1000 часов
 - Размеры 150 × 29 × 20 мм
 - Масса 51 г

8.2 Портативный мультиметр PD-501 для измерения *pH*, электропроводности, ОВП и температуры воды



Характеристики *pH*:

- Диапазон измерения *pH*: 0 – 14
- Цена деления 0,01 *pH*
- Погрешность менее $\pm 0,01$ *pH*

Характеристики кондуктометра:

- Диапазон измерений: от 0 до $2 \cdot 10^5$ мкСм/см
- Погрешность менее ± 1 %

Характеристики измерителя ОВП:

- Диапазон измерений ± 1500 мВ
 - Цена деления 1 мВ
 - Точность: $\leq \pm 0,15$ %
- Характеристики термометра:
- Диапазон измерений: от 0 до 60 °C
 - Цена деления 0,1 °C
 - Погрешность: $\leq \pm 1$ °C

8.3 Стационарный рН метр LEKI pH3D



Характеристики:

- Диапазон измерения pH : от -2 до 18
- Диапазон измерения Э.Д.С.: ± 1999 мВ
- Диапазон измерения температуры: от 0 до 100°C
- Дискретность измерения pH : $0,01$ pH
- Дискретность измерения Э.Д.С.: 1 мВ
- Дискретность измерения температуры: $0,1^{\circ}\text{C}$
- Пределы допускаемой абсолютной погрешности преобразователя: по $pH \pm 0,02$, по Э.Д.С. ± 2 мВ
- Электропитание, 220 В, 50 Гц

8.4 pH -метр PH-013 – высокоточный лабораторный прибор для измерения pH , $RedOx$ -потенциала и температуры



Характеристики:

- Диапазон измерения pH : $0,00 - 14,00$, $RedOx$: $0 \sim \pm 1999$ мВ, t : $0 - 100^{\circ}\text{C}$
- Цена деления: $0,01$ pH , 1 мВ, $0,1^{\circ}\text{C}$
- Погрешность $\pm 0,01$ pH , $\pm 0,1$ % полной шкалы ± 1 цифра.
- Питание: батареи 9 В
- Размеры $180 \times 83 \times 46$ мм
- Масса 290 г

8.5 рН-метр ZD05 для измерения рН и влажности почвы



Прибор ZD05 предназначен для измерения pH и влажности разных видов почвы.

Характеристики:

- Диапазон измерения pH : $3 - 8$
- Время одного измерения 10 мин

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ

Цель работы: ознакомление с методами измерения жесткости воды.

Приборы и принадлежности: дистиллированная вода, химическая посуда, набор химических реактивов.

Введение

Вода, являясь хорошим растворителем, помимо молекул H_2O , ионов H^+ и OH^- практически всегда содержит различные примеси органического и неорганического происхождения. Если в воде присутствует большое количество растворённых солей кальция, магния, железа то она называется *жесткой*.

Жесткость воды измеряется в мг-экв/л¹. Природную воду принято классифицировать по признаку жесткости. Всего существуют 4 группы жесткости: мягкая (менее 4 мг-экв/л), средней жесткости (4 – 8 мг-экв/л), жесткая (8 – 12 мг-экв/л), очень жесткая (более 12 мг-экв/л). Жёсткость воды поверхностных источников существенно колеблется в течение года; она максимальна в конце зимы, минимальна – в период паводка (например, жёсткость волжской воды в марте – 4,3 мг-экв/л, в мае – 0,5 мг-экв/л). В подземных водах жёсткость обычно выше (до 80 – 100 мг-экв/л) и при этом меньше изменяется в течение года.

Жёсткая вода обладает рядом недостатков: она хуже на вкус: в ней труднее развариваются многие продукты, причём после варки питательная ценность продуктов уменьшается. С повышением жёсткости снижается моющая способность воды, возрастает расход мыла. Повышенное содержание растворённых солей Ca^{2+} , Mg^{2+} и Fe^{2+} в питьевой может способствовать развитию ряда заболеваний, таких, например, как образование камней в почках. Жёсткая вода, наконец, неприменима в ряде отраслей промышленности, теплотехники, поскольку при её использовании образуется трудноудаляемый слой на-

¹ Один мг-экв/л (миллиграмм-эквивалент на литр воды) соответствует содержанию в литре воды 20,04 мг Ca^{2+} или 12,16 мг Mg^{2+} (атомная масса, делённая на валентность).

кипи на стенках котлов, трубопроводов. Таким образом, контроль жёсткости воды, её снижение до требуемого уровня является важной задачей, решать которую приходится как на производстве, так и в быту.

В рамках настоящей работы учащимся предлагается ознакомиться с основными понятиями, характеризующими жёсткость воды, а также провести эксперименты по определению этого важного параметра и по снижению его значения.

Различают общую, временную, постоянную, карбонатную и некарбонатную жесткости.

Общей жесткостью называется суммарная концентрация ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Fe^{2+} в воде, выраженная в мг-экв/л.

Постоянной жесткостью называется часть общей жесткости, остающаяся после кипячения воды при атмосферном давлении в течение определенного времени (хлориды, сульфаты, нитраты, нитриты).

Временной жесткостью называется часть общей жесткости, удаляющаяся кипячением воды при атмосферном давлении в течение определенного времени (гидрокарбонаты при кипячении переходят в карбонаты).

Карбонатной жесткостью называется часть общей жесткости, эквивалентная концентрации карбонатов (CO_3^{2-}) и гидрокарбонатов (HCO_3^-) кальция и магния.

Некарбонатная жесткость – часть общей жесткости, равная разности между общей и карбонатной жесткостью.

Процесс, приводящий к снижению жесткости воды, называется ее **умягчением**. Умягчение сводится к уменьшению концентрации кальциевых и магниевых солей в воде. Существующие способы умягчения воды делятся на группы: реagentные методы, метод обмена ионов, термическое умягчение и обратный осмос.

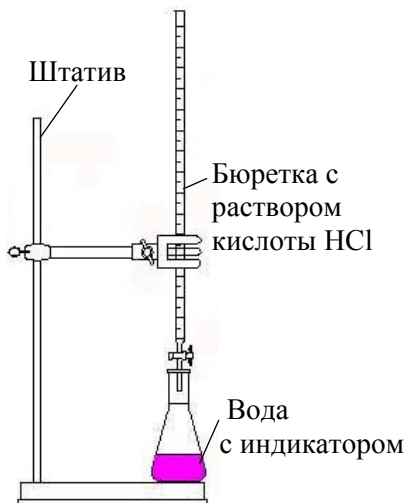


Рис. 1

Одним из методов определения жесткости воды является титрование определенного объема воды раствором соляной кислоты известной концентрации (*титриметрический метод анализа*) – рис. 1. Применяются и весовые (*гравиметрические*) методы определения жесткости. Устранение жесткости сводится к удалению из воды ионов кальция и магния (обычно – путем перевода их в осадок в виде нерастворимых солей).

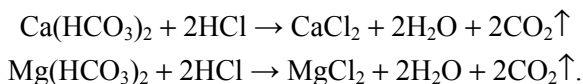
Требования к соблюдению техники безопасности

Перед началом экспериментов внимательно изучите методику выполнения настоящей работы. Необходимо соблюдать осторожность при работе со стеклом, чтобы не пораниться осколками. Тонкостенную химическую посуду следует нагревать не на открытом огне, а на асбестовой сетке. Нельзя наклоняться над сосудом с кипящей жидкостью или при наливании в него какой-либо жидкости.

Методика и порядок выполнения работы

Упражнение 1. Определение временной жесткости воды

В основе определения временной жесткости воды лежит реакция между соляной кислотой и бикарбонатами кальция и магния.



К определенному объему исследуемой воды приливается по каплям раствор соляной кислоты известной концентрации до полной нейтрализации солей. О степени нейтрализации судят по изменению окраски индикатора – метилоранжа при переходе от оранжевого к красно-оранжевому цвету.

Порядок выполнения работы

1. Отмерьте $V_{\text{H}_2\text{O}} = 100$ мл исследуемой воды в коническую колбу на 250мл.
2. Добавьте в исследуемую воду 2 – 3 капли метилоранжа.
3. Проведите титрование: добавляйте в образец воды при помешивании капли раствора соляной кислоты заданной концентрации

C_{HCl} до достижения жидкостью перехода из оранжевого в красновато-оранжевый цвет (рис. 2).

4. Запишите в табл. 1 значение объема V_{HCl} израсходованной кислоты. Опыт повторите 3 раза, затем вычислите среднее значение $\langle V_{HCl} \rangle$ расхода кислоты; результат запишите в табл. 1.

5. Рассчитайте значение временной жёсткости воды:

$$Ж_{ВРЕМ} = \frac{\langle V_{HCl} \rangle \cdot C_{HCl} \cdot 1000}{V_{H_2O}},$$

где $Ж_{ВРЕМ}$ – временная жесткость воды в мг-экв/л; $\langle V_{HCl} \rangle$ – среднее значение объема соляной кислоты в мл, израсходованного на одно титрование; C_{HCl} – концентрация использованного раствора соляной кислоты, выраженная через нормальность¹ в г-экв/л; V_{H_2O} – объём воды в мл. Значения V_{H_2O} и C_{HCl} запишите в табл. 1, результат вычисления временной жёсткости воды запишите в табл. 2.



Рис. 2

Таблица 1

№ опыта	V_{HCl} , мл	$V_{ТБ}$, мл
1		
2		
3		
среднее		
	$V_{H_2O} =$ мл; $C_{HCl} =$ г-экв/л	$k =$ $n =$

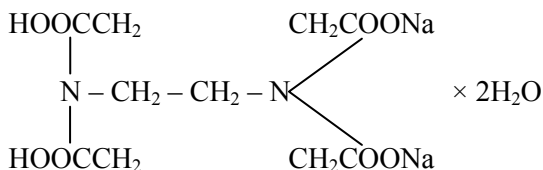
Таблица 2

$Ж_{ВРЕМ} =$	мг-экв/л	$Ж_{ОБЦ} =$	мг-экв/л	$Ж_{ПОСТ} =$	мг-экв/л
--------------	----------	-------------	----------	--------------	----------

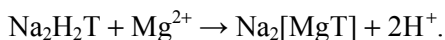
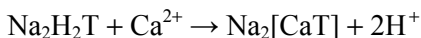
¹ Нормальность раствора обозначает число грамм-эквивалентов данного вещества в одном литре раствора или число миллиграмм-эквивалентов в одном миллилитре раствора (грамм — эквивалентом вещества называется количество граммов вещества, численно равное его эквиваленту).

Упражнение 2. Определение общей жесткости воды трилонометрическим методом. Определение постоянной жёсткости воды

Определение общей жесткости воды трилонометрическим методом основано на способности некоторых органических кислот образовывать комплексные соединения с ионами щелочноземельных металлов. В данном случае используется двузамещенная натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, которая сокращенно называется трилон Б. Химическая формула этой соли $C_{10}H_{18}N_2Na_2O_{10}$ или Na_2H_2T где символ T означает трилон, являющийся анионом кислоты, входящей в состав трилона Б. Строение молекулы трилона Б может быть представлено в виде:



Реакции образования комплексных солей, происходящие при титровании трилоном Б воды, которая содержит ионы кальция и магния, могут быть сокращенно описаны следующими уравнениями:



Сущность трилонометрического метода состоит в следующем: к пробе анализируемой воды для создания оптимального pH прибавляют аммиачный буферный раствор, а также – несколько кристалликов индикатора (красителя хромогена черного), после чего пробу титруют раствором трилона Б до состояния, при котором раствор приобретёт голубой цвет. По количеству раствора трилона, затраченного на титрование, вычисляют общую жесткость воды.

Порядок выполнения работы

1. Налейте в коническую колбу емкостью 300 мл 50 мл исследуемой воды и 50 мл дистиллированной воды.
2. К полученным 100 мл воды прилейте 5 мл аммиачного буферного раствора и добавьте несколько кристалликов индикатора.

3. Проведите титрование: взбалтывая полученную смесь, понемногу добавляйте в неё капли 0,1 н раствора трилона Б до перехода цвета жидкости в голубой.

4. Запишите в табл. 1 значение объема V_{TB} , израсходованного раствора трилона Б. Опыт повторите 3 раза, после чего вычислите среднее значение $\langle V_{TB} \rangle$ расхода трилона Б; результат запишите в таблицу 1.

5. Рассчитайте значение общей жёсткости воды $\mathcal{J}_{\text{общ}}$:

$$\mathcal{J}_{\text{общ}} = k \cdot V_{TB} \cdot n \text{ (мл-экв/л)},$$

где $\mathcal{J}_{\text{общ}}$ – общая жесткость воды в мг-экв/л; k – поправочный коэффициент трилона (определяется по нормальной концентрации); V_{TB} – количество мл 0,1 н раствора трилона, необходимое для титрования 100 мл воды, n – коэффициент приведения к объему 100 мл: для 50 мл воды $n = 2$, для 25 мл воды $n = 4$, для 10 мл воды $n = 10$. Значения k и n запишите в табл. 1, результат вычислений общей жёсткости воды запишите в табл. 2.

Используя данные табл. 2, вычислите значение постоянной жесткости воды $\mathcal{J}_{\text{пост}}$ как разность между общей и временной жесткостью:

$$\mathcal{J}_{\text{пост}} = \mathcal{J}_{\text{общ}} - \mathcal{J}_{\text{врем.}}$$

Результат вычислений запишите в табл. 2.

Упражнение 3. Устранение жёсткости воды

К методам устранения жёсткости воды относятся:

- *Обратный осмос*: метод основан на прохождении воды через полупроницаемые мембраны, как правило, полиамидные. Вместе с солями кальция и магния удаляется и большинство других солей; эффективность очистки может достигать 99,9 %.

- *Электродиализ*: метод основан на удалении из воды солей под действием электрического поля с применением специальных мембран.

- *Термический метод*: основан на нагреве воды, устраняет только временную (карбонатную) жёсткость. Находит применение в быту, в промышленности применяется, например, на тепловых станциях

- *Реагентное умягчение*: метод основан на добавлении в воду реагентов, например, соды NaHCO_3 или гашеной извести $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом соли кальция и магния переходят в нерастворимые соединения и, как следствие, выпадают в осадок.

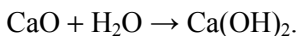
- *Катионирование (обмен ионов)*: метод основан на использовании ионообменной гранулированной загрузки (чаще всего ионообменных смол), которая при контакте с водой поглощает катионы кальция, магния, железа и марганца, а взамен (в зависимости от ионной формы), отдаёт ионы натрия или водорода.

- Полностью очистить воду можно методом *перегонки (дистилляцией)*.

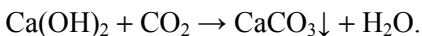
В настоящей работе студентам предлагается использовать термический и реагентный методы умягчения воды.

Порядок выполнения работы

1. Налейте в пробирку на половину её объема известковую воду – прозрачный (близкий к насыщенному) водный раствор, который получают путём взаимодействия оксида кальция CaO (негашёной извести) с водой¹:



2. Пропустите через известковую воду углекислый газ (двуокись углерода CO_2). Отметьте появление на дне пробирки осадка карбоната кальция CaCO_3 :



3. Продолжайте пропускать через раствор двуокись углерода до растворения осадка, которое происходит вследствие образования кислой соли гидрокарбоната кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$:



4. Разделите полученный раствор на две части, перенеся пипеткой его половину в микроколбочку. В результате данных операций будут получены *два образца воды, имеющей повышенную жёсткость*.

5. Устраните карбонатную (временную) жесткость термическим методом: микроколбочку с раствором кислой соли гидрокарбоната

¹ Этот процесс называется «гашением извести», реакция экзотермическая, идёт с выделением 16 ккал (67 кДж) на моль.

кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ вертикально укрепите в штативе и, осторожно нагревая, прокипятите раствор до образования осадка карбоната кальция:



6. Устраните временную жесткость второй порции раствора реакгентным методом, добавляя к нему раствор едкого натра NaOH:



7. Уравнения реакций, проведённых в рамках Упражнения 3, запишите в отчет по лабораторной работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какая вода называется жёсткой? Чем обусловлена жесткость воды? В каких единицах она измеряется?
2. На какие группы делится вода по признаку жёсткости?
3. С какой целью следует контролировать жёсткость воды?
4. Что называется общей, постоянной, временной, карбонатной, некарбонатной жёсткостью воды?
5. Какие характеристики жёсткости воды определяются в настоящей работе?
6. Опишите использовавшийся в настоящей работе метод определения временной жёсткости воды.
7. Опишите использовавшийся в настоящей работе метод определения общей жёсткости воды.
8. Какие методы применяются для умягчения воды?
9. Запишите уравнения химических реакций, используемых в настоящей работе для умягчения воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Уч. пос. – М.: Кнорус, 2010. – 752 с.
2. ГОСТ Р 52029-2003 – Вода. Единица жесткости. – 2003. – <http://www.gostedu.ru/1568.html>
3. ГОСТ Р 52407-2005 Вода питьевая. Методы определения жесткости. – 2007. – <http://www.gostbaza.ru/?gost=565>
4. Жёсткость воды (материал из Википедии – свободной энциклопедии) <http://ru.wikipedia.org/wiki/DH>

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖЁСТКОСТИ ВОДЫ

9.1 TDS-4TM – портативный прибор для измерения жесткости и температуры воды



TDS-метр (total dissolved solids) предназначен для измерения температуры, жесткости воды и растворенных в воде соединений, может быть использован в системах водоподготовки и очистки воды для гидропоники, аквариумов, бассейнов, анализа питьевой воды и воды в скважинах и колодцах. Принцип действия измерителя основан на прямой зависимости электропроводности воды от количества растворенных в ней соединений.

Характеристики:

- Диапазон измерений жесткости воды: 0 – 9990 мг/л
- Диапазон измерений температуры воды: 0 – 80 °С
- Точность: $\pm 2\%$
- Питание от батареек: $2 \times 1,5\text{ В}$
- Размеры: 140 мм \times 23 мм \times 15 мм
- Масса 34 г

Зарегистрирован в Государственном реестре средств измерения под № 14301-05 РФ.

9.2 Индикаторные полоски AquaChek



AquaChek измеряет следующие параметры: свободный хлор, общий хлор, *pH*, общую щелочность, общую жесткость, концентрацию изоциануровой кислоты.

Для определения данных параметров нужно погрузить полоску полностью в воду на одну секунду, вынуть, выдержать тест на воздухе 15 секунд, после чего сравнить цвет полоски с приведённым в тестовой таблице.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ ПОЧВ

Цель работы: Ознакомление с методами измерения кислотности почв.

Приборы и принадлежности: Технические весы, химическая посуда, набор химических реактивов.

Введение

Способность почвы поглощать пары, газы, задерживать растворенные вещества и живые организмы называется **поглощительной способностью**. Выделяют пять видов поглощительной способности почв. К ним относятся: механическая, физическая, химическая, физико-химическая и биологическая.

Механической поглощительной способностью называется свойство почвы задерживать (подобно фильтру) твердые частицы, находящиеся в фильтрующейся воде, с размерами большими, чем почвенные поры. Она зависит от размера и формы почвенных пор, которые определяются гранулометрическим составом и плотностью почв.

Физической поглощительной способностью называется поглощение газов и паров из газообразной фазы почвы.

Химической поглощительной способностью (хемосорбцией) называется способность почвы закреплять катионы металлов и анионы различной природы в виде труднорастворимых соединений с образованием новой твердой фазы. Хемосорбция сильно зависит от природы анионов. Хорошо поглощаются почвой анионы PO_4^{3-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^- , SiO_3^{2-} , слабо – NO_2^- , NO_3^- , Cl^- , а анионы SO_4^{2-} , CO_3^{2-} в этом ряду занимают промежуточное положение.

Биологическая поглощительная способность проявляется в возможности живых почвенных организмов (корней растений, микроорганизмов) поглощать из почвы различные вещества, их катионы и анионы (NO_3^- , SO_4^{2-} , HPO_4^{2-} , H_2PO_4^-). Особенностью этой поглощительной способности является её избирательность, то есть усвоение жизненно необходимых веществ, специфичных для каждого организма.

В результате жизнедеятельности растений, животных и микроорганизмов в почве образуются высокодисперсные органические (гуму-

совые) и органо-минеральные вещества. При этом возникают сорбционные барьеры, способные за счет обменного и необменного поглощения удерживать различные вещества. Например, за счет обменного поглощения в почве могут накапливаться Ni, Co, Cu, Zn, Hg, другие элементы.

Физико-химическая или обменная поглотительная способность проявляется в способности почвы поглощать и обменивать ионы, находящиеся на поверхности коллоидных частиц на ионы почвенного раствора. Если коллоидная частица заряжена отрицательно, то обмениваются катионы, если положительно, то анионы.

Состав поглощенных почвой катионов определяет многие свойства почв в том числе их **кислотность** и **щелочность**.

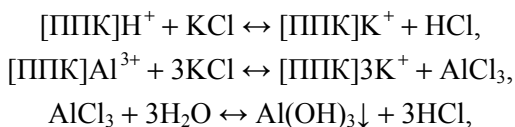
Кислотность почвы проявляется в способности подкислять воду и растворы солей. Различают два вида почвенной кислотности: актуальную (активную) и потенциальную (скрытую).

Актуальная кислотность характеризует активность свободных ионов H^+ в почвенном растворе и определяется наличием в нем свободных кислот, кислых солей, а также их природой. Для большинства почв актуальная кислотность обусловлена присутствием угольной кислоты и ее солей. Актуальная кислотность выражается в мг-экв H^+ на 100 г почвы или в единицах pH . Она определяется в водной вытяжке или в суспензии и обозначается соответственно pH_B или pH_{H_2O} . В почвах значения pH_B варьируются в пределах, в основном, от 4 до 8.

Величина pH является наиболее устойчивым генетическим показателем конкретной почвы, варьируясь в пределах 5 – 10%. Изменения pH происходят при окультуривании почв или при их деградации. В целом величина pH для всех почв считается существенным диагностическим критерием.

Потенциальная кислотность – это количество обменных ионов H^+ и Al^{3+} в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК), выражаемое в мг-экв на 100 г почвы (мг-экв/100 г).

В водной среде с участием этих ионов происходят реакции:



благодаря которым поглощённые ионы H^+ и Al^{3+} и определяют концентрацию ионов водорода в самом почвенном растворе или pH последнего. Таким образом, потенциальная кислотность – это кислотность, скрытая в почвенном поглощающем комплексе.

Потенциальная кислотность в свою очередь подразделяется на **обменную** и **гидролитическую**.

Обменная кислотность определяется количеством поглощенных ионов H^+ и Al^{3+} , вытесняемых катионами нейтральных солей. При взаимодействии почвы с нейтральной солью не все протоны переходят в раствор, так как в системе устанавливается динамическое равновесие:



Образующаяся при этом кислота как раз и характеризует обменную кислотность.

Гидролитическая кислотность определяется количеством поглощенных ионов H^+ и Al^{3+} , вытесняемых гидролитически щелочной солью (CH_3COONa).



Количество образующейся уксусной кислоты, эквивалентное количеству поглощенных ионов H^+ и Al^{3+} в почве, определяет величину гидролитической кислотности. Обменную и гидролитическую кислотность также выражают в мг-экв/ 100 г почвы. Гидролитическая кислотность, по существу характеризует насыщенность почв основаниями.

Плодовые и ягодные культуры лучше всего растут и плодоносят на почвах слабокислых, близких к нейтральным. Повышенная кислотность снижает активность полезной микрофлоры в почве, что, в свою очередь, уменьшает количество доступных форм азота. На кислых почвах происходит вымывание фосфора, калия и многих микроэлементов в нижние недоступные растениям слои почвы; ухудшаются физические свойства почвы, разрушается почвенная структура.

Часто в полевых условиях сильную кислотность почвы можно определить по произрастанию на ней кислотолюбивых растений – хвоща, щавелека, лютика ползучего, белоуса, сытника, полевицы, щучки и др. Не переносят кислых почв клевер красный, донник, люцерна, лисохвост, райграс, ежа сборная. Если на данной почве хорошо рас-

тут ясень, клен, дуб, а из травянистых – лебеда белая и крапива, то это указывает на то, что почва не слишком кислая и вполне пригодна для закладки сада и ягодников.

Для устранения избыточной кислотности, вредной для многих сельскохозяйственных растений проводят *известкование почв*: внесение в почву извести (CaCO_3) и других известковых удобрений. Метод основан на замещении в почвенном поглощающем комплексе ионов водорода и алюминия ионами кальция и магния. В результате нейтрализации почвы и увеличения содержания в ней кальция усиливается жизнедеятельность полезных микроорганизмов (например, клубеньковых бактерий, микроорганизмов, минерализующих органические остатки и перегной) и почва обогащается доступными для растений элементами питания, улучшаются её физические свойства (структура, водопроницаемость и др.).

Необходимость почв в известковании определяют по степени насыщенности почв основаниями, по соотношению между поглощенными ионами Ca^{2+} и Mg^{2+} с одной стороны, и H^+ и Al^{3+} – с другой. По результатам полевых опытов установлена следующая шкала (см. табл. 1):

Таблица 1

<i>V</i>	Необходимость в известковании
Ниже 50	Сильно нуждается в извести
От 55 до 70	Среднунуждаемые
70 – 80	Слабонуждаемые
Выше 80	Не нуждаются в извести

В различных почвах количество и состав обменных катионов, ёмкость поглощения, степень насыщенности основаниями неодинаковы. Ёмкость поглощения зависит от содержания в почвах коллоидных частиц и их природы. Так, например, чем больше в почве гумусовых веществ и ила, тем выше её *ЕКО* (ёмкость катионного обмена).

Щелочность почв. Различают *актуальную* и *потенциальную* щелочность. Актуальная щелочность определяется содержанием в воде гидролизующихся щелочных солей (Na_2CO_3 , NaHCO_3 , $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и др., диссоциация которых приводит к повышению концентрации гидроксильных ионов. Актуальная щелочность выражается в мг-экв на 100 г почвы. По-

тенциальная щелочность определяется содержанием поглощенного иона натрия, который, переходя в раствор, подщелачивает его.

Сильная щелочность почвы, как и кислотность, оказывает неблагоприятное действие на развитие растений и микроорганизмов, ухудшает структурное состояние почвы.

В целом основные закономерности обменного поглощения катионов заключаются в следующих положениях:

1. Обмен происходит в эквивалентных количествах по законам обменных реакций, который носит обратный характер.

2. В поглощенном состоянии в почве могут находиться различные катионы. Общее количество всех поглощенных катионов называется ёмкостью поглощения (T). Эта величина характеризуется ёмкостью катионного обмена (EKO) и выражается в мг-экв на 100 г почвы. Суммарное количество всех обменных катионов, за исключением H^+ и Al^{3+} называют суммой обменных оснований (S), которая также выражается в мг-экв на 100 г почвы. Доля суммы поглощенных оснований от ёмкости поглощения, выраженная в процентах, называется *степенью насыщенности почв основаниями*.

Степень насыщенности почв основаниями, выражается в процентах от ёмкости обмена:

$$V = \frac{S}{S + H} \cdot 100 \%,$$

где V – степень насыщенности почв основаниями, S – сумма обменных оснований, мг-экв/100 г; H – гидролитическая кислотность, мг-экв/100 г.

Методика и порядок выполнения работы

Упражнение 1. Определение суммы обменных оснований в почве

В рамках настоящего упражнения предлагается определить сумму обменных оснований почвы по методу Каппена-Гильковица, суть которого заключается в обработке образца почвы известным количеством 0,1 н раствора HCl. В результате взаимодействия почвы с соляной кислотой водород вытесняет из поглощающего комплекса обменные основания (Ca, Mg, и др.): зная какое количество кислоты пошло на осуществление данных реакций, определяют сумму обменных оснований.

Лучшие результаты метод Каппена-Гильковица дает на почвах, бедных поглощенными основаниями, например на дерново-подзолистых, серых лесных и др.

Порядок выполнения работы

Подготовительный этап:

1. С помощью весов отмерьте $G \approx 10$ г воздушно-сухой почвы (проба № 1), просеянной через сито с диаметром отверстий в 1 мм и высыпьте полученную навеску в колбу объёмом 350 – 500 мл. Отмеренное значение G запишите в таблицу 1.
2. Добавьте к навеске из бюретки $V \approx 50$ мл 0,1 н раствора HCl и в течение 1 часа взбалтывайте содержимое (на ротаторе или вручную). Отмеренное значение V запишите в табл. 1.
3. После взбалтывания оставьте колбу отстояться на сутки.
4. *Операции 1 – 3 повторите, приготовив пробы № 2 и № 3.*

Этап проведения исследований:

1. Содержимое колбы № 1 профильтруйте через сухой беззольный фильтр. Если первые порции фильтрата окажутся мутными, то их снова следует пропустить через тот же фильтр.
2. По окончании фильтрования пипеткой отберите $a \approx 25$ мл прозрачного фильтрата в соляной кислоте в коническую колбу ёмкостью 150 – 200 мл. Значение a запишите в таблицу 1.
3. Добавьте в фильтрат 2 – 3 капли фенолфталеина и прокипятите в течение одной – двух минут (с тем, чтобы удалить растворённый в нём углекислый газ CO_2).
4. Произведите титрование горячего фильтрата, добавляя в него по каплям (капля составляет 0,03 – 0,04 мл) 0,1 н раствор NaOH при помешивании до появления слабо-розовой окраски. Количество миллилитров b раствора NaOH, пошедшего на титрование, запишите в таблицу 1.
5. *Операции 1 – 4 повторите с пробами № 2 и № 3.*
6. Для каждой из проб вычислите значения суммы обменных оснований:

$$S = \frac{(aK_{\text{HCl}} - bK_{\text{NaOH}}) \cdot 100 \cdot 0,1}{G_a}$$

где S – сумма обменных оснований (м-экв на 100 г почвы); a – количество миллилитров фильтрата (вытяжка 0,1 н соляной кислотой), взятого для титрования; K_{HCl} – поправка к титру HCl (определяется при предварительном определении титра, в данном случае раствор готовится из фиксаля с концентрацией 0,1н); b – количество миллилитров 0,1 н NaOH, пошедших на титрование взятого объема фильтрата; K_{NaOH} – поправка к титру NaOH; 100 – коэффициент пересчета на 100 г почвы; G_a – масса навески почвы, соответствующая взятому для титрования объему фильтрата (если от фильтрата будет анализироваться часть a); 0,1 – коэффициент перевода в миллиэквиваленты.

Если сумма обменных оснований в почве ожидается больше 15 мг-экв/100 г, то соляной кислоты берут 200 мл или уменьшают навеску почвы до 5 г. Практически руководствуются следующими соображениями: для дерново-подзолистых и светло-серых лесных почв для создания фильтрата берут 20 г почвы и 100 мл соляной кислоты, для серых, темно-серых и черноземов – 20 г почвы и 200 мл кислоты.

Таблица 1

№ пробы	G , г	V , мл	a , мл	K_{HCl}	b , мл	K_{NaOH}	S , м-экв на 100 г почвы
1	10	100	25				
2	10	100	25				
3	10	100	25				

7. Пользуясь табл. 2, определите, какому типу почв соответствуют полученные значения сумм обменных оснований. Вывод запишите в отчёте к лабораторной работе.

Таблица 2

Подтип лесных почв	Содержание гумуса, %	Сумма обменных оснований м-экв на 100 г	Гидролитическая кислотность м-экв на 100 г
Светло серые	1,6 – 3,4	10 – 18	2,3 – 3,8
Серые	2,2 – 4,7	14 – 25	2,9 – 3,5
Тёмно серые	3,5 – 7,0	20 – 36	2,3 – 5,4

Упражнение 2. Определение гидролитической кислотности почв

Как отмечалось выше, определение гидролитической кислотности основано на том, что при взаимодействии раствора CH_3COONa с почвой образуется уксусная кислота, которая титруется щёлочью. По количеству миллилитров щёлочи, пошедшей на титрование, и судят о величине гидролитической кислотности.

Порядок выполнения работы

Подготовительный этап:

1. С помощью весов отмерьте $G \approx 10$ г воздушно-сухой почвы (проба № 4), просеянной через сито с диаметром отверстий в 1 мм и высыпьте полученную навеску в колбу объёмом 200 мл. Отмеренное значение G запишите в таблицу 3.

2. Добавьте к навеске из бюретки $V \approx 25$ мл 0,1 н раствора CH_3COONa и в течение 1 часа взбалтывайте содержимое (на ротаторе для перемешивания или вручную). Отмеренное значение V запишите в табл. 3.

Часовое взбалтывание можно заменить пятиминутным взбалтыванием с последующим отстаиванием суспензии в течение суток.

3. *Операции 1 – 3 повторите, приготовив пробы № 5 и № 6.*

Этап проведения исследований:

1. Содержимое колбы № 4 профильтруйте через сухой складчатый фильтр. Перед фильтрованием жидкость хорошо взбалтывают, если фильтрат окажется мутным, то его снова следует пропустить через тот же фильтр.

2. По окончании фильтрования пипеткой отберите $a \approx 10$ мл прозрачного фильтрата соляной кислоты в коническую колбу ёмкостью 100 мл. Значение a запишите в табл. 3.

3. Добавьте в фильтрат 1 – 2 капли фенолфталеина и произведите титрование фильтрата, добавляя в него по каплям (0,03 – 0,04 мл) 0,1 н раствор NaOH до появления слабо-розовой окраски (лучше смотреть на белом фоне), не исчезающей в течение минуты. Количе-

ство миллилитров b раствора NaOH, пошедшего на титрование, запишите в табл. 3.

4. *Операции 1 – 4 повторите с пробами № 5 и № 6.*

5. Для каждой из проб вычислите значения гидролитической кислотности по формуле:

$$H = \frac{b \cdot K_{\text{NaOH}} \cdot 100 \cdot 0,1 \cdot 1,75}{G},$$

где H – гидролитическая кислотность (в мг-экв на 100 г почвы); b – количество миллилитров 0,1 н NaOH, пошедших на титрование взятого объёма фильтрата; K_{NaOH} – поправка к титру; 100 – коэффициент пересчёта на 100 г почвы; 0,1 – коэффициент пересчёта в миллиэквиваленты; 1,75 – поправка на полноту вытеснения ионов водорода;

Таблица 3

№ пробы	G , г	V , мл	a , мл	b , мл	H , в мг-экв на 100 г почвы
4					
5					
6					

6. При гидролитической кислотности, превышающей 3 мг-экв на 100 г почвы и больше, почву необходимо известковать. Если известь (CaCO_3) заделывается на глубину 20 – 22 см, то на каждую единицу гидролитической кислотности вносят (из расчета на 1 м² площади) 150 г извести. При заделке извести на глубину 40 – 44 см дозу увеличивают вдвое. Так, например, если гидролитическая кислотность почвы равна 4 мг-экв на 100 г почвы, то при перекопке на 20 – 22 см извести вносят $4 \times 150 \text{ г} = 600 \text{ г}$ на 1 м², при перевале почвы на глубину 40 – 45 см дозу извести удваивают. На легких песчаных и супесчаных почвах дозу извести уменьшают на 25 – 30%.

Пользуясь приведёнными данными, рассчитайте, какое количество извести потребуется для известкования одной 10 соток садового участка, почва которого имеет гидролитическую кислотность, равную определённой в ходе выполнения настоящей работы. *Пример вычислений и сделанный на их основе вывод запишите в отчёт по работе.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите виды поглотительной способности почв и дайте краткую характеристику каждого вида.
2. Перечислите виды почвенной кислотности почв и дайте краткую характеристику каждого вида.
3. В чём заключается и с какой целью проводится известкование почв? Какие расчёты позволяют оценить расход извести на эту процедуру?
4. Что называется гидролитической кислотностью? В каких единицах она измеряется?
5. Что называется щёлочностью почв? Какие виды щёлочности существуют (дайте краткую характеристику этим видам)?
6. Что называется ёмкостью катионного обмена, и в каких единицах она измеряется?
7. Что называется суммой обменных оснований, и в каких единицах измеряется этот параметр?
8. Что называется степенью насыщенности почв основаниями?
9. Объясните, как в настоящей работе определяется сумма обменных оснований образца почвы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Уч. пос. – М.: Кнорус, 2010. – 752 с.
2. ГОСТ 27593-88 – Почвы. Термины и определения. – 1988. – <http://www.burim24.ru/media/docs/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2%2027593-88.pdf>
3. Почва (материал из Википедии – свободной энциклопедии) <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BE%D1%87%D0%B2%D1%8B>
4. Вальков В.Ф., Казеев К.Ш., Колесников С.И. Почвоведение: Учеб. для вузов. – М.: Изд. центр «Март», 2006. – 495 с.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВ

10.1 рН-метр/иономер/нитратомер АНИОН-4101



Измеряемые параметры

- активность ионов (рХ)
 - молярная концентрация ионов (моль/л)
 - массовая концентрация ионов (мг/л)
 - э. д. с. электродных систем (мВ)
 - окислительно-восстановительный потенциал Eh (мВ)
 - нитраты в соответствии с ГОСТ 29270-95
- температуры водных сред (°С)

Прибор зарегистрирован в Государственном реестре средств измерения под № 14301-05 РФ и имеет сертификат Госстандарта RU.C.31.060.A № 25048.

10.2 ПФА 354 – Фотометр пламенный



Прибор предназначен для определения концентрации щелочных металлов (K, Na, Li) и кальция (Ca) в растворах, питьевых, минеральных, сточных, водах, винах, напитках, биологических жидкостях, фармпрепаратах, почвах, минералах.

Характеристики:

- Диапазон измерения концентраций, мг/л:
1 – 100 для Na, K, Li,
15 – 100 для Ca
- Габариты, масса: фотометр 430 мм × 230 мм × 235 мм, 10 кг, компрессор 12 кг

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОКИСЛЯЕМОСТИ ВОДЫ

Цель работы: ознакомление с методами определения окисляемости воды.

Приборы и принадлежности: технические весы, химическая посуда, набор химических реактивов.

Введение

В природной воде всегда присутствуют органические вещества, которые не только образуются в самом водном объекте, но и поступающие в него извне. Будучи весьма разнообразны по своей химической природе и свойствам, эти вещества существенно влияют на качество воды, на её пригодность для бытовых нужд, для сельского хозяйства и промышленности.

Информация о содержании органических веществ в воде обычно представляется на трех уровнях:

- информация об общем содержании органических веществ в воде;
- информация о содержании в воде органических веществ по их классам;
- информация о содержании конкретных органических веществ (наиболее распространенных и токсичных: например, в перечень веществ, обязательных к определению при анализе воды, включены нефтепродукты, анионные синтетические поверхностно-активные вещества, пестициды и фенолы).

Во многих случаях, однако, для оценки пригодности воды для использования, её качества достаточно знать *общее* содержание органических веществ в воде или просто содержанием в ней органического углерода, в среднем составляющего 50 % массы органических объектов. Содержание органического углерода в природных водах изменяется в достаточно широких пределах: в чистых водах оно варьируется от 1 мг/л до 10 – 20 мг/л, в загрязненных может достигать нескольких сотен мг/л.

Для оценки содержания органического углерода в воде широко используются такие показатели, как *окисляемость воды* и *биологическое потребление кислорода*.

Окисляемость воды – величина, характеризующая содержание в воде органических веществ, окисляемых одним из самых сильных химических окислителей при определенных условиях. Окисляемость воды выражается в миллиграммах атомарного кислорода, пошедшего на окисление веществ, содержащихся в литре воды. Разделяют *перманганатную* и *бихроматную окисляемость*. Перманганатная окисляемость характеризует *легкоокисляемую часть* органических веществ (в среднем 1 мг кислорода перманганатной окисляемости соответствует 1 мг углерода органического вещества в воде). Бихроматная окисляемость служит для определения *суммарного* содержания органических веществ. Соотношение перманганатной и бихроматной окисляемости позволяет судить о природе органических веществ в воде: чем меньше это отношение, тем больше в воде трудноокисляемой ароматики.

В рамках настоящей работы студентам предлагается ознакомиться с методами определения обоих видов окисляемости.

Методика и порядок выполнения работы

Упражнение 1. Определение перманганатной окисляемости в кислой среде

Реактивы: Раствор перманганата калия KMnO_4 концентрацией $0,01 \text{ M}^1$; раствор тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ концентрацией $0,01 \text{ M}$, раствор крахмала (0,5%-ный), иодистый калий KI кристаллический, раствор (1 : 3) серной кислоты H_2SO_4 , х.ч.

Оборудование и посуда: электроплитки с закрытой спиралью – 2 шт.; колбы конические 250 мл – 2 шт.; обратные холодильники – 2 шт.; пипетки: 100 мл – 1 шт., 10 мл – 1 шт., 15 мл – 1 шт., 5 мл – 1 шт.; бюретка 25 мл – 1 шт.; стеклянные капилляры.

¹ $0,01 \text{ M}$ – это концентрация раствора, выраженная через отношение массы растворенного вещества, содержащуюся в литре раствора, к его молекулярной массе (по-другому она называется *молярность* и фактически равна числу молей вещества, содержащееся в одном литре раствора).

Порядок выполнения работы

1. В коническую колбу на 250 мл налейте $V = 100$ мл исследуемой воды (значение V запишите в таблицу 1), погрузите в неё 2 – 3 капилляра (для повышения равномерности последующего прогрева) и долейте 5 мл H_2SO_4 (1 : 3). Полученный раствор нагрейте до кипения.

2. В самом начале кипения в колбу добавьте пипеткой $a = 20$ мл 0,01 М раствора $KMnO_4$, после чего закройте колбу пробкой-холодильником и кипятите 10 минут. *Если во время кипячения розовая окраска в колбе, свойственная перманганату, исчезает, определение надо повторить вновь, разбавив исследуемую воду бидистиллированной водой.*

3. По окончании кипячения охладите пробу и добавьте в неё примерно 0,5 г иодистого калия.

4. Полученную жидкость титруют 0,01 М раствором тиосульфата натрия до тех пор, пока она не приобретет слабо-желтый цвет. Затем в неё добавляют 1 мл раствора крахмала и продолжают титрование до исчезновения синей окраски раствора. Значение общего объёма V_1 раствора тиосульфата натрия, потребовавшегося для титрования, запишите в таблицу 1.

5. Операции по пп. 1 – 4 повторите, используя в качестве образца для исследования $V = 100$ мл бидистиллята. Значение общего объёма V_2 раствора тиосульфата натрия, потребовавшегося для титрования в этом случае, также запишите в табл. 1.

6. Величину C_x перманганатной окисляемости рассчитайте по следующей формуле:

$$C_x = \frac{80 \cdot (V_1 - V_2)}{V}, \text{ мг О/л.}$$

Полученное значение C_x запишите в табл. 1.

Таблица 1

V , мл	V_1 , мл	V_2 , мл	C_x , мг О/л
Вывод по п. 7:			
Вывод по п. 8:			

7. Согласно СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников» ПДК питьевой воды по перманганатной окисляемости должна составлять $5,0 - 7,0 \text{ мг/л}^3$. Сравните значение C_x воды, взятой в качестве образца для исследований с ПДК, *сделанный вывод запишите в таблицу 1.*

8. Величина окисляемости природных вод меняется от долей миллиграммов до десятков миллиграммов атомарного кислорода на литр в зависимости от общей биологической продуктивности водоемов, степени загрязненности их органическими веществами и соединениями биогенных элементов, а также веществами естественного происхождения, поступающих из болот, торфяников и т. п. При этом поверхностные воды, как правило, имеют более высокую окисляемость, чем подземные (десятые и сотые доли миллиграмма на 1 л), горные реки и озера характеризуются окисляемостью $2 - 3 \text{ мг О/л}$, окисляемость воды равнинных рек $5 - 12 \text{ мг О/л}$, рек с болотным питанием – десятки миллиграммов на 1 л. Окисляемость незагрязненных поверхностных вод проявляет также довольно отчетливую физико-географическую зональность: на высокогорье она очень мала ($0 - 2 \text{ мг О/л}$), ниже по склонам гор она возрастает до $2 - 5 \text{ мг О/л}$, в зоне широколиственных лесов, в степи, полупустынях и пустынях в тундре она становится равной $5 - 10 \text{ мг О/л}$, в тайге достигает значений $15 - 20 \text{ мг О/л}$. Окисляемость подвержена закономерным сезонным колебаниям, характер которых определяется гидрологическим и гидробиологическим режимами поступления в воду с водосбора органических веществ различного происхождения.

Пользуясь приведённой информацией, дайте оценку тому, воде из каких источников могло бы соответствовать значение C_x , полученной в ходе экспериментов. *Сделанный вывод запишите в табл. 1.*

Упражнение 2. Определение бихроматной окисляемости (химического потребления кислорода)

Перманганатную окисляемость рекомендуется определять для природных малозагрязненных вод; в более загрязненных водах определяют, как правило, бихроматную окисляемость (другое название – «химическое потребление кислорода» или сокращенно ХПК). В программах мониторинга ХПК используется в качестве меры содержания органического вещества в пробе, которое подвержено окислению

сильным химическим окислителем. ХПК применяют для характеристики состояния водотоков и водоемов, поступления бытовых и промышленных сточных вод (в том числе, и степени их очистки), а также поверхностного стока. Название данный вид окисляемости получил вследствие того, что он основан на использовании раствора в серной кислоте бихромата калия, степень окисления которым органических веществ, присутствующих в поверхностных водах, близка к 100%.

Реактивы: Раствор бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ (0,025 М); раствор железоаммонийных квасцов $Fe(NH_4)(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ молярной концентрацией 0,025 М, сернокислое серебро Ag_2SO_4 , концентрированная серная кислота H_2SO_4 , *N*-фенилантраниловая кислота $C_{13}H_{11}NO_2$, бидистиллированная вода.

Оборудование и посуда: электроплитки с закрытой спиралью – 2 шт.; штативы – 2 шт.; колбы: круглодонная 250 мл с пришлифованным обратным холодильником – 2 шт., коническая 750 мл – 2 шт.; пипетки: 25 мл – 1 шт., 20 мл – 1 шт., 10 мл – 1 шт., 5 мл – 1 шт.; мерные цилиндры 50 мл – 1 шт., 100 мл – 1 шт., бюретка 25 мл – 1 шт.; стеклянные капилляры.

Порядок выполнения работы

1. В коническую колбу на 250 мл налейте $V = 20$ мл исследуемой воды (значение V запишите в табл. 2), погрузите в неё 2 – 3 капилляра (для повышения равномерности последующего прогрева) и долейте сначала 10 мл бихромата калия 0,025 М, а затем 30 мл концентрированной серной кислоты H_2SO_4 и 0,3 – 0,4 г сульфата серебра Ag_2SO_4 . Вставьте в колбу обратный холодильник. Полученный раствор нагрейте до слабого кипения.

2. Содержимое круглодонной колбы прокипятите в течение 2 часов. После кипячения охладите колбу, а ее содержимое перенесите в коническую колбу на 750 мл. Налейте в круглодонную колбу 25 мл бидистиллята, обмойте им стенки колбы и холодильник и вылейте затем эту воду в ту же коническую колбу.

3. Добавьте в колбу с анализируемой смесью 15 капель *N*-фенилантраниловой кислоты, после чего проведите титрование раствором железоаммонийных квасцов концентрацией 0,025 М до перехода окраски индикатора из красно-синей в синевато-зеленую, перемешивая раствор энергичным взбалтыванием. Значение общего объема V_1 рас-

творя железоаммонийных квасцов, потребовавшегося для титрования, запишите в табл. 2.

4. Операции по пп. 1 – 3 (включая кипячение) повторите, используя в качестве образца для исследования $V = 100$ мл бидистиллята. Значение общего объема V_2 раствора железоаммонийных квасцов, потребовавшегося для титрования в этом случае, также запишите в табл. 2.

5. Величину ХПК бихроматной окисляемости рассчитайте по следующей формуле:

$$\text{ХПК} = \frac{200 \cdot (V_2 - V_1)}{V}, \text{ мг О/л.}$$

Полученное значение C_x запишите в табл. 1.

Таблица 2

V , мл	V_1 , мл	V_2 , мл	ХПК, мг О/л	m , мг/л
Вывод по п. 6:				
Вывод по п. 8:				

6. В соответствии с требованиями к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого водопользования величина ХПК не должна превышать 15 мг О/л; в зонах рекреации в водных объектах допускается величина ХПК до 30 мг О/л. Исходя из результатов определения C_x , сделайте вывод о том, насколько исследуемая вода соответствует этим требованиям. *Вывод запишите в табл. 2.*

7. Суммарное содержание C органического углерода в литре воды рассчитывают по формуле:

$$C = \frac{12}{32} \text{ ХПК},$$

а содержание (массу m) самого органического вещества находят, умножая полученное значение C на 2 (как уже говорилось, масса углерода в среднем составляет 50 % массы органических объектов).

Вычислите массу m органического вещества, содержащегося в литре исследуемой воды; результат запишите в табл. 2.

8. В табл. 3 приведены величины ХПК, соответствующие водоемам с различной степенью загрязненности.

Таблица 3

Степень загрязнения (классы водоемов)	ХПК, мг О/дм ³
Очень чистые	1
Чистые	2
Умеренно загрязненные	3
Загрязненные	4
Грязные	5 – 15
Очень грязные	Более 15

Пользуясь табл. 3, оцените, какому классу водоёма могла бы принадлежать вода, взятая для анализа. *Сделанный вывод запишите в табл. 2.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Перечислите уровни, на которых обычно представляется информация о содержании органических веществ в воде, и дайте их краткую характеристику.

2. Что называется окисляемостью воды? В каких единицах она измеряется? В каких случаях измеряется перманганатная окисляемость, а в каких – бихроматная?

3. Какова ПДК перманганатной окисляемости питьевой воды и насколько отличается это значение от тех, которые имеет вода природных источников?

4. Опишите процесс проведения измерения перманганатной окисляемости воды.

5. Опишите процесс проведения измерения бихроматной окисляемости воды.

6. Как, зная бихроматную окисляемость воды, можно вычислить содержание органических веществ в ней?

7.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Уч. пос. – М.: Кнорус, 2010. – 752 с.

2. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством – http://www.gost.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1549&Itemid=32

3. ГОСТ 23268.12-78 – Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Метод определения перманганатной окисляемости. – <http://www.gostedu.ru/14929.html>.

4. ГОСТ Р 52708— 2007 ВОДА. Метод определения химического потребления кислорода. – [http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/226375cbe74f4a46c3257130004d4c90/\\$FILE/GOST_R_52708-2007.pdf](http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/226375cbe74f4a46c3257130004d4c90/$FILE/GOST_R_52708-2007.pdf).

5. *Калюкова Е.Н., Петрова Л.В.* Химия воды: Уч. пос. — Ульяновск: УлГТУ, 2004. – 48 с.

6. Аналитическая химия. Методики. – <http://www.novedu.ru/nitrat2.htm>

7. Одна вода. – <http://www.odnavoda.ru/txt.php?id=223>.

8. *Ивчатов А.Л., Малов В.И.* Химия воды и микробиология: Учеб. – М.: Инфра-М, 2009 . – 218 с.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОКИСЛЯЕМОСТИ ВОДЫ

11.1 Анализатор ХПК-БПК ЭКСПЕРТ-001-ХПК-БПК



Прибор предназначен для прямого потенциометрического экспресс-анализа биохроматной окисляемости (ХПК) природных, технологических, сточных вод, вытяжек почв и донных отложений, микробиологических, физиологических и других сред.

Требуемые реактивы:- кислота серная концентрированная; кислота щавелевая двухводная; калий двуххромовокислый; марганец (II) сернокислый 5-водный; серебро сернокислое; церий (IV) сернокислый 4-водный; кислота винная (для приготовления контрольных растворов).

11.2 Портативные минилаборатории МЭТ-МЛ 1 – МЭТ-МЛ 6



Минилаборатории на основе тест-систем с цветовыми шкалами для проведения в полевых условиях контроля качества питьевой, природных, очищенных сточных вод, для контроля плодородия и загрязненности почв.

Марка	Объект	Определяемые компоненты
МЭТ-МЛ 1	Воды	Жесткость, Железо общее, Марганец(II), Аммоний
МЭТ-МЛ 2	Воды	Жесткость, Железо общее, Марганец(II), Перманганатная окисляемость
МЭТ-МЛ 3	Воды	Аммоний, Нитраты, Нитриты, Фосфаты
МЭТ-МЛ 4	Воды	Аммоний, Нитраты, Нитриты, Фосфаты, Хлориды, Перманганатная окисляемость
МЭТ-МЛ 5	Воды	Цветность, Мутность, Растворенный кислород, Перманганатная окисляемость, Жесткость, Щелочность, pH, Нитраты, Нитриты, Аммоний, Хлориды, Сульфаты
МЭТ-МЛ 6	Почва	Гумусовые кислоты, pH, Азот нитратный, Азот аммонийный, Фосфор подвижный

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ. БИОХИМИЧЕСКОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ КИСЛОРОДА

Цель работы: ознакомление с методами определения окисляемости воды.

Приборы и принадлежности: химическая посуда, набор реактивов.

Введение

При хранении воды в склянке с притертой пробкой в условиях полной темноты содержание растворенного кислорода в ней убывает. Он затрачивается в результате жизнедеятельности микроорганизмов на окисление имеющегося в воде органического вещества и, в первую очередь, – нестойкого, легкоусвояемого. В связи с этим степень загрязнения воды органическими соединениями можно определить, измеряя количество кислорода, необходимое для их полного окисления микроорганизмами в аэробных условиях¹. Соответствующий параметр (измеряемый в мг O_2 /л) получил название *биохимическим потреблением кислорода* (сокращённо БПК_{полн}). Этот параметр даёт относительное представление о содержании в воде легкоокисляющихся органических веществ. Чем выше их концентрация, тем больше потребление кислорода.

В лабораторных условиях наряду с БПК_{полн} определяется БПК₅ – биохимическая потребность в кислороде за 5 суток (всё это время образец выдерживается в темноте при + 20 °С). Для бытовых сточных вод (без существенной примеси производственных) определяют БПК₂₀ (за 20 суток), считая что эта величина близка к БПК_{полн}.

Биохимическое окисление различных веществ происходит с различной скоростью. К легкоокисляющимся («биологически мягким») веществам относят формальдегид, низшие алифатические спирты, фенол, фурфурол и др. Среднее положение занимают крезолы, нафтолы, ксиленолы, резорцин, пирокатехин, анионоактивные ПАВ (поверхностно-активные вещества) и др. Медленно разрушаются «био-

¹ Количество кислорода, расходуемое для окисления аммонийного азота до нитритов и нитратов, при определении БПК не учитывается.

логически жесткие» вещества гидрохинон, сульфол, неионогенные ПАВ и др.

Определение БПК₅ в поверхностных водах используется с целью оценки содержания биохимически окисляемых органических веществ, условий обитания гидробионтов и в качестве интегрального показателя загрязненности воды и, в частности – при оценке эффективности работы очистных сооружений. В поверхностных водах величины БПК₅ изменяется обычно в пределах 0,5 – 4 мг О₂/л, причём его величина подвержена сезонным и суточным колебаниям. Сезонные изменения определяются, в основном, изменением температуры и исходной концентрацией растворенного в воде кислорода.

Температура влияет на скорость процесса потребления кислорода, которая увеличивается в 2 – 3 раза при повышении температуры на 10 °С. Влияние начальной концентрации кислорода на процесс биохимического потребления кислорода связано с тем, что значительная часть микроорганизмов имеет свой кислородный оптимум для развития. Суточные колебания величин БПК₅ также зависят от исходной концентрации растворенного кислорода, которая может в течение суток изменяться на 2,5 мг/л³ в зависимости от соотношения интенсивности процессов его выделения и потребления.

Весьма значительны изменения величин БПК₅ в зависимости от степени загрязненности водоемов, которые по данному критерию можно разделить на 6 классов (см. таблицу 1).

Таблица 1

Степень загрязнения (классы водоемов)	БПК ₅ , мг О ₂ /л
Очень чистые	0,5 – 1,0
Чистые	1,1 – 1,9
Умеренно загрязненные	2,0 – 2,9
Загрязненные	3,0 – 3,9
Грязные	4,0 – 10,0
Очень грязные	более 10

Для водоемов, загрязненных преимущественно хозяйственно-бытовыми сточными водами, БПК₅ составляет обычно около 70 % БПК_{полн}. В зависимости от категории водоема величина БПК₅ регламентируется следующим образом: не более 3 мг О₂/л для водоемов хозяйственно-питьевого водопользования (БПК_{полн} для внутренних водоемов рыбохозяйственного назначения I и II категории при + 20°С также не должна превышать 3 мг О₂/л) и не более 6 мг О₂/л для водо-

емов хозяйственно-бытового и культурного водопользования. Для морей I и II категории (рыбохозяйственного водопользования) пяти-суточная потребность в кислороде (БПК₅) при + 20 °С не должна превышать 2 мг О₂/л.

Из методов, предложенных для определения БПК, наибольшее применение получил *скляночный метод*. Суть этого метода состоит в определении БПК при определенной температуре в изолированных водных микросистемах, в предположении, что аналогичные процессы, связанные с утилизацией имеющихся в воде органических веществ и потреблением кислорода, развиваются и в макросистемах.

В настоящей работе студентам предлагается освоить *скляночный метод определения БПК₅* по разности между содержанием кислорода до и после инкубации проб в темноте в течение 5 суток при + 20 °С, без доступа воздуха. Эскизы кислородных склянок с притертыми пробками и колпачками представлены на рис. 1.

Порядок выполнения работы

Подготовительный этап:

Температуру анализируемой воды с $pH = 6 - 8$ доведите до + 20 °С,

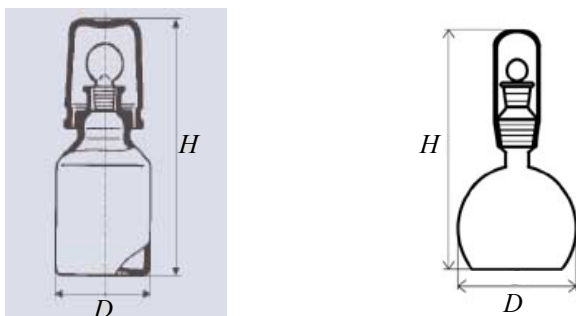


Рис. 1

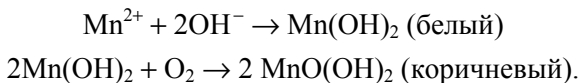
после чего взбалтывайте в течение 1 мин для насыщения воды воздухом. Этой водой *до краев* заполните 3 склянки с притертыми пробками, *предварительно ополоснув их этой же водой*. Теперь в одной из склянок находится вода, содержание растворённого кислорода Q_1 в которой следует определить сразу после её заполнения; две другие склянки поставьте в темное место (в термостат, поддерживающий температуру + 20 °С) на 5 суток. По истечении этого времени нужно

будет определить содержание оставшегося в каждой из двух проб растворенного кислорода и вычислить его среднее значение Q_2 .

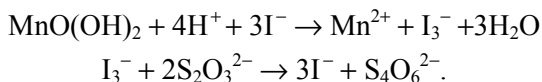
Разность между начальным и конечным определениями, пересчитанная на литр, дает количество кислорода, пошедшего на окисление органических веществ в испытываемой воде в течение 5 суток:

$$\text{БПК}_5 = Q_1 - Q_2, \text{ мг O}_2/\text{л}.$$

Содержание кислорода в воде *определяется иодометрическим методом*. Метод основан на взаимодействии в щелочной среде гидроксида марганца с растворенным кислородом. Гидроксид марганца количественно связывает растворенный в воде кислород, переходит в нерастворимое соединение марганца со степенью окисления +4 коричневого цвета.



При подкислении раствора в присутствии избытка иодида калия образуется иод, количество которого эквивалентно содержанию растворенного кислорода и учитывается титрованием тиосульфатом.



Этап проведения исследований:

Реактивы: Раствор хлористого марганца MnCl_2 ; щелочной раствор иодида калия ($\text{NaOH} + \text{KI}$); раствор соляной кислоты HCl концентрацией 2 : 1; раствор крахмала, 0,5%; раствор тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ концентрацией 0,02 М.

Посуда: кислородные склянки 200 – 250 мл (6 шт.); колбы конические 250 мл (6 шт.); бюретка 25 мл (1 шт.); пипетки: 1 мл (5 шт.), 10 мл (1 шт.), 15 мл (1 шт.), 50 мл (1 шт.).

1. Анализируемую пробу воды из батометра или склянки с тубусом через резиновые трубки налейте в три кислородные склянки, при этом трубка должна касаться дна склянок. После заполнения горлыш-

ка наполнение склянок продолжайте до тех пор, пока из каждой не выльется приблизительно 100 мл воды. Трубку выньте, не прекращая тока воды из батометра. В итоге все три склянки должны быть заполнены пробой до краев и не иметь внутри на стенках пузырьков воздуха. Значение объёма V используемых склянок запишите в табл. 2. Работу с первой склянкой продолжите, вторую и третью поместите на пять суток в термостат (+ 20 °С).

2. В первую склянку пипеткой введите 1 мл щелочного раствора иодида калия, при этом пипетку погружайте до половины склянки и по мере выливания раствора поднимайте вверх. Затем быстро закройте склянку стеклянной пробкой таким образом, чтобы в ней не осталось пузырьков воздуха, и воду в склянке тщательно перемешайте. В пробе образуется коричневый осадок гидроксида марганца, которому дайте отстояться не менее 10 минут.

Таблица 2

V , мл	V_1 , мл	V_{21} , мл	V_{22} , мл	V_2 , мл	Q_1 , мг O_2 /л	Q_2 , мг O_2 /л	БПК ₅ , мг O_2 /л
Вывод:							

3. После десятиминутной выдержки пипеткой в пробу введите 5 мл соляной кислоты. Для этого пипетку погрузите в склянку до осадка и затем медленно поднимите вверх.

4. После извлечения пипетки из склянки последнюю закройте пробкой, а её содержимое тщательно перемешайте, добившись полного растворения коричневого осадка.

5. Отберите пипеткой 50 мл раствора и перенесите эту порцию в коническую колбу на 250 мл. Титруйте полученную жидкость 0,02 М раствором тиосульфата натрия $Na_2S_2O_3$ до приобретения им светло-желтой окраски, затем добавьте в неё 1 мл свежеприготовленного раствора крахмала (раствор приобретёт синю окраску) и продолжайте титрование до исчезновения синей окраски. Значение общего объёма V_1 раствора тиосульфата натрия, потребовавшегося для титрования, запишите в табл. 2. Работа с первым образцом закончена.

6. Содержание растворенного кислорода Q_1 в анализируемой пробе найдите по формуле

$$Q_1 = 3,2 \frac{V}{(V - 2)} V_1, \text{ мг } O_2/\text{л},$$

где 2 – поправка на объем пробы, вылившейся из при фиксации кислорода, мл. Полученное значение Q_1 запишите в табл. 2.

7. Через пять суток операции по пп. 1 – 6 повторите с пробами из второй и третьей склянок, выдерживавшихся это время в термостате. Значения объёмов V_{21} и V_{22} раствора тиосульфата натрия, потребовавшегося для титрования, а также их среднеарифметическое значение V_2 запишите в табл. 2. В формулу для вычисления содержания растворённого кислорода Q_2 подставьте значение V_2 ; результат вычислений запишите в табл. 2.

8. Вычислите биохимическое потребление кислорода БПК₅ исследовавшейся водой:

$$\text{БПК}_5 = Q_1 - Q_2, \text{ мг } O_2/\text{л}.$$

Полученное значение БПК₅ запишите в табл. 2.

9. Используя данные табл. 1, определите, к какому классу водоёмов относится вода, выбранная для анализа. *Вывод запишите в табл. 2.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой параметр называется биохимическим потреблением кислорода? В каких единицах он измеряется? Какие разновидности этого параметра используются на практике?

2. От чего и каким образом зависит скорость биохимического потребления кислорода в водных объектах?

3. На какие классы (в зависимости от степени загрязнённости) можно разделить водоёмы?

4. Опишите процесс измерения биохимического потребления кислорода скляночным методом.

5. В чём заключается сущность иодометрического метода определения содержания кислорода в воде?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Глинка Н.Л.* Общая химия: Уч. пос. – М.: Кнорус, 2010. – 752 с.
2. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством –
http://www.rgost.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1549&Itemid=32.
3. ГОСТ Р 52708— 2007 ВОДА. Метод определения химического потребления кислорода. –
[http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/226375cbe74f4a46c3257130004d4c90/\\$FILE/GOST_R_52708-2007.pdf](http://webportalsrv.gost.ru/portal/GostNews.nsf/acaf7051ec840948c22571290059c78f/226375cbe74f4a46c3257130004d4c90/$FILE/GOST_R_52708-2007.pdf).
4. *Ивчатов А.Л., Малов В.И.* Химия воды и микробиология: Учеб. – М.: Инфра-М, 2009 . – 218 с.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БИОХИМИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ КИСЛОРОДА

12.1 Портативный кислородомер АНИОН-7040



Прибор предназначен для измерения обычных концентраций (от $0,01 \text{ мг/дм}^3$), а также биохимического потребления кислорода (БПК).

Характеристики:

- Диапазоны измерения:
концентрации O_2 , БПК: $0,001 - 20 \text{ мг/дм}^3$;
температуры: $0 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$;
- Погрешность измерения:
концентрации O_2 , БПК: $+0,5 \text{ мг/дм}^3$;
температуры: $+0,3^\circ\text{C}$;
- Размеры: $220 \text{ мм} \times 180 \text{ мм} \times 75 \text{ мм}$;
- Масса: $0,9 \text{ кг}$

12.2 Анализатор ЭКОТЕСТ-2000- БПК



Предназначен для анализа питьевой, сточной воды, почвы, кормов, продуктов питания и напитков, продовольственного сырья. Позволяет определять биохимическое потребление кислорода (БПК), измерять активность, массовую концентрацию ионов, окислительно-восстановительного потенциала, температуры в воде и водных средах.

Характеристики:

- Диапазоны измерения: активности: от -1 ед. рХ до $+14 \text{ ед. рХ}$ / ед. рН ЭДС: от $-3200,0$ до $+3200,0 \text{ мВ}$ / температуры: от $-5 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+150 \text{ }^\circ\text{C}$ / БПК: от 0 до 30 мг/дм^3 ;
- Погрешность измерения: ед. рН ЭДС: от $-1,5$ до $+1,5 \text{ мВ}$ / температуры: от $-0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+0,3 \text{ }^\circ\text{C}$ / БПК: от $-2,5$ до $+2,5 \text{ мг/дм}^3$;
- Питание: 5 В (4 элемента А-316)
- Размеры: $200 \text{ мм} \times 105 \text{ мм} \times 60 \text{ мм}$;
- Масса: $0,5 \text{ кг}$

ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ

(Работа выполняется в рамках УИРС в качестве учебно-исследовательской)

Цель работы: ознакомление с методом определения содержания нефтепродуктов в воде.

Приборы и принадлежности: фотоэлектроколориметр с синим светофильтром, перегонный аппарат на шлифах; прибор для отгонки фенола, химическая посуда, набор реактивов.

Введение

Нефтепродукты относятся к числу наиболее распространенных и опасных веществ, загрязняющих поверхностные воды. При этом, хотя сама нефть и продукты ее переработки представляют собой сложную и разнообразную смесь веществ, понятие «нефтепродукты», как правило, условно ограничивается только углеводородной фракцией, которая составляет 70 – 90% от суммы всех веществ, присутствующих в нефти. Наибольшее количество нефтепродуктов поступает в поверхностные воды при их транспортировке и, в частности, – при перевозке нефти водным путем. Второй по значимости загрязнитель – сточные воды предприятий, крупных промышленных и жилых центров.

Нефтепродукты находятся в воде в различных миграционных формах: растворенной, эмульгированной, сорбированной на твердых частицах взвесей и донных отложений, в виде пленки на поверхности водоёмов. Содержание нефтепродуктов в чистых поверхностных водах колеблется от сотых долей до нескольких миллиграммов на литр, а в загрязненных может достигать десятков и даже сотен миллиграммов на литр. При этом ПДК нефтепродуктов в воде составляет 0,3 мг/л (санитарная норма) и 0,05 мг/л (рыбохозяйственная норма).

В обычном анализе эмульгированные, растворенные и сорбированные на взвесах нефтепродукты определяются суммарно.

Одним из наиболее распространенных видов нефтепродуктов-загрязнителей, поступающих в воду с промышленными стоками, являются фенолы. Если в загрязненных поверхностных водах их содержание обычно не превышает 20 мкг/л, то в загрязненных речных водах их содержание может достигать до сотен микрограммов на литр.

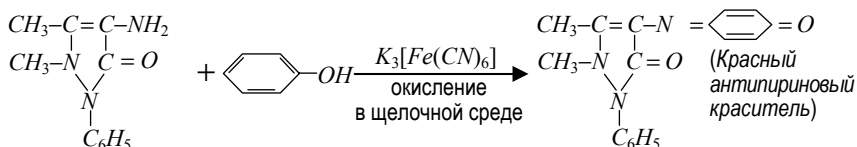
Чаще всего при анализе определяют суммарное содержание летучих фенолов¹. В рамках настоящей работы студентам предлагается ознакомиться с двумя методиками определения суммарного содержания летучих с паром фенолов: *методом экстракции с применением 4-аминоантипирина* (применяется для определения сравнительно невысокой загрязненности воды – до 30 мкг/л) и *бромометрическим методом* (при загрязненности воды фенолами до нескольких десятков миллиграммов на литр).

Методика и порядок выполнения работы

Упражнение 1. Определение летучих фенолов в воде методом экстракции с применением 4-аминоантипирина

Метод основан на взаимодействии фенолов с 4-аминоантипирином в щелочной среде ($pH = 10 - 10,2$) в присутствии гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$ с образованием антипиринового красителя красно-оранжевого цвета.

Метод обеспечивает определение фенола в воде в интервале концентраций от 2 мкг/л до 30 мкг/л. Продукт реакции экстрагируется хлороформом.



Реактивы: раствор 4-аминоантипирина; 8% раствор гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$; буферный раствор с $pH = 10 - 10,2$; хлороформ; *основной* рабочий раствор фенола концентрацией 10 мг/мл; *первый* рабочий раствор фенола концентрацией 100 мкг/мл; *второй* рабочий раствор фенола концентрацией 1 мкг/мл; дистиллированная вода (первый и второй рабочие растворы готовятся из основного).

¹ Напомним: фенолы – это производные бензола с одной или несколькими гидроксильными группами. Фенолы принято делить на две подгруппы: летучие с паром (фенол, крезолы, ксиленолы, гваякол, тимол) и нелетучие фенолы (резорцин, пирокатехин, гидрохинон, пирогаллол).

Приборы: фотоколориметр (с синим светофильтром); перегонный аппарат на шлифах; прибор для отгонки фенола.

Подготовительный этап

На этом этапе приготавливаются образцы для исследования: летучие с паром фенолы отделяют от нелетучих фенолов и других веществ, мешающих анализу загрязненных вод.

Для отгонки летучих фенолов при перегонке объем пробы отбирают в зависимости от их концентрации в воде. Так, при содержании фенолов от 2 до 30 мкг/л в воде объем пробы, взятый для отгона, составляет 500 мл.

Если содержание фенолов превышает 30 мкг/дм³, для отгонки берут меньшую аликвоту (часть от 500 мл, например, 250 мл) анализируемой воды и разбавляют ее свежeproкипяченной дистиллированной водой до объема 500 см³.

После отбора пробы воды определение фенолов производят не позднее, чем через 4 часа. Если этого сделать нельзя, то пробу консервируют добавлением в неё 4 г NaOH на 1 л воды.

Реактивы: 10%-ный раствор сульфата меди CuSO₄; серная кислота концентрированная H₂SO₄; 1 М раствор NaOH (концентрация 1 моль/л); 0,05 М раствор NaOH (концентрация 0,05 моль/л).

Приборы и посуда: прибор для отгонки фенолов (1 шт.); колба мерная 1 л (1 шт.); колба коническая 1 л (1 шт.) и 500 мл (1 шт.).

- К пробе загрязненной фенолами воды, помещенной в колбу объемом 1 л прибора для отгонки, прилейте раствор 5 мл 10% раствора сульфата меди и концентрированную серную кислоту из расчета 1 мл на 100 мл пробы.

- В приемную колбу вместимостью 500 мл прибора для отгонки прилейте 10 мл 0,05 М раствора NaOH и установите ее так, чтобы нижний выходной конец отводной трубки холодильника был погружен в этот раствор. При необходимости его можно удлинить, пристыковав вплотную к трубке холодильника стеклянную трубку нужной длины.

- Колбу помещают на электроплитку, присоединяют каплеуловитель и холодильник. Для уменьшения теплообмена колбу оборачивают стеклотканью. Нагрев колбы должен быть достаточно сильным так, чтобы время отгонки пробы не превышала 3 часа, однако кипение пробы должно быть равномерным, спокойным; бурное кипение

недопустимо. По мере увеличения объема отгона приемную колбу опускают так, чтобы трубка холодильника была погружена в отгон не более, чем на 3 см. Когда объем отгона в приемной колбе составит около $450 - 460 \text{ см}^3$ (на колбе заранее следует сделать соответствующую метку), отгонку прекращают. Пользуясь индикаторной бумагой, проверьте кислотность отгона: если он окажется кислым, его следует нейтрализовать несколькими каплями 1 М раствора NaOH.

Схема прибора для отгонки фенола представлена на рис. 1.

Этап экстракции

На этом этапе используется закон распределения компонента (получаемого красителя при реакции фенола с 4-аминоантипирином в присутствии гексацианоферрата (III) калия в щелочной среде) в двух несмешивающихся жидкостях (вода и хлороформ). Краситель красно-

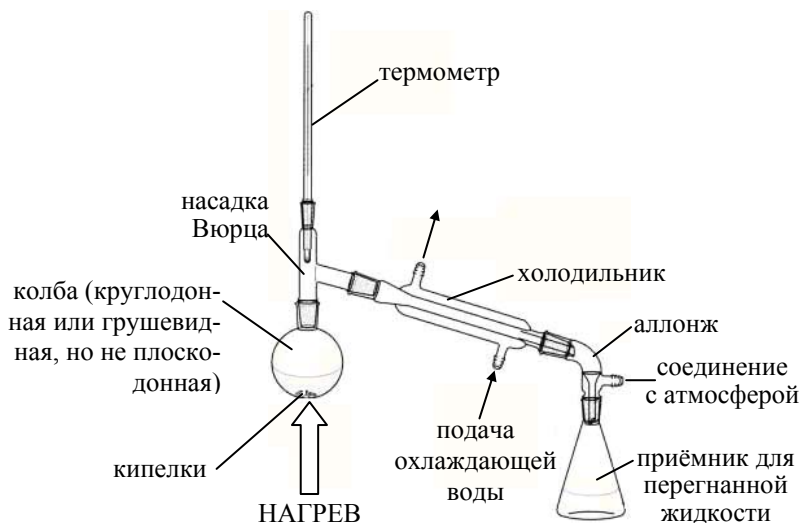


Рис. 1

оранжевого цвета извлекают из воды малыми порциями экстрагента (хлороформ) последовательно для полноты экстракции.

Реактивы: Аммонийно-аммиачный буферный раствор ($pH = 10 - 10,2$); 2 %-ный раствор 4-аминоантипирина; 8%-ный раствор гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$, хлороформ.

Приборы и посуда: делительная воронка 1л (1шт.), мерные колбы: 500 мл (7 шт.), 250 мл (1 шт.), 100 мл (1 шт.) 50мл (1шт.); пипетки: 1 мл (1 шт.), 2 мл (1 шт.), 5 мл (3 шт.), 5 мл с делениями (1 шт.), 10 мл (2 шт.), 20мл (3 шт.); химический стакан 50 мл (3 шт.). На рис. 2 представлены изображения делительных воронок: а) грушевидной; б) цилиндрической.

1. Отгон, полученный на предварительном этапе в приемной колбе, перенесите в делительную воронку вместимостью 1000 см³, сполосните колбу 30 – 40 см³ дистиллированной воды и перенесите ее в ту же воронку.

2. Затем прибавьте последовательно 10 мл буферного раствора,

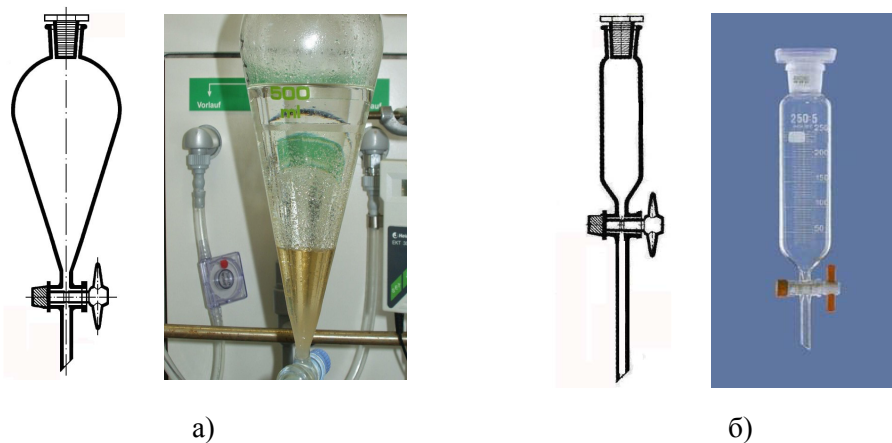


Рис. 2

3 мл 2% раствора 4-аминоантипирина и 3 мл 8% раствора гексацианоферрата (III) калия $K_3[Fe(CN)_6]$, перемешивая пробу после добавления каждого раствора.

3. Оставьте пробу на 10 – 15 мин, затем дважды экстрагируйте ее хлороформом для полноты извлечения, используя для первой экстракции 20 мл, второй – 10 мл хлороформа. После чего проведите энергичное встряхивание сосуда. Первую экстракцию выполняют в течение 2 мин, вторую – течение 1 мин.

4. После расслоения фаз все хлороформные экстракты профильтруйте через комочек хлопковой или стеклянной ваты или бумажный

фильтр на воронке в мерную колбу вместимостью 50 мл и смойте хлороформом остатки экстракта с фильтра.

5. Доведите общий объем фильтрата до метки колбы хлороформом.

Этап проведения исследований

Изначально готовится серия растворов для построения калибровочных графиков зависимости светопропускания T раствора (или его оптической плотности D) от концентрации C_{Φ} фенола, то есть графиков функций $T = f(C_{\Phi})$ или $D = f(C_{\Phi})$:

$$T = \frac{I}{I_0} \cdot 100 \% ; \quad D = -\lg \frac{I}{I_0} .$$

где I_0 – интенсивность падающего светового потока на кювету, а I – интенсивность светового потока, прошедшего через раствор в кювете.

Светопропускание T экстракта, помещаемого в кювету с толщиной поглощающего слоя 50 мм, измеряют на длине волны 460 нм по верхней шкале спектрофотометра, оптическую плотность D – по нижней шкале. Измерения можно проводить также с помощью фотометра в интервале длин волн 460 – 490 нм или фотоэлектродетекторного колориметра типа КФК-2, снабжённого синим светофильтром (см. рис. 3).

Одновременно следует выполнить холостой опыт, используя 500 мл свежеполученной дистиллированной воды (так называемого «раствора сравнения» – он бесцветен, так как не содержит фенола, следовательно, при обработке реактивами красный антипириновый краситель не образуется). Положение стрелки на «ноль» выставляется при закрытой шторке перед фотоприемниками (открыто кюветное отделение). Светопропускание T раствора сравнения изначально считается 100 %

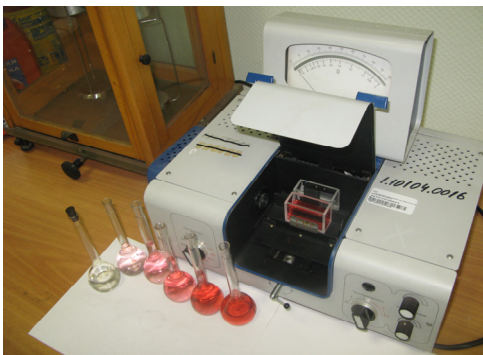


Рис. 3

(шторка открыта и стрелка шкалы устанавливается на положение 100 % при закрытом кюветном отделении).

В пять мерных колб на 500 мл прилейте пипетками 20,0 мл, 10,0 мл, 5,0 мл, 2,5 мл и 1,0 мл второго рабочего раствора с концентрацией 1,0 мкг/мл, в шестую колбу с дистиллированной водой не добавляйте ничего. Полученные растворы с концентрацией фенола C_{Φ} , соответственно, 40 мкг/л, 20 мкг/л, 10 мкг/л, 5 мкг/л, 2 мкг/л и 0 мкг/л подвергните обработке, такой же, как и исследуемую пробу. Таким образом, полученные шесть образцов воды с заданным содержанием фенола необходимы для построения калибровочного графика, который свяжет концентрацию фенола с оптической плотностью растворов или светопропусканием.

1. На фотоэлектроколориметре с синим светофильтром, поочередно устанавливая кюветы (толщина слоя жидкости 5 см), в которые залиты шесть калибровочных и одна исследуемая жидкостей (кюветы закрывать крышками из-за летучести хлороформа), проведите измерения световых потоков, проходящих сквозь кюветы.

2. Для каждого из растворов вычислите средние значения светопропускания T (%) по трем измерениям каждого раствора. Полученные данные занесите в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты пропускания света T , %						Концентрация фенолов, найденная по калибровочному графику $C_{\Phi X}$, мкг/л	
	Калибровочные растворы с содержанием фенола в пробе C_{Φ}						Образец воды для анализа T_X
	2 мкг/л	5 мкг/л	10 мкг/л	20 мкг/л	40 мкг/л		
T_1						1	
T_2						2	
T_3						3	
T_{CP}						среднее:	

3. На миллиметровке постройте график, по горизонтальной оси координат которого отложите средние значения светопропускания T раствора, а по вертикальной – содержание в нём фенола C_{Φ} . Нанесите на график точки, соответствующие калибровочным растворам (40, 20, 10, 5 и 2 мкг/л) и проведите через эти точки прямую линию. Калибро-

вочный график построен. По заданию преподавателя определение содержания фенола может быть проведено по оптической плотности.

График приложите к отчёту по работе.

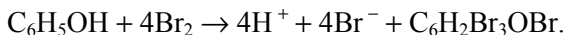
4. Пользуясь графиком, по измеренному значению коэффициента пропускания анализируемого раствора определите содержание $C_{\text{ФХ}}$ в нём летучих фенолов. Найденное значение концентрации фенолов $C_{\text{ФХ}}$ запишите в табл. 1.

Упражнение 2. Определение летучих фенолов в воде -бромометрическим методом

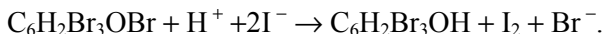
Сущность метода. При высоких содержаниях фенолов в воде в анализируемую пробу вводят бромид-броматную смесь. В кислой среде проходит реакция:



Образующийся бром реагирует с фенолом по уравнению:



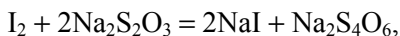
Затем к раствору прибавляют KI. Непрореагировавший бром вытесняет иод из KI, и кроме того, два эквивалента иода выделяется под действием одной молекулы $\text{C}_6\text{H}_2\text{Br}_3\text{OBr}$:

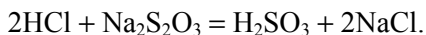


В результате этих реакций на каждый эквивалент фенола связывает один эквивалент брома, а одна молекула фенола взаимодействует с 6 атомами брома. Эквивалент фенола равен 1/6 молекулярной массы фенола, то есть 15,667 г.

Наличие в растворе свободного иода приводит к желто-бурому окрашиванию. Количественное определение иода проводят **методом иодометрии**, который основан на обесцвечивании раствора при титровании тиосульфатом натрия.

Тиосульфат натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ при титровании кислого раствора взаимодействует и с иодом, переводя его в бесцветное соединение NaI , и с кислотой:





Правильные результаты определения иода по первой реакции можно получить только потому, что скорости обеих реакций различаются во много раз. Вторая реакция протекает настолько медленно, что в процессе восстановления иода тиосульфат не успевает разложиться.

Проведение исследований

1. Летучие фенолы отгоняют с паром: их содержание определяют в конденсате (см. упражнение 1).

2. 50 мл конденсата отберите в коническую колбу с притертой пробкой, добавьте 25 мл бромид-броматной смеси ($\text{KBr} + \text{KBrO}_3$) и 10 мл H_2SO_4 (1 : 3), закройте пробкой и оставьте на 30 мин.

3. Затем добавьте в смесь 1 г сухого KI , перемешайте, закройте притертой пробкой и оставьте ещё на 10 минут.

4. По окончании выдержки смеси титруйте выделившийся иод раствором тиосульфата натрия $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (нормальностью $N = 0,05 \text{ н}$), прибавляя в конце титрования раствор крахмала (1%) для подтверждения отсутствия иода (отсутствие синей окраски). Значение нормальности раствора N запишите в табл. 2, в эту же таблицу запишите значение V_1 объема $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, израсходованного на титрование пробы.

Таблица 2

Нормальность N р-ра $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	Объём V_1 , мл	Объём V_2 , мл	Масса m 1 г- экв. фенола	Содержание фенолов в 50 мл воды C , г
Вывод:				

5. В другую такую же колбу залейте 50 мл дистиллированной воды, после чего добавьте к ней 25 мл бромид-броматной смеси, 10 мл H_2SO_4 (1 : 3), 1 г KI и оставьте на 10 минут.

6. По окончании выдержки смеси титруйте её раствором $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Значение V_2 объема $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$, израсходованного на титрование образца, не содержащего фенолов, запишите в табл. 2.

7. Расчёт содержания летучих фенолов в анализируемой пробе воды (в граммах на 50 мл воды) проведите по формуле:

$$C = \frac{N \cdot m \cdot (V_2 - V_1)}{1000}.$$

8. Согласно региональным нормативам РФ, для Москвы установлена предельно допустимая концентрации (ПДК) фенола в сточных водах промышленных предприятий, равная 0,01 мг /л (норма совпадает с принятой для стран ЕС); для природной воды ПДК на порядок ниже: 0,001 мг/л. Основываясь на этих цифрах, дайте оценку качества воды, анализ которой был проведён в лабораторной работе.

Вывод запишите в табл. 3.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является основным источником загрязнения воды нефтепродуктами? Каковы ПДК на загрязнение воды фенолами?

2. Опишите методику определения фенола в воде методом экстракции с применением 4-аминоантипиринана?

3. Как в данной работе строится и для чего используется калибровочный график?

4. Опишите методику определения фенола в воде бромометрическим методом.

5. Опишите методику определения оптической плотности жидкостей, используемую в настоящей работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Уч. пос. – М.: Кнорус, 2010. – 752 с.

2. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. – М.: Бинوم. Лаборатория знаний. 2007. – 528 с.

3. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. –

http://www.rgost.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1549&Itemid=32.

4. Ивчатов А.Л., Малов В.И. Химия воды и микробиология: Учеб. – М.: Инфра-М, 2009. – 218 с.

5. Методика выполнения измерений массовой концентрации летучих фенолов в природных и очищенных сточных водах фотометрическим методом после отгонки с водяным паром. ПНД Ф 14.1:2.105-97.

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В ВОДЕ

13.1 Детектор электрохимический ЭХД-1



Детектор электрохимический ЭХД-1 применяется при анализе загрязнений окружающей среды (воздуха, воды, почвы, осадков, донных отложений) на содержание фенола и его производных, цианидов, роданидов, сульфидов, летучих гербицидов, тяжелых металлов и других вредных веществ; в медицине при анализе биообъектов (кровь, моча) на содержание катехоламинов (адреналина, серотонина и т.д.), при анализе промышленных стоков на содержание фенолов, анилина, поверхностно-активных веществ и т.д., при анализе пищевых продуктов на содержание гербицидов, иодидов, тяжелых металлов.

Предел детектирования по фенолу: $2,0 \cdot 10^{-9}$ г/см³.

13.2 Анализатор жидкости «Флюорат-02-Панорама»



Как сертифицированный анализатор, спектрофлуориметр «Панорама» применяется при аналитическом контроле объектов окружающей среды, санитарном контроле, экологических исследованиях для:

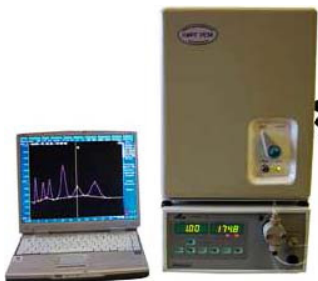
- анализа спектральных характеристик растворенных или диспергированных в водных средах нефтепродуктов, идентификации источников загрязнения нефтепродуктами акваторий портов, рек, водоемов;
- исследования процессов биodeградации нефтепродуктов в природных водоемах вод воздействием внешних факторов;
- исследования биопродуктивности водоемов по флуоресценции хлорофилла-А.

Спектральный диапазон монохроматора возбуждения: 210 – 840 нм

Спектральный диапазон в канале регистрации: 210 – 690 нм

Объем анализируемой пробы (в стандартной кювете К10): 3 мл

13.3 Аналитический жидкостный хроматограф «ЦВЕТЯУЗА»



Прибор позволяет выявлять:

- фенол, хлор-, дихлор-, трихлор- и пентахлорфенолы, крезолы, нитрофенолы, аминифенолы, диоксибензолы, триоксибензолы, нафтолы, гидразин, метилгидразин, диметилгидразин, цианид, роданид и др. в питьевой воде в соответствии с САНПин 2.1.4.554-96 (все указанные соединения прибор определяет на уровне ПДК без концентрирования), а также ПАУ, пестициды;
- бромид, гидросульфид, арсенит, иодид, тиосульфат, сульфит, нитрит на уровне мкг/л также без концентрирования;
- фторид, хлорид, нитрат, нитрит, фосфат, сульфат в питьевых, поверхностных и сточных водах;
- катионы щелочных и щелочноземельных металлов.

13.4 Экстрактор ЭЛ-1



Предназначен для экстракционного концентрирования нефтепродуктов, ПАУ, фенолов, хлороорганических соединений, тяжелых металлов и других загрязняющих веществ из проб воды любыми органическими растворителями в делительных воронках.

Технические характеристики

- Объем делительной воронки: 0,25 – 1,00 дм³
- Диапазон регулировки скорости вращения мешалки: от 200 до 5000 об/мин.
- Точность поддержания скорости вращения мешалки: ± 50 об/мин.
- Время вращения в автоматическом режиме: от 1 до 60 мин.
- Напряжение питания: 220 В
- Габаритные размеры экстрактора: 200 × 280 × 740 мм
- Масса прибора: 3 кг

**ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА В ПРИРОДНЫХ ВОДАХ.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИОННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ
ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (АСПАВ)
С МЕТИЛЕНОВЫМ СИНИМ**

Цель работы: ознакомление с методом определения содержания анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ) в воде.

Приборы и принадлежности: фотоэлектроколориметр с красным светофильтром, химическая посуда, набор реактивов.

Введение

СПАВ представляют собой обширную группу веществ, относящихся к различным классам химических соединений и не одинаковых по своей структуре. Общим у этих веществ является то, что их молекулы состоят из малополярного радикала и полярной группы. Большая часть *синтетических поверхностно-активных веществ* – *анионоактивные* АСПАВ (примерно 70% от всех применяемых СПАВ) ионизируются в водном растворе с образованием отрицательно заряженных ионов. Из таких веществ на практике широкое применение нашли соли серноокислых эфиров (сульфаты) и соли сульфокислот (сульфонаты).

В водоемы синтетические поверхностно-активные вещества поступают вместе с бытовыми и промышленными сточными водами. В поверхностных водах концентрация АСПАВ колеблется от тысячных до сотых долей миллиграмма на литр, в зонах загрязнения она может достигать десятых долей миллиграмма на литр. Предельно допустимая концентрация для АСПАВ составляет 50 – 100 мкг/л.

Степень биохимического окисления СПАВ в природных условиях зависит от химического строения молекул этих веществ и от параметров окружающей среды. По биохимической устойчивости, определяемой структурой молекул, СПАВ делят на мягкие, промежуточные, жесткие с константами скорости биохимического окисления, составляющими соответственно не менее 0,30 сутки⁻¹; 0,3 – 0,05 сутки⁻¹; менее 0,05 сутки⁻¹. К числу наиболее легко окисляющихся СПАВ относятся первичные и вторичные алкилсульфаты нормального строе-

ния: с увеличением разветвления молекулярной цепи скорость окисления понижается.

При понижении температуры скорость окисления СПАВ также уменьшается и при температуре, близкой к 0 °С протекает весьма медленно. Наиболее благоприятные для процесса самоочищения водоёмов от СПАВ – нейтральная или слабощелочная среда ($pH = 7 - 9$). Самоочищению благоприятствует наличие в воде взвешенных частиц, хороший контакт водной массы с донными отложениями: скорость поглощения СПАВ повышается за счет явлений сорбции и соосаждения.

Определение АСПАВ в природных водах включено в список обязательных процедур. При проведении анализа следует помнить, что СПАВ неустойчивы и определение их необходимо проводить сразу же после отбора пробы воды. Если анализ на месте провести не удаётся, пробу можно законсервировать прибавлением 2 мл хлороформа на литр исследуемой воды.

На практике наиболее распространённым методом измерения концентрации анионоактивных синтетических поверхностно-активных веществ является метод экстракционно-фотометрического определения с метиленовым синим. Суть метода заключается в том, что при взаимодействии анионоактивных веществ с метиленовым синим образуется окрашенное соединение, оптическая плотность которого («прозрачность») на длине волны света 650 нм линейно зависит от концентрации АСПАВ в анализируемом образце.

Метиленовый синий представляет собой тёмно-зеленые кристаллы с бронзовым блеском. Брутто-формула в виде кристаллогидрата $C_{16}H_{18}ClN_3S \cdot H_2O$.

С данным методом студентам предлагается ознакомиться в рамках настоящей работы. В качестве АСПАВ студентам предложен раствор лаурилсульфоната натрия в воде. Представляет собой вещество, применяющееся в промышленности как сильное чистящее и смачивающее средство, при производстве большинства моющих средств, шампуней, зубной пасты, косметики для образования пены. Может быть сильным аллергеном для человека.

Порядок выполнения работы

Внимание! Перед выполнением настоящей лабораторной работы следует ознакомиться с методическими указаниями по выполнению лабораторной работы МиП-13.

Реактивы: нейтральный раствор метиленового синего; кислый раствор метиленового синего; фосфатный буферный раствор, $pH = 10$; хлороформ (ч.д.а.); стандартные растворы лаурилсульфоната натрия в воде (методику приготовления см. ниже).

Посуда: делительные воронки 250 мл (7 шт.); пробирки с притертыми пробками 20 мл с делениями по 0,1 мл (6 шт.); пипетки: 1 мл (1 шт.), 2 мл (1 шт.), 5 мл (2 шт.), 10 мл (1 шт.) 25 мл (1 шт.), 10 мл с делениями по 0,1 мл (2 шт.), 100 мл (1 шт.); колбы мерные: 1 л (3 шт.), 0,5 л (1 шт.), 0,1 л (7 шт.); мерные цилиндры 1 л с делениями по 10 мл (2 шт.).

Оборудование: фотоэлектроколориметр с красным светофильтром (1 шт.).

Подготовительный этап:

На этом этапе приготавливаются два стандартных раствора лаурилсульфоната натрия: основной стандартный раствор (0,5 г/л) и рабочий стандартный раствор (1 мг/л).

- *Приготовление основного стандартного раствора:* 0,5 г лаурилсульфоната натрия (ч. д. а.) растворите в дистиллированной воде (0,5 л), добавьте 1 мл хлороформа и доведите объем раствора дистиллированной водой до 1 л. Раствор можно хранить при температуре от +3 до +5 °С в течение месяца в склянке с притертой пробкой.

- *Приготовление рабочего стандартного раствора:* 1 мл основного стандартного раствора разбавляют дистиллированной водой в мерной колбе ёмкостью 0,5 л. Раствор необходимо готовить непосредственно перед анализом (в 1мл раствора содержится 1мкг АСПАВ).

Этап проведения исследований:

1. $V = 100$ мл исследуемой воды (значение V запишите в табл. 1), поместите в делительную воронку на 250 мл, прилейте к ней 10 мл фосфатного буферного раствора ($pH = 10$) и 5 мл нейтрального раствора метиленового синего. Содержимое воронки перемешайте и ос-

тавьте на 15 мин. Затем добавьте 8 мл хлороформа и полученную смесь энергично встряхивайте в течение 1 мин. В результате этих операций смесь начнёт расслаиваться.

2. Пока происходит расслоение смеси, во вторую делительную воронку залейте 110 мл дистиллированной воды и 5 мл кислого раствора метиленового синего. После расслоения экстракт из первой делительной воронки слейте во вторую, затем добавьте в первую делительную воронку 5 мл хлороформа, снова взболтайте в течение 1 мин, дайте отстояться и получившийся жидкий хлороформный экстракт также слейте во вторую в делительную воронку.

3. Снова добавьте в первую делительную воронку хлороформ (4 мл), опять взболтайте в течение 1 мин и вновь слейте получившийся после отстаивания экстракт во вторую делительную воронку.

4. Следующий шаг: в течение 1 мин встряхивайте вторую делительную воронку, после чего оставьте её до расслоения содержимого. Получившийся экстракт слейте в пробирку, фильтруя через воронку с кусочком ваты для отделения мути. Объем итогового образца доведите хлороформом до 17 мл. **Раствор в пробирке** будет иметь **синюю окраску**, которая является устойчивой в течение достаточно долгого времени.

5. Приготовьте растворы для построения калибровочной кривой. Для этого в семь мерных колб емкостью 100 мл налейте, соответственно, 25 мл, 20 мл, 15 мл, 10 мл, 5 мл и 2 мл рабочего стандартного раствора лаурилсульфоната натрия (в седьмую колбу раствор наливать не нужно) и затем во всех семи колбах объём содержимого доведите до



Рис. 4

метки, долив в них дистиллированную воду. В мерных колбах получились концентрации АСПАВ 250, 200, 150, 100, 50 и 20 мкг/л, соответственно. Поскольку в седьмую мерную колбу раствор не наливается вовсе, то его концентрацию в этой колбе можно считать равной нулю. Приготовленные растворы перелейте из мерных колб в делительные воронки и проведите действия по пунктам 1–4.

На фотоэлектроколориметре КФК-2 с красным (650 нм) светофильтром, поочерёдно устанавливая кюветы (рис. 4) в которые залиты одна исследуемая и пять калибровочных жидкостей (толщины слоёв 3 см), проведите измерения световых потоков, проходящих сквозь кюветы.

6. Для каждого из растворов вычислите средние значения светопропускания T (%) по трем измерениям каждого калибровочного раствора. Полученные данные занесите в табл. 1.

Таблица 1

Коэффициенты пропускания света T , %							Образец воды для анализа T_x	Концентрация АСПАВ, найденная по калибровочному графику C_x , мкг/л
Калибровочные растворы с содержанием АСПАВ в пробе								
	2 мкг/л	5 мкг/л	10 мкг/л	15 мкг/л	20 мкг/л	25 мкг/л		
T_1							1	
T_2							2	
T_3							3	
T_{CP}							среднее:	

6. На миллиметровке постройте график, по горизонтальной оси координат которого отложите средние значения светопропускания T раствора, а по вертикальной – содержание в нём АСПАВ (лаурилсульфоната натрия) C_x . Нанесите на график точки, соответствующие калибровочным растворам и проведите через эти точки прямую линию. Калибровочный график построен (по заданию преподавателя определение содержание АСПАВ может быть проведено по оптической плотности).

График приложите к отчёту по работе.

7. Пользуясь графиком, по измеренному значению коэффициента пропускания анализируемого раствора определите содержание C_x в нём лаурилсульфоната натрия. Найденное значение C_x запишите в табл. 1.

8. Концентрацию C анионоактивных СПАВ в воде, взятой для анализа, рассчитайте по формуле

$$C = \frac{1000}{V} C_x, \text{ мкг/л,}$$

где V – объем пробы, мл.

9. Соответственно утвержденному Министерством здравоохранения СССР списку «Предельно допустимых концентраций вредных веществ в воде водоемов санитарно-бытового водопользования и требований к составу и свойствам воды водоемов у пунктов питьевого и культурно-бытового водопользования» предельно допустимые концентрации анионоактивных веществ составляют 0,5 мг/л. Используя данную информацию, оцените, насколько исследуемый образец соответствует санитарной норме, установленной для питьевой воды. *Вывод запишите в табл. 2.*

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что означает аббревиатура АСПАВ? Приведите примеры соответствующих объектов.
2. В чём состоит суть экстракционно-фотометрического определения концентрации АСПАВ в воде с метиленовым синим?
3. Как в данной работе строится и для чего используется калибровочный график?
4. Опишите процесс проведения экспериментов в настоящей работе.
5. Что влияет на скорость самоочищения водоёмов от СПАВ?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Глинка Н.Л. Общая химия: Уч. пос. – М.: Кнорус, 2010. – 752 с.
2. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. – М.: Бином. Лаборатория знаний. 2007. – 528 с.
3. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.
4. http://www.rghost.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=1549&Itemid=32.

5. РД 52.24.368-2006 Массовая концентрация анионных синтетических поверхностно-активных веществ в водах. Методика выполнения измерений экстракционно-фотометрическим методом.

6. <http://booklib.in.ua/biblioteka-knig/normativnaya-dokumentaciya/14330.html>.

7. *Ивчатов А.Л., Малов В.И.* Химия воды и микробиология: Учеб. – М.: Инфра-М. – 2009 . – 218 с.

Приложение к работе МиП-14

ПРИБОРЫ И ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ДЛЯ ХИМИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ВОДЫ

14.1 Войсковая укладка-лаборатория полевого химического контроля воды «УКВ»



«УКВ» является многофункциональным переносным аналитическим комплексом, сформированным под задачи войскового полевого химического контроля воды. Позволяет решать задачи войскового полевого химического контроля, разведки водоисточников, контроля качества исходной и очищенной воды при эксплуатации средств очистки и опреснения воды.

Некоторые характеристики:

Показатель	Наименование тест-комплектов и тест-систем	Ед. изм.	Диапазон измерений
Водородный показатель (рН)	«рН»	ед. рН	4,5 – 11,0
Железо общее (Fe^{2+} и Fe^{3+})	«Железо»	мг/л	0,1 – 1,5 (до 30)
	«Железо общее»	мг/л	50–1000
Жесткость общая (Ca^{2+} и Mg^{2+})	«Общая жесткость»	ммоль/л экв	от 0,5 до 80
Медь (Cu^{2+})	«Медь Т», «Медь»	мг/л	0 – 1000
Сульфаты (SO_4^{2-})	«Сульфаты»	мг/л	30 – 70 (до 6000)
Хлориды (Cl^-)	«Хлориды»	мг/л	4–1200 (до 10000)
Сухой остаток	«Хлориды», «Сульфаты», «Карбонаты», «Общая жесткость»	мг/л	До 2000 и более
Мутность	«Мутность / Прозрачность»	мг/л	до 600
Прозрачность	«Мутность / Прозрачность»	см	1 – 40
Хлор остаточный свободный	«Активный хлор»	мг/л	0,3 (до 100)
Алюминий остаточный (Al^{3+})	«Алюминий»	мг/л	0,03 – 6,0 (до 50)
Аммоний (NH_4^+)	«Аммоний»	мг/л	0,2 – 3,0 (до 20)
Металлы (Zn, Cu, Pb)	«Металлы»	мкмоль/л	0,1 – 1,0 и более
Нефтепродукты	«Масло и нефтепродукты»	мг/л	1 – 20 и более
Никель (Ni^{2+})	«Никель»	мг/л	10 – 100 – 1000
	«Нитраты»	мг/л	0,08 – 50 (до 400)
Нитраты (NO_3^-)	«Нитрат-тест»	мг/л	10 – 1000
	«Ортофосфаты»	мг/л	0,2 – 7,0
Полифосфаты (по PO_4^{3-})			
Свинец (Pb)	«Свинец-ТМ»	мг/л	0,1 – 3,0
СПАВ (сульфонол)	«ПАВ-А»	мг/л	0,3 – 10
Фенолы (легколетучие)	«Фенолы»	мг/л	0,02–0,5
Формальдегид (CH_2O)	«Формальдегид»	мг/л	0,05 – 2,0 и более
Фтор (F)	«Фториды»	мг/л	0,2–0,7–2,0 и более

СОДЕРЖАНИЕ

<u>Работа МиП-07</u>	Определение гранулометрического состава почв.	3
Приложение к работе МиП-07. Приборы и принадлежности для проведения гранулометрического анализа почв		9
<u>Работа МиП-08</u>	Определение <i>pH</i> почвенной суспензии потенциометрическим методом.	10
Приложение к работе МиП-08. Приборы и принадлежности для определения <i>pH</i>		16
<u>Работа МиП-09</u>	Определение жёсткости воды	18
Приложение 1 к работе МиП-09. Приборы и принадлежности для определения жёсткости воды.		26
<u>Работа МиП-10</u>	Определение кислотности почв	27
Приложение к работе МиП-10. Приборы и принадлежности для определения параметров почв.		37
<u>Работа МиП-11</u>	Органические вещества в природных водах. Определение окисляемости воды	38
Приложение к работе МиП-11. Приборы и принадлежности для определения окисляемости воды.		46
<u>Работа МиП-12</u>	Органические вещества в природных водах. Биохимическое потребление кислорода.	47
Приложение к работе МиП-12. Приборы и принадлежности для определения биохимического потребления кислорода		54
<u>Работа МиП-13</u>	Органические вещества в природных водах. Определение нефтепродуктов в воде	55
Приложение к работе МиП-13. Приборы и принадлежности для определения содержания нефтепродуктов в воде		66
<u>Работа МиП-14</u>	Органические вещества в природных водах. Определение анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ) с метиленовым синим	68
Приложение к работе МиП-14. Приборы и принадлежности для химического контроля воды		75

**Методы и приборы контроля окружающей среды
и экологический мониторинг
Лабораторный практикум
МиП-07, МиП-08, МиП-09, МиП-10, МиП-11,
МиП-12, МиП-13, МиП-14**

Вычитка *Г.В. Тимченко*
Компьютерная верстка *Г.Д. Волкова*

Тип. зак.	Изд. зак. 181	Тираж 300 экз
Подписано в печать 01.01.12		Гарнитура Times
Усл. печ. л. 5,0		Формат 60×90 ¹ / ₁₆

Редакционный отдел Информационно-методического управления РОАТ,
125993, Москва, Часовая ул., 22/2

Участок оперативной печати Информационно-методического управления
РОАТ, 125993, Москва, Часовая ул., 22/2