

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

АЗОВО-ЧЕРНОМОРСКИЙ ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ – ФИЛИАЛ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» В Г. ЗЕРНОГРАДЕ
(Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ)

И.В. Егорова, Н.В. Петренко

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Лабораторный практикум

Зерноград – 2020

УДК 502:62 (076.5)

Е30

*Печатается по решению методической комиссии
по направлению подготовки «Техносферная безопасность»
Азово-Черноморского инженерного института – филиала
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Донской государственной аграрный университет»
в г. Зернограде*

Рецензенты:

кандидат технических наук, доцент
кафедры теплоэнергетики и техносферной безопасности
Азово-Черноморского инженерного института **Пятикопов С.М.**,

кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой
агронии и селекции сельскохозяйственных культур
Азово-Черноморского инженерного института **Хрюнюк В.Б.**

Егорова, И.В. Глобальные экологические проблемы: лабораторный
Е30 практикум / И.В. Егорова, Н.В. Петренко. – Зерноград: Азово-
Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2020.
– 50 с.

Лабораторный практикум посвящен исследованию методов и средств защиты воздушной среды от газообразных загрязнений (абсорбции и адсорбции), органолептической оценке качества воды, исследованию основных физико-химических методов очистки воды, определению кислотности сточной воды и почв потенциометрическим методом.

Предназначается для студентов вузов направления подготовки 20.03.01 – Техносферная безопасность, изучающих дисциплину «Глобальные экологические проблемы».

Рассмотрено и одобрено на заседании кафедры ТБ и Ф.
Протокол № 7 от 22.01.2020 г.

Рассмотрено и одобрено методическим советом энергетического факультета.
Протокол № 4 от 24.01.2020 г.

© Егорова И.В., Петренко Н.В., 2020
© Азово-Черноморский инженерный
институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2020

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1 Исследование методов и средств защиты воздушной среды от газообразных загрязнений.....	5
Лабораторная работа № 2 Органолептическая оценка воды.....	13
Лабораторная работа № 3 Исследование физико-химических методов очистки воды.....	22
Лабораторная работа № 4 Определение кислотности сточной воды и почв.....	36
Литература.....	44
Приложения.....	45

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивная хозяйственная деятельность человека приводит к разрушительному воздействию на окружающую среду, которое выражается в преобразовании естественных систем и в загрязнении почвы, воды, воздуха, что является основными признаками экологических кризисов.

Человек всегда воздействовал на окружающую природную среду и сам менялся вместе с ней, но медленно и постепенно. Теперь в результате научно-технической революции изменения нарастают с такой стремительностью, что общество не успевает к ним приспособиться.

Фактически «качество жизни», «качество человеческой среды» и «качество трудовой жизни» рассматриваются в тесной взаимосвязи.

Связь этих категорий подчеркивает необходимость особого рассмотрения отношения экономики и экологии, вернее, разумного освоения природы посредством труда и целостного воздействия новой технологии на положение человека в трудовой среде и его отношение к природе.

Деятельность человека на современном этапе развития сопоставима с геологическими и другими глобальными причинами изменения лика Земли. Нужно выяснить, что обществу запрещено природой, что может подорвать стабильность биосферы, разрушить те условия, при которых люди только и могут жить.

Человечество сможет обеспечить свою будущность только в том случае, если возьмет на себя ответственность за развитие биосферы в целом – переход к ноосфере. Ноосфера есть целостная система, включающая человечество, производство, природу. Эта система развивается на основе новых социальных законов в интересах настоящего и будущего человечества. Такое всестороннее гармоническое развитие предполагает управление системой в целом, опирающееся на глубокое знание ее естественно-исторических закономерностей.

Учебное пособие соответствует ФГОСу и рабочей программе по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», раскрыты следующие компетенции:

– владением культурой безопасности и рискориентированным мышлением, при котором вопросы безопасности и сохранения окружающей среды рассматриваются в качестве важнейших приоритетов в жизни и деятельности ОК-7;

– способностью применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты ПК-12.

Лабораторная работа № 1

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ ОТ ГАЗООБРАЗНЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

Цель работы:

- 1) изучение основных методов и средств очистки воздуха от газообразных примесей;
- 2) экспериментальное определение эффективности очистки воздуха.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. Соблюдайте общие требования безопасности в лаборатории.
2. К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.
3. При включенном воздушном насосе один из кранов пневмосистемы должен быть открыт.
4. При появлении запаха одного из загрязнителей следует прекратить проведение лабораторной работы до устранения неисправности.
5. Лабораторную работу необходимо проводить в хорошо проветриваемом помещении.
6. Рекомендуется использовать в лаборатории воздухоочиститель гигиенический лабораторный АМ-4 ТУ 0101-01-2004.
7. По окончании работы выключить установку и проверить, закрыты ли краны магистралей, камеры. Проветрить помещение.

УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Внешний вид стенда представлен на рисунке 1.

Стенд представляет собой стол лабораторный сборно-разборной конструкции, выполненный в виде сварных металлических рам со столешницей 1 и полкой 2, металлических опорных рам 3 и вертикальной панели 4.

На вертикальной панели установлены устройства очистки: адсорбер угольный 5, адсорбер силикагелевый 6, абсорбер водяной 7.

Также на вертикальной панели расположены камера-смеситель 8 и элементы пневмо- и гидросистем.

Адсорбер представляет собой прозрачную цилиндрическую емкость, имеющую верхнюю и нижнюю крышки с ниппелями и заполненную веществом-адсорбером. Один адсорбер заполнен активированным углем, другой силикагелем.

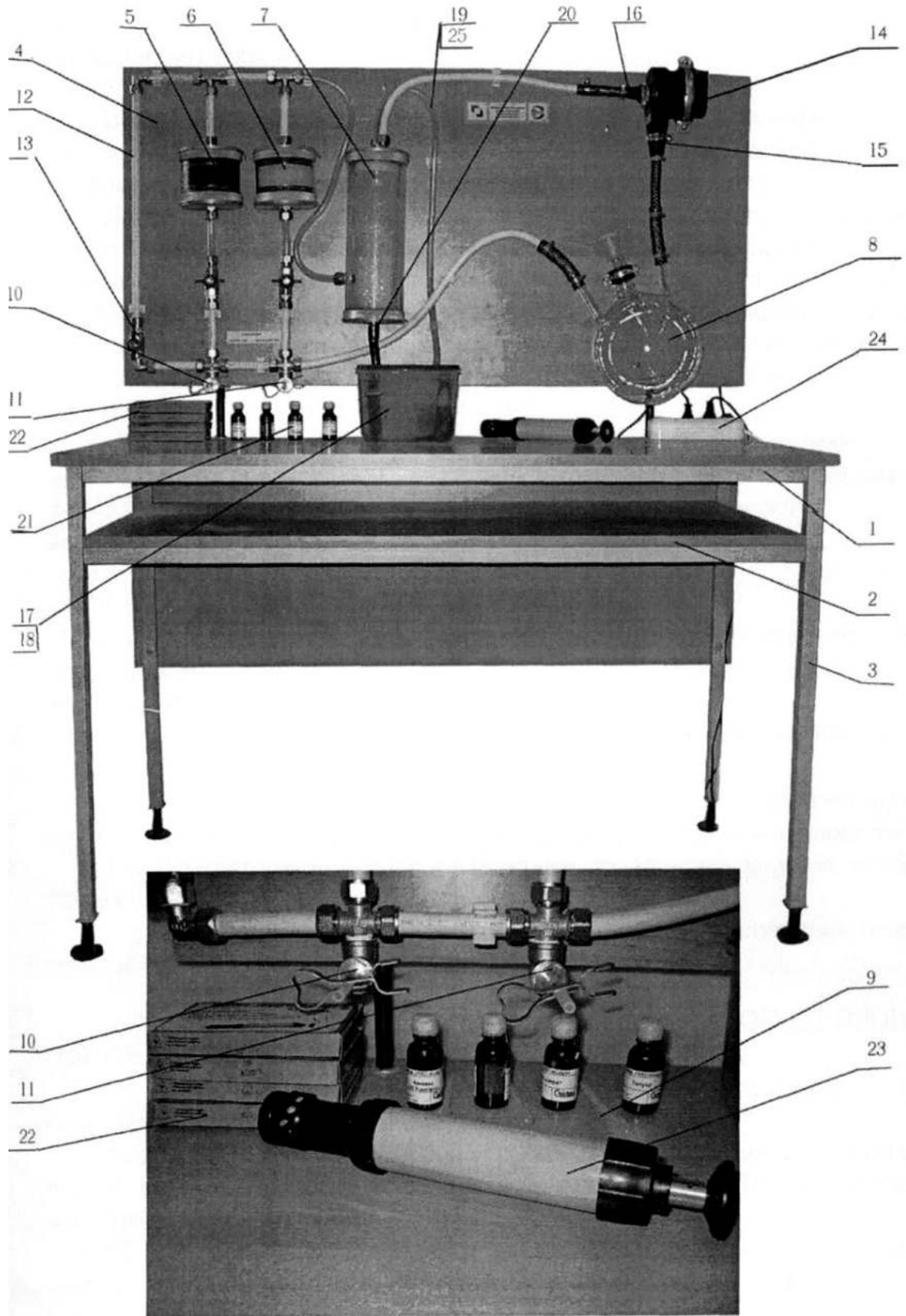


Рисунок 1 – Внешний вид лабораторного станда

Абсорбер 7 представляет собой прозрачную цилиндрическую емкость, внутри которой имеются разбрызгиватель с решеткой для создания мелко-дисперсной водяной среды.

Камера-смеситель 8 (далее – камера) служит для внесения в воздушный поток пневмосистемы веществ-загрязнителей. Внесение веществ-загрязнителей производится с помощью пипетки-капельницы 9. Отбор проб загрязненного и очищенного воздуха осуществляется через штуцеры соответственно отбора пробы «до очистки» 10 и отбора пробы «после очистки» 11, расположенных в нижней части свободной магистрали.

Камера 8 представляет собой стеклянный баллон («паук») с тремя отводами (центральный и два крайних).

Центральный отвод используется для ввода загрязнителя воздуха; крайние отводы используются для присоединения к пневмосистеме.

Пневмосистема является замкнутой и включает в себя три магистрали очистки воздуха, а также «свободную» магистраль 12, которая позволяет производить необходимые манипуляции по загрязнению и перемешиванию воздуха.

Каждая магистраль снабжена шаровым краном 13.

Воздушный поток в магистралях очистки и свободной магистрали создается насосом 14, снабженным двумя насадками: нагнетания 15 и входной 16, расположенными на вертикальной панели стенда.

На столешнице 1 расположена насосная станция, представляющая собой прямоугольную емкость 17 с водой, на дне которой установлен погружной насос 18. Вода подается по напорной трубке 19, снабженной струбциной 25, предназначенной для регулирования объемного расхода воды в разбрызгиватель абсорбера и сливается по возвратной трубке 20 в емкость с водой. Таким образом, гидросистема абсорбера является замкнутой.

На столешнице также размещены элементы из набора химико-аналитических средств (НХС-воздух-1), в том числе: загрязнители воздуха 21, трубки индикаторные 22, пробоотборник 23, пипетки-капельницы 9 и удлинитель 24.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Цель защиты атмосферы от вредных выбросов сводится к обеспечению концентраций вредных веществ в приземном слое равным или менее ПДК, что достигается применением существующих методов и средств очистки воздуха.

Выбор средств защиты воздуха от газопарообразных примесей зависит от применяемого метода очистки. По характеру протекания физико-химических процессов выделяют методы:

- 1) **абсорбции** – промывка выбросов растворителями примеси;
- 2) **хемосорбции** – промывка (орошение) выбросов растворами реагентов, связывающих примеси химически (вступающих в химическую реакцию с вредными примесями);

3) адсорбции – поглощение (улавливание) газообразных примесей твердым пористым поглотителем – адсорбентом.

4) термической нейтрализации – высокотемпературное дожигание;

5) каталитической нейтрализации – очищаемый газ пропускается через слой катализатора – материала, который ускоряет протекание реакций.

Выбор метода обусловлен степенью запыленности газа, дисперсностью частиц и требованиями к очистке.

Газо- и пароочистители, реализующие указанные методы, по принципу действия делятся на пять групп.

Наиболее распространены скрубберные газоочистители, которые практически не отличаются от скрубберных пылеуловителей (зачастую они выполняют двойную функцию – пыле- и газоулавливания). Работают на принципе абсорбции – поглощение веществ жидкостью.

Метод абсорбции – разделение газовой смеси на части путем поглощения газовых компонентов **жидким** поглотителем (абсорбентом) с образованием раствора. Методом абсорбции можно улавливать только хорошо растворимые газовые примеси и пары: абсорбент выбирают из условия растворения в нем поглощаемого газа. Например, в качестве абсорбентов применяют:

- воду – для поглощения аммиака, хлористого водорода и др.;
- вязкие масла – для хлора, сернистого ангидрида и т.п.;
- растворы извести или едкого натра – для окислов азота, хлористого водорода и др.

Установки, реализующие метод абсорбции, называются абсорберами. В **абсорберах** жидкость дробится на мелкие капли для обеспечения более высокого контакта с газовой средой.

В орошаемом скруббер-абсорбере (рисунок 2) насадка 1 размещается в плоскости вертикальной колонны 3. В качестве насадки используют кольца с перфорированными стенками, изготавливаемыми из металла, керамики, пластмассы и других материалов с коррозионной устойчивостью. Орошение колонн абсорбентом осуществляется из разбрызгивателей 2. Загрязненный газ поступает снизу и направляется вверх, подвергаясь непрерывной очистке.

Скорость абсорбции зависит главным образом от температуры и давления: чем выше давление и ниже температура, тем выше скорость абсорбции.

Метод хемосорбции (основан на химической реакции) – поглощение газов и паров твердыми или жидкими поглотителями с образованием нетоксичных, малолетучих или нерастворимых химических соединений. Применяют для улавливания газовых примесей, не растворимых или плохо растворимых в воде. Например, для отделения сероводорода применяют щелочные растворы. Процесс идет в скрубберных аппаратах того же типа, что и для метода абсорбции. Очищаемый газ орошают растворами реагентов, вступающих в химическую реакцию с вредными примесями. Этот метод широко используется для улавливания диоксида серы.

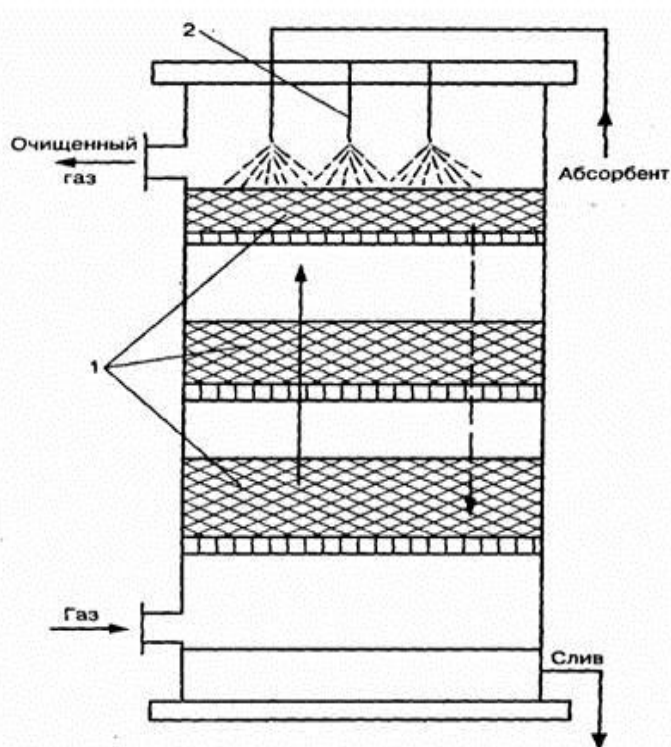


Рисунок 2 – Орошаемый скруббер-абсорбер с насадкой

Оба эти метода называют мокрыми, их эффективность зависит от очищаемого компонента и применяемого растворителя (или поглотителя). Недостаток мокрых методов – при их реализации понижается температура газов, что уменьшает эффективность методов.

Метод адсорбции – основан на способности некоторых **твердых** пористых материалов селективно (избирательно) извлекать из газовой смеси отдельные ее компоненты. В качестве адсорбентов или поглотителей применяют вещества, имеющие большую площадь поверхности на единицу массы.

Конструктивно адсорберы выполняются в виде вертикальных или горизонтальных емкостей, заполненных адсорбентом, через который проходит поток очищаемых газов. Адсорберы применяют для очистки воздуха от паров растворителей, эфира, ацетона, различных углеводородов и т. п.

Метод позволяет проводить очистку вредных выбросов при повышенных температурах. Примером конструкции адсорбера являются респиратор и противогаз.

На практике применяются следующие адсорбенты: активированный уголь, у которого в 1 г содержится до 1600 м² поверхностей (хорошо сорбирует сернистые соединения); силикагель (микропористое тело, состоит из SiO₂); цеолиты (по химической природе являются алюмосиликатами и подразделяются на природные и синтетические) и др.

Активированные угли характеризуются гидрофобностью и горючестью. По размеру и форме частиц они бывают гранулированные и порошкообразные. Гранулированные угли используют в аппаратах с неподвижным слоем, порошкообразные – только для очистки жидкостей. По сравнению с

углями силикагели негорючи, имеют низкую температуру регенерации (и соответственно меньше энергетические затраты на десорбцию), их можно синтезировать с заданными структурными характеристиками.

Адсорбционная способность адсорбента тем выше, чем меньше его температура, и существенно снижается с её повышением. Это используется в работе адсорберов и при их регенерации. Отработанные адсорбенты подвергаются регенерации (либо термическим методом, либо десорбцией насыщенным или перегретым паром).

Термический (дожигание) и **каталитический** (реакция на катализаторы) методы применяют реже и лишь для небольших выбросов.

При **каталитическом методе** токсичные компоненты газовой смеси, взаимодействуя со специальным веществом – катализатором, превращаются в безвредные вещества. В качестве катализаторов используются благородные металлы или их соединения: платина, оксиды меди и марганца и др. Катализатор, выполняемый в виде шаров, колец или спиральной проволоки, играет роль ускорителя химического процесса.

Широко применяются каталитические нейтрализаторы для отработанных газов автомобилей.

Термический метод или высокотемпературное дожигание (термическая нейтрализация) применяется для утилизации горючих отходов, с трудом поддающихся другой обработке (например, сжигаются такие газы, как углеводороды, оксид углерода, выбросы лакокрасочного производства). Этот метод требует поддержания высоких температур очищаемого газа и наличия достаточного количества кислорода.

Использование рассмотренных методов и систем очистки призвано обеспечить максимальное снижение выбросов вредных веществ и теплоты в атмосферу, возврат их в исходный технологический процесс. Для современного производства, как правило, требуется многоступенчатая очистка, особенно, если виды примесей многообразны.

Порядок выполнения работы

1. Изучите правила безопасности, теоретическую часть и ответьте на контрольные вопросы.

2. Соедините входную трубку абсорбера с напорным штуцером насоса. Залейте в насосную станцию абсорбера 2,5 л воды.

Включите насос и с помощью струбины на трубке подачи добейтесь уровня воды в абсорбере 20–40 мм, выключите насос. Зажимами пережмите трубки отбора проб.

3. Порядок проведения работ по внесению загрязнения воздуха в систему стенда одним из компонентов (ацетон, бензин БР-1 «Галоша», толуол, этанол).

3.1. С помощью пипетки-капельницы внесите в центральную горловину камеры 0,2 мл загрязнителя и незамедлительно закройте камеру.

3.2. Закройте краны очистных магистралей, а кран свободной магистрали откройте.

3.3. Включите воздушный насос и не выключайте его до полного (ориентировочно 2–3 мин.) испарения загрязнителя (контроль визуальный).

3.4. Выключите насос, возьмите насос-пробоотборник, вставьте в него соответствующую индикаторную трубку со вскрытыми концами и соедините с трубкой-штуцером отбора пробы «до очистки». Снимите зажим. Отберите с помощью пробоотборника 100 мл загрязненного воздуха. Установите зажим. С помощью шкалы на упаковочной коробке индикаторных трубок определите концентрацию загрязнителя в воздухе пневмосистемы.

4. Порядок проведения работ с адсорбером (активированный уголь или силикагель).

4.1. Закройте кран свободной магистрали, откройте кран очистной магистрали адсорбера с активированным углем.

4.2. Включите насос и прогоните загрязненный воздух через адсорбер в течение 2-х минут.

Выключите насос и произведите отбор пробы очищенного воздуха через штуцер 11 в соответствии с п. 3.4.

4.3. Определите эффективность очистки воздуха по формуле

$$\Theta = \frac{K_3 - K_0}{K_3} * 100\%, \quad (1)$$

где K_3 – концентрация вещества-загрязнителя в загрязненном воздухе, мг/м³;
 K_0 – концентрация вещества-загрязнителя в очищенном воздухе, мг/м³.

4.4. Откройте краны адсорберов и закройте кран свободной магистрали. Включите насос. Произвести доочистку пневмосистемы в течение 5 минут.

5. Порядок проведения работ с абсорбером.

5.1. Произведите действия в соответствии с п.п. 3.1–3.4.

5.2. Откройте кран на абсорбер и на свободную магистраль, на абсорберы – закрыть.

5.3. Включите водяной насос. Произведите прокачку воздуха через абсорбер в течение 2-х минут.

5.4. Включите воздушный насос.

5.5. Выключите водяной насос.

5.6. Выключите воздушный насос.

5.7. Произведите отбор пробы очищенного воздуха в соответствии с п. 3.4.

5.8. Произведите расчет эффективности очистки воздуха в соответствии с п. 3.4.

6. Объем прокачиваемого через соответствующую индикаторную трубку воздуха, мл:

для ацетона.....100

для бензина БР-1 «Галоша».....100

для толуола.....100

для этанола.....100

7. После завершения лабораторной работы выключите установку и проверьте, закрыты ли краны магистралей, камеры. Проветрите помещение.

8. Сделайте выводы и составьте отчет в форме таблицы.

9. Представьте результаты выполненной лабораторной работы преподавателю.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы
2. Краткое описание стенда.
3. Общие сведения о методах и средствах очистки воздуха от газообразных загрязнителей.
4. Таблица результатов исследований. Выводы.

Таблица 1 – Исследование основных методов очистки воздуха

№ п/п	Метод очистки	Концентрация вещества-загрязнителя, мг/м ³		Эффективность метода очистки
		в загрязненном воздухе	в очищенном воздухе	
1	Метод адсорбции (активированный уголь)			
2	Метод адсорбции (силикагель)			
3	Метод абсорбции (вода)			

Выводы:

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назовите существующие методы очистки воздуха, выделяемые по характеру протекания физико-химических процессов.
2. В чем заключается метод абсорбции и в каких установках он реализуется?
3. Из какого условия выбирают абсорбент, назовите виды абсорбентов?
4. На чем основан метод хемосорбции и чем он отличается от метода абсорбции?
5. На чем основан метод адсорбции?
6. Какие виды адсорбентов вы знаете?
7. В чем сущность методов термической и каталитической нейтрализации?

Лабораторная работа № 2

ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОДЫ

Цель работы:

- 1) оценить экологическое состояние воды по величинам определяемых показателей;
- 2) установить, необходимо ли фильтровать водопроводную воду.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.
2. Прежде чем приступить к работе, внимательно ознакомьтесь с заданием. Убедитесь в исправности оборудования, наличии необходимой посуды.
3. Соблюдайте чистоту на рабочих столах. Не допускается загромождение столов не нужными в данный момент для работы приборами и посудой.
4. При взбалтывании растворов в колбах или пробирках необходимо закрывать их пробками. Запрещается закрывать отверстие пальцем.
5. Не пользуйтесь надбитой или надтреснутой стеклянной посудой.
6. По окончании работы уберите рабочее место, выключите все приборы.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

- 1) колба плоскодонная с притертой пробкой вместимостью 250–300 мл; колориметрические пробирки; трубка-цилиндр для определения прозрачности (длина 600 ± 10 мм, диаметр 25 ± 1 мм), экран для трубки; пипетка для отбора воды; ламинированный образец шрифта (высота 3,5 мм, ширина линии 0,35 мм) или юстировочная метка; шприц с соединительной трубкой; вода, взятая из различных источников;
- 2) любой бытовой фильтр; водопроводная вода.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

В нашей стране нет единых общегосударственных норм качества воды, поскольку ее пригодность определяется конкретными требованиями отдельных видов водопользования. Качество поверхностных вод нормировано для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного водопользования.

Самые высокие требования предъявляются к питьевой воде. Государственный стандарт на воду, используемую для питья и в пищевой промышленности (ГОСТ Р 51232–98), определяет благоприятные для человека органолептические показатели воды: вкус, запах, цвет, прозрачность, а также безвредность ее химического состава и эпидемиологическую безопасность.

Вкус воды обусловлен растворимыми в ней веществами. Нередко неприятный вкус и запах сообщают воде продукты разложения животных и растительных организмов, например – сероводород. Напротив, кислород, диоксид углерода, небольшое количество гидрокарбоната кальция, растворенные в воде, придают ей приятный, освежающий вкус. Вода пригодна для питья, если ее общая минерализованность не превышает $1000 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$. Очень малая минерализованность воды (ниже $100 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$) тоже ухудшает ее вкус, а вода, вообще лишенная солей (дистиллированная), вредна для здоровья, так как ее употребление нарушает пищеварение и деятельность желез внутренней секреции.

Запах воды также зависит от химического состава примесей и от растворенных в ней газов. Различают запахи:

- естественного происхождения (от живущих и отмирающих в воде организмов, воздействия почв и грунтов и др.);
- искусственного происхождения (от случайного попадания сточных вод, от реагентов, используемых для обработки воды).

Интенсивность запаха оценивают по пятибалльной системе, причем для питьевой воды при температуре $20\text{--}60 \text{ }^\circ\text{C}$ она не должна превышать двух баллов.

Запах воды, подвергнутой хлорированию, определяют через 30 минут после введения хлора. Государственный стандарт устанавливает также цвет и прозрачность питьевой воды. Степень прозрачности (или, напротив, мутность) воды зависит от количества содержащихся в ней взвешенных частиц. Взвеси, содержащиеся в воде, не только портят ее вкус, но и служат благоприятной средой для развития болезнетворных бактерий. Поэтому стандарт строго ограничивает их содержание: в водопроводной воде концентрация взвешенных частиц не должна превышать $1,5 \text{ мг}\cdot\text{л}^{-1}$.

Разумеется, питьевая вода не должна содержать токсичных химических веществ в концентрациях, вредных для человеческого организма. Строго регламентированы реакция воды, которая в питьевой воде должна быть близка к нейтральной ($\text{pH} = 6,0\text{--}9,0$), и температура питьевой воды в водопроводных сетях.

Содержание в питьевой воде большого количества растворимых солей магния и кальция не только ухудшает ее вкус, но и обуславливает жесткость воды. Жесткая вода неприменима в ряде отраслей промышленности и неприятна при ее бытовом использовании. В ней труднее развариваются продукты и их питательная ценность уменьшается, резко ухудшается моющая способность. Употребление жесткой воды способствует развитию ряда заболеваний.

Вопрос доброкачественности питьевой воды решают путем определения количества кишечных палочек (палочек Коли) в 1 л воды. Кишечная палочка – это микроб, постоянно обитающий в кишечнике человека и животных, и, следовательно, безвредный. Однако ее присутствие в воде свидетельствует о наличии в ней фекальных выделений людей или животных и о воз-

возможности загрязнения воды болезнетворными бактериями. Согласно нормам, в 1 л питьевой воды может содержаться не более трех бактерий группы кишечных палочек. Это число называется Коли-индексом воды; обратная величина, т.е. количество миллилитров воды, в котором находится одна кишечная палочка, называется Коли-титром (для питья – не менее 300 мл на одну палочку).

Контроль требований к нормируемым показателям качества воды в водоемах осуществляют периодическим отбором и анализом проб воды (не реже одного раза в месяц). Количество проб и места их отбора определяют в соответствии с гидрологическими и санитарными характеристиками водоема и согласовывают с местными органами санитарно-эпидемиологической службы. При этом считается обязательным отбор проб непосредственно в месте водозабора и на расстоянии 1 км выше по течению – для рек и каналов, а для озер и водохранилищ (непроточные водоемы) – на расстоянии 1 км от водозабора в двух диаметрально расположенных точках.

С открытых водоемов пробы отбирают в фарватере реки с глубины 50 см. Бутыль с грузом опускают на глубину, после чего пробку открывают с помощью прикрепленного к ней держателя. Лучше для этой цели использовать специальные приборы – батометры, которые позволяют применять посуду разной формы и емкости. Батометр состоит из зажима, плотно обхватывающего посуду, и приспособления для открывания пробки на нужной глубине.

Наряду с анализом проб воды в лабораториях используют автоматические станции контроля качества воды, которые могут одновременно измерять 8–10 показателей (концентрацию растворенного в воде кислорода, электрическую проводимость, рН, температуру, уровень воды, концентрацию взвешенных веществ, меди).

На очистных сооружениях машиностроительных предприятий осуществляют контроль состава исходных и очищенных сточных вод, а также контроль эффективности работы очистных сооружений.

Состав производственных сточных вод может значительно колебаться в зависимости от вида и режимов технологического процесса. Контроль состава исходных и очищенных сточных вод осуществляют один раз в 10 дней.

Пробы сточной воды отбирают в предварительно очищенную посуду, изготовленную из боросиликатного стекла или полиэтилена. Анализ следует проводить не позже чем через 12 часов после отбора пробы, так как при большем времени выдерживания пробы в составе сточной воды могут произойти существенные изменения.

Контроль состава сточных вод заключается в измерении органолептических показателей воды, рН среды, содержании грубодисперсных (взвешенных) веществ, химического потребления кислорода (ХПК), количества растворенного в воде кислорода, биохимического потребления кислорода (БПК) и концентрации вредных веществ, для которых существуют нормируемые значения ПДК.

Из органолептических показателей воды при анализе состава сточных вод контролируют цвет, запах, прозрачность, мутность и др.

Цвет. Качественную оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой. Для этого в стаканы из бесцветного стекла наливают исследуемую и дистиллированную воду и рассматривают их на фоне белой бумаги при дневном освещении сбоку и сверху. При наличии окраски указывают цвет воды (слабо-желтый, бурый); при отсутствии ее воду называют бесцветной.

Количественно цветность воды (в градусах) определяют методом колориметрии, сравнивая ее с эталонной шкалой (платиново-кобальтовой или кобальто-дихроматной), имитирующей эту цветность. Вода, имеющая цветность 20 °С, считается бесцветной. При цветности выше 35 °С водопотребление ограничивают.

Запах. При оценке запаха сначала дают его качественную характеристику (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический), затем оценивают запах воды по пятибалльной системе. Для этого воду наливают в колбу с притертой пробкой до 2/3 объема и сильно встряхивают в закрытом состоянии, затем открывают колбу и сразу же отмечают интенсивность запаха. Наличие запаха в очищенных водах свидетельствует о недостаточной степени очистки или неполном удалении использованных при очистке реагентов (например, хлора).

Прозрачность. Прозрачность воды определяют по предельной высоте столба воды, через который просматривается рисунок черного креста с толщиной линий 1 мм и четырех черных кружков диаметром 1 мм на белом фоне. Определение выполняют в цилиндре высотой 35 см, на дне которого лежит фарфоровая пластинка с рисунком (питьевая вода должна иметь прозрачность по кресту не менее 30 см).

Используется и определение прозрачности по шрифту, основанное на нахождении максимальной высоты столба, сквозь который можно прочесть стандартный шрифт, подложенный под цилиндр с водой. Прозрачность воды характеризует количество загрязняющих веществ, присутствующих в воде во взвешенном и коллоидном состоянии.

Мутность. Наличие в воде мути объясняется недостаточной степенью удаления грубодиспергированных неорганических и органических примесей. Мутность можно определить гравиметрическим (весовым) методом, отделив взвеси фильтрованием через плотный фильтр.

Для анализа воды применяют химические, физико-химические и бактериологические методы, а определение ее органолептических свойств основывается на использовании органов чувств исследователя.

В данной лабораторной работе первичную оценку качества воды проводят, определяя ее органолептические характеристики с помощью органов зрения (мутность, цветность) и обоняния (запах). Неудовлетворительные органолептические характеристики косвенно свидетельствуют о загрязнении воды.

Поскольку на правильность полученных результатов анализов влияют способ отбора пробы воды и условия ее хранения, проба должна быть отобрана в чистую стеклянную или пластмассовую бутылку объемом не менее 0,5 л (в бутылки должно оставаться не более 5–10 мл воздуха); пробы следует анализировать в течение нескольких часов после отбора либо хранить в холодильнике. Могут быть отобраны и проанализированы растаявшие пробы снега (льда) из разных мест: с поля, газона вблизи дороги, у промышленного предприятия и т.д. Можно анализировать пробы сточной воды.

Задание 1. Определение органолептических характеристик воды

Порядок выполнения работы:

1 Определение запаха воды

Заполните колбу водой на треть объема и закройте пробкой.

Взболтайте содержимое колбы.

Откройте колбу и осторожно, неглубоко вдыхая воздух, сразу же определите характер и интенсивность запаха. Если запах сразу не ощущается или запах неотчетливый, испытание можно повторить, нагрев воду в колбе до температуры 60 °С (подержав колбу в горячей воде). Интенсивность запаха определите по пятибалльной системе согласно таблице 1.

Таблица 1 – Оценка интенсивности запаха воды

Интенсивность запаха	Характер проявления запаха	Оценка интенсивности запаха
Нет	Запах не ощущается	0
Очень слабая	Запах сразу не ощущается, но обнаруживается при тщательном лабораторном исследовании (при нагревании воды)	1
Слабая	Запах, не привлекающий внимания, но такой, который можно заметить	2
Заметная	Запах легко замечается и вызывает неодобрительный отзыв о воде	3
Отчетливая	Запах обращает на себя внимание и заставляет воздержаться от питья	4
Очень сильная	Запах настолько сильный, что делает воду непригодной к употреблению	5

Водой, не имеющей запаха, считается такая, запах которой не превышает 2 балла. Характер запаха определите по таблице 2.

Таблица 2 – Оценка характера запаха воды

Запах «естественного» происхождения	Запах «искусственного» происхождения
Неотчетливый (или отсутствует)	Неотчетливый (или отсутствует)
Землистый	Нефтепродуктов (бензиновый)
Гнилостный	Хлорный
Торфяной	Уксусный
Травянистый	–
Другой (укажите, какой)	Другой (укажите, какой)

Чистые природные воды запахов не имеют.

Запах бытовых стоков довольно характерен и представляет собой смесь запахов фекалий и разложений органических веществ.

Запах производственных стоков разнообразен и зависит от вида производства. Для сточных вод описание запаха наиболее важно при появлении новых, ранее не встречавшихся оттенков, а также при резком возрастании интенсивности запаха, что свидетельствует о залповом сбросе концентрированных сточных вод отдельными производствами. Запах определяется так же, как и при анализе природных вод. Сначала определяют характер запаха, затем по пятибалльной системе оценивают его интенсивность.

2 Определение цветности

Заполните пробирку водой до высоты 10–12 см.

Определите цветность воды, рассматривая пробирку сверху на белом фоне при достаточном освещении (дневном, искусственном).

Выберите наиболее подходящий оттенок цветности воды: слабо-желтоватая, светло-желтоватая, желтая, интенсивно-желтая, коричневая, красно-коричневая, другая (укажите, какая).

Бытовые сточные воды, как правило, окрашены слабо. Интенсивная окраска показывает наличие производственных сточных вод.

3 Определение мутности/прозрачности

Метод определения мутности/прозрачности основан на определении высоты водяного столба, при котором можно еще прочесть черный шрифт (высота 3,5 мм, ширина линии 0,35 мм) на белом фоне или увидеть юстировочную метку (например, черный крест с толщиной линий 1 мм на белой бумаге).

Проведению анализа могут мешать вещества, окрашивающие воду, а также пузырьки воздуха.

Продолжительность выполнения анализа – не более 5 минут.

Для устойчивости трубку-цилиндр для определения прозрачности закрепите в штативе. Пробу тщательно перемешайте и поместите в трубку.

Трубку защитите от бокового света экраном и поместите на ламинированный образец шрифта или юстировочную метку.

Прозрачность пробы наблюдайте сверху через открытое отверстие трубки при достаточном освещении.

Постепенно понижайте уровень пробы, отбирая пипеткой воду до тех пор, пока не станет видимым образец шрифта или юстировочная метка.

Определите максимальную высоту жидкости, при которой различима метка, по делениям на трубке-цилиндре.

Полученные данные об измерении высоты жидкости приводите с точностью до 10 мм.

При необходимости повторите определение.

4 Определение осадка

Взболтанную в бутылке воду налейте в цилиндр слоем примерно 30 см и оставьте в покое 1 час, если вода отобрана из открытого водоема, или на сутки, если вода взята из подземных источников.

Осадок оцените количественно (нет, незначительный, заметный, не-большой) и качественно (песчаный, глинистый, илистый, кристаллический, хлопьевидный). Отметьте также цвет осадка.

Большой осадок свидетельствует о загрязнении воды.

5 Обработка результатов и выводы

Занесите полученные результаты в таблицу 3.

Сделайте выводы об экологическом состоянии источника, из которого была взята проба.

Таблица 3 – Оценка экологического состояния исследуемого источника воды

Характеристика	Вывод (словесное описание)
Запах	
Цветность	
Мутность/прозрачность	
Осадок	

Задание 2. Оценка водопроводной воды и воды, прошедшей через бытовой фильтр

Порядок выполнения работы:

1 Ознакомьтесь с инструкцией по эксплуатации фильтра.

2 Произведите органолептическую оценку непрофильтрованной водопроводной воды на запах и вкус.

Отметьте, согласно таблице 1, присутствует ли в водопроводной воде посторонний запах и насколько он интенсивен. Напишите свои замечания о запахе водопроводной воды (таблица 5).

Определите вкус (солёный, горький, кислый, сладкий) или привкус (щелочной, железистый, металлический, вяжущий и т.д.) водопроводной воды и их интенсивность в баллах по шкале, аналогично определению интенсивности запаха. Определение ведется с заведомо безопасной водой при 20 °С. Если в предыдущем задании вы установили, что водопроводная вода непригодна для питья, то воздержитесь от дегустации. Если вода оказалась пригодной, то наберите немного воды в рот и через 3–5 секунд выплюньте ее. Во рту останется привкус воды.

Оцените его в баллах по таблице 4 и дайте нужную характеристику:

- приятный вкус, характерный для качественной воды;
 - вкус не очень приятный и отличается от вкуса нормальной качественной воды;
 - вода оставляет неприятный привкус хлора;
 - вкус воды неприятный, заставляющий воздержаться от питья.
- Заполните соответствующую строку в таблице 5.

Таблица 4 – Оценка интенсивности вкуса и привкуса водопроводной воды

Интенсивность вкуса и привкуса	Характер проявления вкуса и привкуса	Оценка интенсивности вкуса, балл
Нет	Вкус и привкус не ощущаются	0
Очень слабая	Вкус и привкус не ощущаются потребителем, но обнаруживаются при лабораторном исследовании	1
Слабая	Вкус и привкус замечаются потребителем, если обратить на это его внимание	2
Заметная	Вкус и привкус легко замечаются и вызывают недоброжелательный отзыв о воде	3
Отчетливая	Вкус и привкус заметные и заставляют воздержаться от питья	4
Очень сильная	Вкус и привкус настолько сильные, что делают воду непригодной к употреблению	5

Вода без привкусов – это такая вода, привкусы которой не превышают 2 баллов. При интенсивности запахов и привкусов выше 2 баллов ограничивается водопотребление, так как сильные запахи и привкусы могут быть показателями загрязнения воды сточными водами или свидетельствуют о наличии биологически активных веществ, выделяемых сине-зелеными водорослями.

3 Профильтруйте водопроводную воду, воспользовавшись бытовым фильтром (действуйте в соответствии с инструкцией, приложенной к фильтру).

Снова произведите органолептическую оценку воды по тем же параметрам (см. таблицы 1, 4). Нужные данные занесите в таблицу 5.

4 Сделайте вывод относительно качества водопроводной воды.

Сравните показатели профильтрованной и непрофильтрованной воды. Запишите полученные результаты и вывод о том, нужно ли фильтровать водопроводную воду.

Таблица 5 – Оценка качества исследуемой водопроводной воды

Характеристика	Непрофильтрованная вода	Профильтрованная вода
Запах		
Вкус (привкус)		

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы (задания).
2. Оборудование и материалы.
3. Краткие сведения о контроле качества воды.
4. Методика проведения исследований.
5. Таблицы результатов исследований.
6. Выводы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие показатели определяют качество питьевой воды и каким нормативным документом они устанавливаются?
2. От чего зависят вкус, запах, степень прозрачности воды?
3. Что такое жесткость воды?
4. Что показывает Коли-индекс?
5. Как осуществляется контроль качества воды в водоемах, на очистных сооружениях предприятий?
6. Какие органолептические свойства сточной воды вы знаете?
7. Как на практике определяются цветность воды, запах, прозрачность, мутность?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Цель работы:

- 1) изучение основных физико-химических методов очистки воды (водопроводной, сточных вод);
- 2) ознакомление с принципом работы, конструкцией и характеристиками применяемых в лабораторной работе водоочистителей;
- 3) экспериментальное определение эффективности очистки фильтра.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. Соблюдайте общие требования безопасности в лаборатории.
2. К работе со стендом допускаются лица, ознакомленные с его устройством, принципом действия и мерами безопасности в соответствии с требованиями, приведенными в настоящем разделе.
3. Используйте только холодную воду! Никогда не пропускайте горячую воду через систему. Вода температурой выше 35 °С повредит фильтры.
4. Избегайте резкого открывания кранов. Вода в системе находится под давлением! Это может привести к механическому разрушению водоочистителей с соответствующими последствиями.
5. Избегайте фильтрации сильно загрязненной или не водопроводной воды. Это может привести к существенному сокращению ресурса фильтров.
6. При очистке воды конкретным фильтром или установкой запрещается устанавливать расход воды, превышающий значение, указанное в паспорте этого фильтра или установки.
7. Запрещается включать напряжение на установке для очистки питьевой воды «Изумруд» без предварительной подачи воды.
8. При появлении протечек в гидросистеме следует прекратить проведение лабораторной работы до устранения неисправности.
9. Во избежание протечек давление в гидросистеме следует регулировать при помощи вентиля на отводном канале.

ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

Внешний вид стенда представлен на рисунке 1.

Стенд представляет собой стол лабораторный 1 оригинальной конструкции, выполненный в виде сборно-разборного металлического сварного каркаса, на котором устанавливается столешница 2 и вертикальная панель 3.

На столешнице 2 установлена раковина сливная 4, которая соединяется с существующей системой канализации. На столешнице также размещены мерные стаканы 5 и «Набор химико-аналитических средств (НХС)» 6.

На вертикальной панели 3 закреплены гидросистема 7 для подвода воды, фильтры «Аквафор В300» 8, «Гейзер-М» 9, «Родник 3м» 10 и установка очистительная «Изумруд» 11.

Гидросистема 7 имеет основную водную магистраль и пять отводных каналов подвода воды. На каждом из отводных каналов установлены шаровые краны 12. Фильтры и установки очистительные подсоединены к четырем каналам подвода воды, а пятый канал предназначен для отбора проб неочищенной водопроводной воды. Подвод воды к гидросистеме 7 осуществляется от системы водопровода холодной (питьевой) воды.

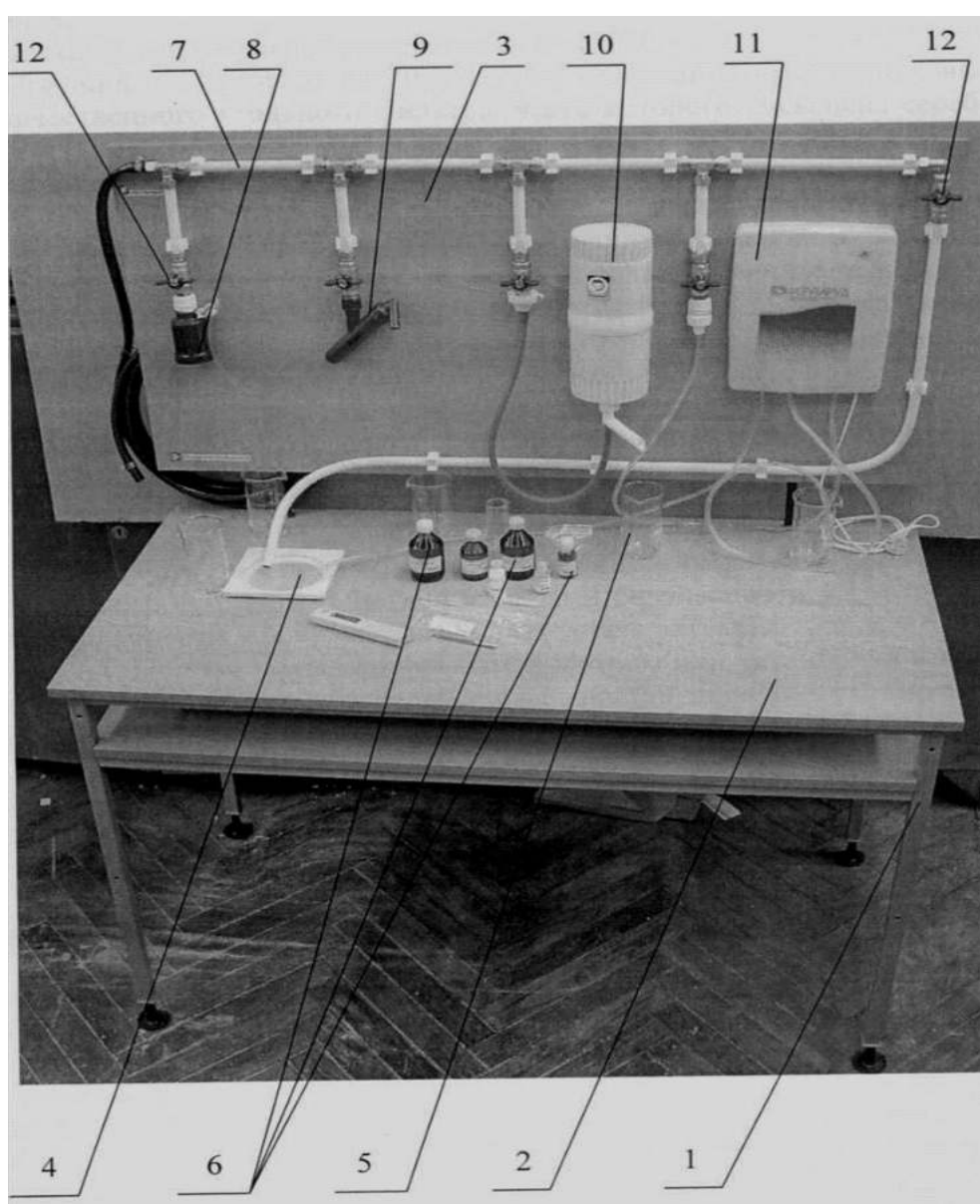


Рисунок 1 – Внешний вид лабораторного стенда

Для оценки качества питьевой воды используются: набор химико-аналитических средств (НХС) и карманный измеритель СОМ100. С помощью набора НХС производится контроль воды по наиболее актуальным химическим показателям: активный хлор, алюминий остаточный, железо общее, жесткость общая, рН, электропроводность. С помощью карманного измерителя СОМ100 производится измерение концентрации солей твердых веществ в воде (приложение 1).

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Воду подвергают очистке, чтобы удалить из нее вредные примеси и химические вещества. Состав и свойства воды должны соответствовать нормам.

Важным параметром воды является ее жесткость. Жесткость воды есть совокупность свойств, обусловленная содержанием в ней ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} . Сумма концентраций этих ионов дает общую жесткость воды.

По количественному содержанию ионов Ca^{2+} и Mg^{2+} природная вода бывает мягкой (общая жесткость до 2 ммоль/л), средней жесткости (2... 10 ммоль/л) и жесткой (больше 10 ммоль/л).

Существенно отличается очистка воды для питьевых нужд, в технологических целях и очистка сточных вод. Причем даже для промышленных стоков, сбрасываемых в водоемы или на грунт и сливаемых в систему канализации, нормативы и требования к очистке различные. И они постоянно ужесточаются. Суммарные затраты на очистку сточных вод современных предприятий в среднем составляют от 15 до 40% их общей стоимости.

Правилами устанавливают нормативные значения параметров для каждого вида воды (питьевая, в водоемах санитарно-бытового назначения, рыбохозяйственных водоемах, сточных водах и др.), которые, в частности, регламентируют следующее: содержание плавающих примесей и взвешенных веществ, органолептические свойства (запах, привкус, цвет), температуру воды, водородный показатель рН, состав и концентрацию минеральных примесей и растворенного в воде кислорода, биологическую потребность воды в кислороде, состав и предельно допустимую концентрацию (ПДК) ядовитых, вредных веществ и болезнетворных бактерий.

Существуют различные методы очистки бытовых и производственных сточных вод:

– **механические** – для отделения загрязнителей используют гравитационный и центробежный эффекты (для выделения из сточных вод грубодисперсных минеральных и органических загрязнителей – процеживание, отстаивание и разделение в поле центробежных сил на гидроциклонах; для отделения мелкодисперсных загрязняющих частиц – фильтрование);

– **физико-химические** – флотация, коагуляция (для интенсификации отделения загрязнителей); экстракция, сорбция, ионный обмен, электродиализ, обратный осмос (для извлечения из стоков необходимых компонентов);

– **химические** – к ним относятся все те методы, при которых в сточные воды вводятся специальные реагенты, вступающие с загрязнителями в химические реакции и обезвреживающие их или создающие необходимые условия для их удаления (озонирование, хлорирование, умягчение и др.);

– **биологические** – для удаления из сточных вод растворенных в них органических веществ с помощью биологического окисления в природных или искусственно созданных условиях. В первом случае используются почвы, проточные и замкнутые водоемы, а во втором – специально построенные для очистки сооружения – биофильтры, аэротенки и др.

Часто используют комбинации из вышеперечисленных методов.

Рассмотрим некоторые наиболее распространенные физико-химические способы, применяемые для очистки сточных вод, а также для доочистки и умягчения жесткой водопроводной воды: сорбция, ионный обмен, электрохимический метод.

1 Метод сорбции

Под сорбционной очисткой воды обычно понимают сорбцию (концентрирование) веществ на поверхности (адсорбция) или в объеме пор (абсорбция) твердого материала. Вещество, на поверхности или в объеме пор которого происходит концентрирование поглощаемого вещества, называют сорбентом, а само вещество – сорбатом. Сорбционные явления основаны на физическом и химическом взаимодействии сорбата и сорбента. Физическая сорбция обусловлена силами молекулярного взаимодействия, в основном дисперсионными. Последние возникают при сближении молекул материала сорбента и сорбируемого вещества и проявляются в упорядочении движения частиц вследствие взаимного притяжения.

Способность удерживать на поверхности молекулы зависит от свойств твердого тела, размеров его частиц, а также наличия на поверхности мельчайших пор и капилляров. Для сорбционной очистки воды используют множество материалов естественного и искусственного происхождения: активированный уголь, силикагель (пористая белая масса, по составу диоксид кремния SiO_2), цеолиты (минералы, близкие к полевым шпатам), различные глинистые породы (каолинит, тальк, гидрослюда и др.). Следует отметить, что чаще других применяют активированные угли. Это пористые твердые тела, пустоты которых соединены между собой так, что структура их напоминает структуру древесины. В настоящее время для сорбции из водных растворов используют гранулированные и порошкообразные угли, а также углеродные волокна. Промышленность выпускает более 30 марок активированных углей, удельная площадь поверхности которых колеблется в пределах 450...1800 м²/г.

Сорбционный метод очистки позволяет удалить загрязнения чрезвычайно широкой природы практически до любой остаточной концентрации. Так, этим способом удается извлечь из растворов более 99% фенолов, 99% бензола, 95% пестицидов, 99,5% хлороформа, 98% свинца, 99% меди, 99% кадмия, 95% веществ, придающих воде цветность, 90% органического углерода.

Адсорбцию применяют для глубокой очистки **сточных вод** от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если эти вещества биологически не разлагаются или являются сильно токсичными при небольшой их концентрации. Адсорбционная очистка может быть регенеративной, т.е. с извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией, и деструктивной, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом. Эффективность адсорбционной очистки достигает 0,8–0,95. В качестве адсорбентов используют активированные угли, синтетические вещества и некоторые отходы производства (золу, шлаки и т.д.).

Процесс адсорбционной очистки сточной воды ведут при интенсивном перемешивании адсорбента с водой или фильтрованием воды через слой адсорбента.

Таким образом, сорбция является практически универсальным методом очистки воды.

Водоочиститель сорбционного типа «Аквафор»

Устройство и принцип работы

Водоочиститель состоит из фильтрующего модуля и переходной втулки для подключения его к крану. Переходная втулка оснащена аэратором или рассекателем, задерживающим крупные частицы и обеспечивающим наиболее комфортную и мягкую струю воды.

Содержащиеся в воде растворенные примеси поглощаются фильтрующим материалом – сорбентом, находящимся внутри водоочистителя. Загрязненная вода под действием давления проходит сначала фильтр **первой ступени 1**, производящий очистку от взвесей, примесей и тяжелых металлов, а затем очищается во **второй ступени 2** угольного фильтра. Этот фильтр 2 представляет собой сорбционную матрицу с уплотненным активированным углеродным волокном – производит глубокую очистку от хлора, органических веществ, тяжелых металлов, бактерий и солей жесткости. При проходе через фильтр **третьей ступени 3** вода окончательно очищается и вытекает через изливную трубку 4 (рисунок 2).

Водоочиститель является многоступенчатым устройством для очистки воды от всех основных загрязнителей, которые могут присутствовать в воде, в том числе: активного хлора, фенола, тяжелых металлов и пестицидов.

Принцип работы фильтра «Аквафор» основан на использовании свойств активированного углеродного волокна АКВАЛЕН, обеспечивающего глубокую очистку воды.

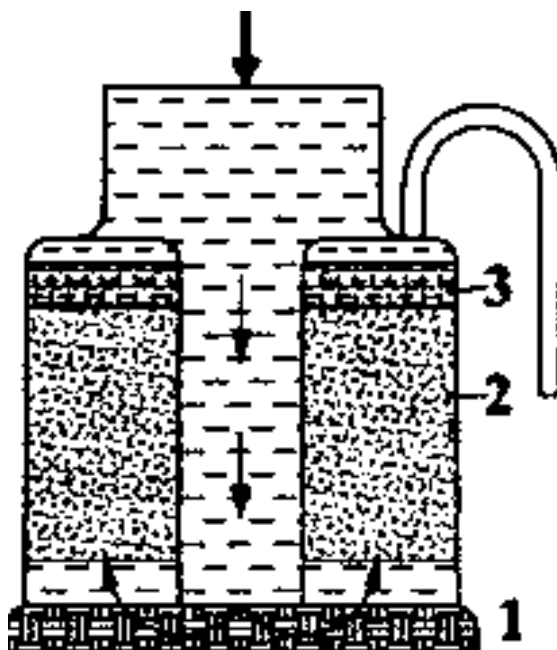


Рисунок 2 – Водоочиститель сорбционного типа «Аквафор»

Техническая характеристика:

– габаритные размеры:

диаметр корпуса, мм.....65

высота, мм120

– масса, кг0,2

– производительность, л/ч (л/мин)18 (0,3)

Водоочиститель обеспечивает высокую эффективность очистки при пропускании через него 400 л водопроводной воды. Наибольшая эффективность очистки достигается при скорости фильтрации 0,15–0,3 л/мин. Эффективность очистки показана в таблице 1.

Таблица 1 – Эффективность очистки водоочистителя типа «Аквафор»

Примесь	ПДК	Эффективность очистки, %
Фенол	100	99,5
Бензол	70	99
Пестициды (ГХЦГ)	0,2	95
Хлороформ	1,8	99,5
Свинец	7	98
Медь	2,9	99
Кадмий	80	99

Водоочиститель сорбционного типа «Родник»

Устройство и принцип работы

Фильтр (рисунок 3) состоит из корпуса 3 и крышки 2. В корпус вставлен фильтр-патрон 1 с сорбентом. На патрубок сменного патрона надевается шланг 5 с насадкой 4. К корпусу присоединена сливная трубка 6. Для герметичности в места соединения сменного патрона и корпуса имеется резиновая прокладка 7. Герметичность создается за счет поджатия гайки 8.

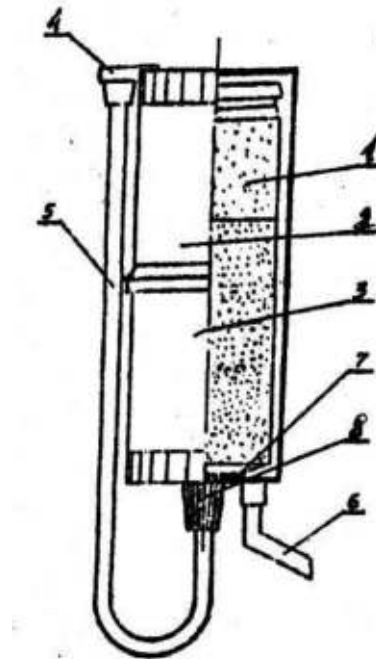


Рисунок 3 – Фильтр бытовой «Родник-3М»

Фильтр «Родник-3М» предназначен для доочистки питьевой воды централизованного водоснабжения от химических загрязнений и улучшения органолептических свойств. Улучшает показатели качества питьевой воды по запаху, мутности, содержанию железа и меди. Очищает воду от остаточного хлора, хлороформа, СПАВ, фенолов и нефтепродуктов. Очищает от яиц гельминтов.

Фильтр можно долго и эффективно использовать благодаря возможности производить замену выработавшего ресурс патрона.

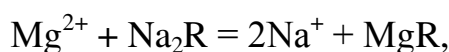
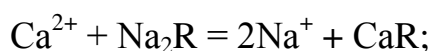
Принцип работы фильтра основан на применении высококачественного древесного угольного фильтра, часть которого насыщена серебром, благодаря чему фильтр обладает бактерицидными свойствами.

2 Ионообменный метод

В основе этого метода лежит обратимая химическая реакция, при которой происходит обмен ионами, находящимися на поверхности твердой фазы, и ионами в растворе, так называемый гетерогенный ионный обмен. Имеются

твердые вещества, которые содержат в своем составе подвижные ионы, способные обмениваться на ионы внешней среды. Они получили название ионитов. Особенно распространены ионообменные смолы, получаемые на основе синтетических полимеров. Иониты делятся на две группы. Одни из них обменивают свои катионы на катионы среды и называются катионитами, другие обменивают анионы и называются анионитами.

Примером гетерогенного ионного обмена может служить устранение жесткости и обессоливание водопроводной воды. Если пропускать воду через слой катионита алюмосиликата состава $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, то активные ионы натрия Na^+ в нем будут обмениваться на ионы кальция Ca^{2+} и магния Mg^{2+} , содержащиеся в воде и придающие ей жесткость. Схематически эти процессы можно выразить уравнениями:



где Na_2R – условное выражение состава катионита;

Na^+ – весьма подвижный катион;

R^{2-} – частица катионита, несущая отрицательный заряд.

Таким образом, ионы кальция и магния переходят из раствора в катионит, а ионы натрия – из катионита в раствор, жесткость воды при этом устраняется.

Этот метод позволяет обеспечить высокую эффективность очистки от многих примесей: активного хлора, хлор- и фосфорсодержащих пестицидов, фенолов, железа, тяжелых и радиоактивных металлов. Так, этим способом удается извлечь из растворов 99% свинца, 90% кадмия, 94% цезия-137, 90% алюминия, 95% железа, 98% хлора.

Ионообменная очистка **сточных вод** заключается в пропускании сточных вод через ионообменные смолы, которые подразделяются на катионитовые, имеющие подвижные и способные к обмену катионы (чаще всего водорода H^+), и анионитовые – имеющие подвижные и способные к обмену анионы (чаще всего гидроксильную группу OH). При прохождении сточной воды через смолы подвижные ионы смолы заменяются на ионы соответствующего знака токсичных примесей. Например, катион тяжелого металла заменяет катион водорода, а токсичный анион соли металла – анион OH^- , происходит сорбирование токсичных ионов смолой. Регенерация (восстановление сорбирующей способности при насыщении смолы токсичными ионами) осуществляется промывкой кислотой (катионитовая смола) или щелочью (анионитовая смола). При этом токсичные ионы замещаются соответствующими катионами или анионами (H^+ , OH^-), а токсичные примеси выделяются в концентрированном виде как щелочные или кислые стоки, которые взаимно нейтрализуются и подвергаются реагентной очистке или утилизации.

Ионный обмен позволяет извлекать и утилизировать из сточных вод ценные примеси (соединения мышьяка, фосфора, а также хром, цинк, свинец, медь, ртуть) и радиоактивные вещества. При этом сточная вода может быть очищена до предельно допустимых концентраций вредных веществ и использоваться в технологических процессах или системах оборотного водообеспечения.

Водоочиститель ионообменного типа «Гейзер»

Устройство и принцип работы

Фильтр (рисунок 3) состоит из корпуса 1, пористого фильтрующего элемента 2, выпускного заворачивающегося патрубка 3 и гайки 4, соединяющей корпус фильтра с краном.

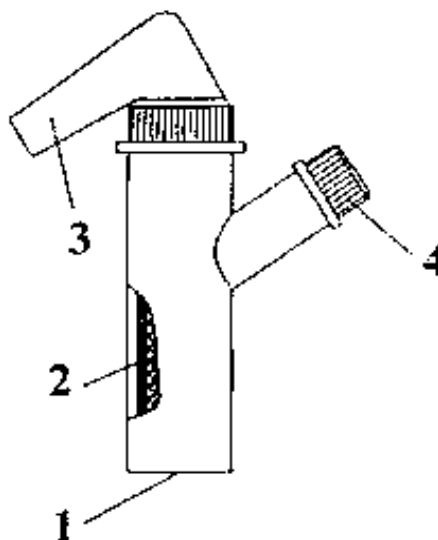


Рисунок 3 – Водоочиститель ионообменного типа «Гейзер»

Фильтр «Гейзер» предназначен для доочистки питьевой воды. Принцип работы фильтра основан на использовании уникального ионообменного материала. В процессе фильтрации вода проходит четыре стадии очистки:

- **предфильтр** задерживает частицы ржавчины, ила, песка, грязи, глины, что значительно повышает срок службы фильтроэлемента и эффективность его работы;
- **поверхность** фильтроэлемента задерживает взвесь, мельчайшие нерастворимые частицы, масла, другие нефтепродукты, а также микроорганизмы и вирусы (как правило, прикрепленные к частичкам грязи);
- за счет **химического связывания** из воды удаляют остаточный хлор, тяжелые и радиоактивные металлы. Развитая активная поверхность частично **сорбирует** органические соединения, хлор- и фосфоорганику, ядохимикаты, пестициды и другие примеси;

– небольшая добавка **серебра** подавляет жизнедеятельность отфильтрованных микроорганизмов; они не могут размножаться и погибают (микробиологическая очистка).

Техническая характеристика:

- габаритные размеры, мм 160 × 110 × 30
- масса, кг. 0,15
- скорость фильтрации воды, л/мин не более 0,5

Эффективность очистки приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Эффективность очистки водоочистителя типа «Гейзер»

Показатели и примеси	Эффективность очистки, %, при объеме водопроводной воды, л		
	150	1000	3000
Взвешенные частицы >5 мкм	100	100	100
Мутность	90	100	100
Цветность	87	100	100
Хлор	90	90	90
Свинец, кадмий, цезий-137 и др	95	95	95
Железо общее	85	95	97
Алюминий	70	80	80
Пестициды и канцерогены	95	95	95
Микроорганизмы	90	90	90
Кишечная палочка	99	99	99

3 Электрохимический метод

Очистка воды с помощью электричества осуществляется в трех камерах установки: анодной, каталитической и катодной, через которые последовательно проходит очищаемая вода. В качестве очистителей выступают окислители (хлор, кислород, озон и их производные), которые на доли секунды возбуждаются электричеством из химических соединений, присутствующих в исходной воде.

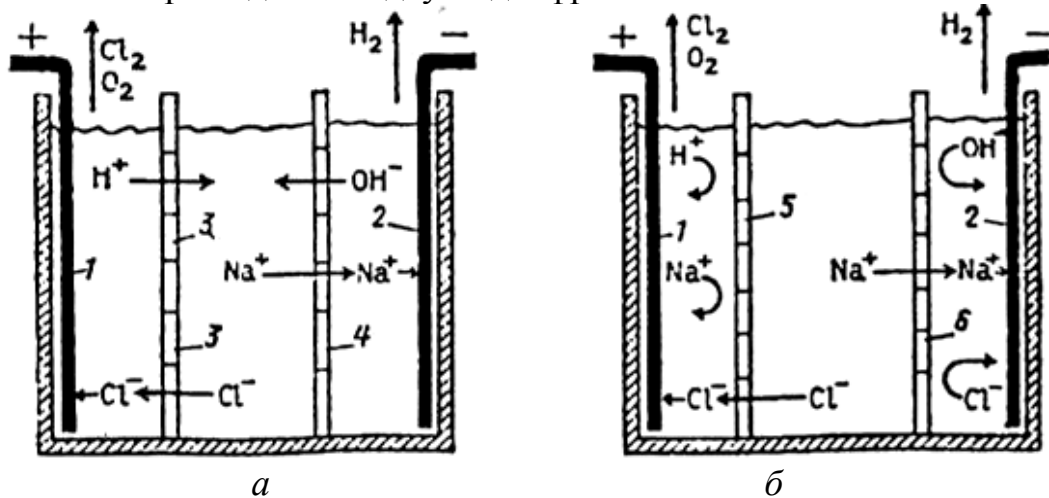
В анодной камере происходит уничтожение микроорганизмов всех видов и форм, микробных токсинов, фенолов и других органических соединений. Под воздействием окислителей они распадаются на простые нетоксичные вещества и, в частности, на воду и углекислый газ. Здесь же происходит окислительная деструкция содержащихся в водопроводной воде токсичных диоксинов.

В каталитической камере продолжается процесс дальнейшего окисления органических соединений и происходит разрушение вредных хлорных соединений. Из этой камеры выходит вода, насыщенная кислородом и практически лишенная растворенных соединений активного хлора.

В катодной камере под воздействием восстановителей происходит снижение токсичности воды, обусловленной наличием в ней ионов тяжелых металлов. Тяжелые металлы преобразуются в нерастворимые гидроксиды и незаряженные атомы.

Для очистки **сточных вод** от различных растворимых диспергированных примесей *электрохимическими методами* применяют процессы анодного окисления и катодного восстановления, а также электродиализ. Все эти процессы протекают на электродах при пропускании через сточную воду постоянного электрического тока. В процессе электрохимического окисления вещества (цианиды, амины, альдегиды, нитросоединения и т.д.), находящиеся в сточных водах, полностью разлагаются, образуя CO_2 , NH_3 и воду или более простые и нетоксичные вещества, которые можно удалять другими методами. При катодном восстановлении из сточных вод удаляются ионы тяжелых металлов, которые осаждаются на катоде и могут быть рекуперированы.

Для удаления солей из сточных вод широко используют *метод электродиализа* (рисунок 4), который осуществляют в электролитической ванне, разделенной на три отделения двумя диафрагмами.



- 1 – анод; 2 – катод; 3 – анодная диафрагма; 4 – катодная диафрагма;
5 – анионопроницаемая диафрагма; 6 – катионопроницаемая диафрагма

Рисунок 4 – Схемы электрохимически неактивных (а) и электрохимически активных (б) диафрагм для очистки сточных вод методом электродиализа

В крайних отделениях размещают электроды. При этом можно получать кислоты и щелочи и вновь использовать их в производстве. Метод электродиализа перспективен для очистки сточных вод не только от растворенных солей, но и от ионов тяжелых металлов (Cr^{+6} , Si^{+2} и т.д.) и фтора. Так, технико-экономическая оценка показала, что извлечение 1 кг фтора электродиализом обходится примерно в 5 раз дешевле реагентного метода. Электро-

диализ дает хорошие результаты при очистке сточных вод и от радиоактивных загрязнителей, особенно от изотопов Sr, ^{137}Cs , ^{138}I . Недостаток метода состоит в необходимости предварительной очистки сточных вод от взвешенных частиц, которые засоряют диафрагмы.

Водоочиститель электрохимического типа «Изумруд»

Устройство и принцип работы

Основным узлом водоочистителя (рисунок 5) является диафрагменный электрохимический реактор. На наружной поверхности корпуса 1 водоочистителя расположены: индикаторная лампочка включения электропитания 2, выключатель 3, шланг для подачи воды 4, провод для подключения к электросети 5, выходной шланг для очищенной воды 6.

Установка «Изумруд» предназначена для очистки водопроводной воды от микроорганизмов, токсичных органических соединений, ионов тяжелых металлов, количественное содержание которых в питьевой воде не соответствует санитарным нормам.

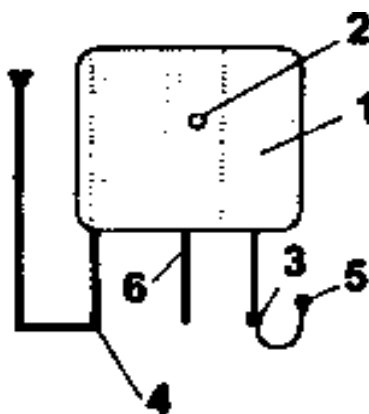


Рисунок 5– Водоочиститель электрохимического типа «Изумруд»

В процессе очистки в воде сохраняются необходимые организму человека ионы кальция, магния, лития, калия. Вода насыщается кислородом, изменяет свое энергетическое состояние, ускоряет выведение шлаков и способствует наиболее полному усваиванию питательных веществ.

Принцип работы основан на применении диафрагменных электрохимического и каталитического реакторов с вихревой реакционной камерой.

Техническая характеристика:

- производительность, л/ч 40...60
- питание от электрической сети..... 220 В, 50 Гц
- потребляемая мощность, Вт 60
- габариты, мм 230 × 300 × 50
- масса, кг 1,35

Порядок выполнения работы:

1. Изучите правила безопасности, теоретическую часть и ответьте на контрольные вопросы.
2. Проверьте состояние станда перед выполнением лабораторной работы: все краны на трубопроводах к фильтрам и общий кран должны быть закрыты.
3. Произведите отбор 150 мл неочищенной водопроводной воды в стакан.
4. Произведите измерение качества воды прилегающим к станду прибором.

Дальнейшее выполнение лабораторной работы возможно только с разрешения или при участии преподавателя.

5. Плавно приоткройте кран 12 общей трубы, соединенной с водопроводом.
6. Под выпускное отверстие фильтра 8 подставьте чистый пустой стакан.
7. Откройте кран 12, соединяющий фильтр 8 с общей трубой.
8. Наполните подставленный стакан 150 мл отфильтрованной воды.
9. Закройте кран 12.
10. Произведите измерение качества полученной воды прилегающим к станду прибором.
11. Занесите результаты в специальную таблицу.
12. Сравните качество полученной воды с качеством воды до фильтрации и определите эффективность очистки по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{M - n}{M} 100\%,$$

где M – концентрация примеси в неочищенной воде;
 n – концентрация примеси в очищенной воде.

13. Проведите операции 6–2 на всех фильтрах и кранах, соединяющих фильтры 9, 10, 11 с общей трубой 7.
14. Приведите станд в состояние, соответствующее п. 2. Отключите установку «Изумруд» от сети переменного тока. Все пробы воды слейте из стаканов в раковины.
15. Сделайте выводы и составьте отчет в табличной форме.
16. Представьте результаты выполненной лабораторной работы преподавателю.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы.
2. Краткое описание лабораторного станда.

3. Общие сведения о методах очистки воды, краткое описание основных физико-химических методов.

4. Таблица результатов исследований.

Таблица 3 – Исследование физико-химических методов очистки воды

№ п/п	Метод очистки	Показания измерений качества воды после очистки	Первоначальное качество воды	Эффективность метода очистки

Выводы:

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Для каких параметров питьевой и сточной воды установлены нормативные значения?
2. Назовите существующие методы очистки сточной воды.
3. Какие физико-химические методы очистки воды (питьевой и сточной) вы знаете?
4. В чем заключается принцип сорбционной очистки воды?
5. Какие фильтроматериалы обычно применяют в сорбционной очистке?
6. Каков принцип метода ионообменной очистки воды?
7. Что такое иониты?
8. Какие фильтроматериалы применяют в ионообменном методе очистки воды?
9. В чем заключается принцип электрохимического метода очистки воды?

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ СТОЧНОЙ ВОДЫ И ПОЧВ

Цель работы:

- 1) определить и объективно оценить кислотность исследуемых растворов сточной воды (водопроводной воды, осадков);
- 2) определить и оценить кислотность пробы почвы.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАБОТЫ

1. К выполнению лабораторной работы допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте.
2. Перед началом работы внимательно ознакомьтесь с заданием. Убедитесь в исправности оборудования, наличии необходимой посуды, реактивов.
3. Соблюдайте чистоту на рабочих столах, не загромождайте их ненужными в данный момент приборами и посудой.
4. При взбалтывании растворов в колбах или пробирках необходимо закрывать их пробками, запрещается закрывать отверстие пальцем.
5. Не пользуйтесь надбитой или надтреснутой стеклянной посудой.
6. По окончании работы уберите рабочее место, поставьте по местам хранения химические реактивы.

ОБОРУДОВАНИЕ И МАТЕРИАЛЫ

- рН-метр-милливольтметр;
- стеклянный электрод (комбинированный или простой Н-электрод);
- вспомогательный электрод сравнения (каломельный или хлорсеребряный, хлоридсеребряный);
- стандартные буферные растворы из реактивов квалификации «для рН-метрии» с известными значениями рН;
- цилиндр с плоским дном емкостью 50 мл;
- фильтровальная бумага;
- дистиллированная вода;
- исследуемый раствор.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вода – объект окружающего мира, с которым человек постоянно сталкивается и контактирует в повседневной жизни. Непрерывно возрастающая насыщенность питьевой воды химическими примесями неизбежно воздействует на каждого человека. Серьезную роль в загрязнении водных объектов

играет сброс отработанных промышленных вод. Они загрязняют более 1/3 всего речного стока.

Одним из показателей, характеризующих качественный химический состав воды, является кислотность (щелочность). При избыточном поступлении кислоты из кислотных дождей или промышленных стоков в водоемы наблюдается закисление в них воды. Многие животные и растения не могут выжить в условиях повышенной кислотности (улитки, моллюски, ракообразные, фито- и зоопланктон, рыбы, микроорганизмы).

Плодородие почвы, то есть способность обеспечивать органическое и минеральное питание растений, зависит от ее физических и химических свойств. Кислотность, как одно из важнейших химических свойств почвы, оказывает решающее влияние на активность микроорганизмов и усвоение растениями азота. Кислотность почв в среднем близка к нейтральному значению. Флора таких почв особенно богата видами.

Возрастание кислотности почв вызвано недостаточно обоснованным или неправильным применением минеральных удобрений без предшествующего известкования, а в некоторых случаях – выпадением кислотных осадков. Также опасно увеличение щелочности – при избыточном орошении, повышении уровня грунтовых вод (повышению щелочности обычно сопутствует развитие солонцеватости).

Поскольку нормальная жизнедеятельность растений и живых организмов водоемов и поверхностного слоя почв возможна только в условиях нейтральной реакции среды (возможны лишь небольшие отклонения в сторону кислой либо щелочной реакций), при проведении анализа сточных и природных вод, а также почв одним из важнейших определяемых параметров является кислотность.

Кислотность сточных (природных) вод и почв обусловлена присутствием в растворе ионов водорода H^+ . Другими словами, любая концентрация ионов водорода $[H^+]$ в исследуемом растворе соответствует той или иной степени кислотности.

В любом растворе наряду с ионами водорода присутствуют ионы гидроксильной группы OH^- . Концентрации ионов H^+ и OH^- могут быть вычислены по величине электропроводности чистой воды, благодаря ее, хотя и небольшой, способности к диссоциации:



Эта величина равна 10^{-7} г-ион/л.

Растворы, в которых концентрации водородных и гидроксильных ионов одинаковы и каждая из них равна 10^{-7} г-ион/л, называются нейтральными. В кислых растворах больше концентрация ионов H^+ , в щелочных – OH^- . Но произведение концентраций – величина постоянная ($10^{-7} \cdot 10^{-7} = 10^{-14}$). Изменяя концентрацию ионов водорода в растворе, мы тем самым одновременно изменяем и концентрацию гидроксильных ионов. Например, если к чистой воде добавить столько кислоты, чтобы концентрация ионов водоро-

да повысилась до 10^{-2} , то концентрация OH^- -ионов должна быть таковой, чтобы произведение осталось равным 10^{-14} . То есть в этом растворе концентрация OH^- будет: $[\text{OH}^-] = 10^{-14}/10^{-2} = 10^{-12}$.

Таким образом, как степень кислотности, так и степень щелочности раствора можно охарактеризовать концентрацией водородных ионов:

- нейтральный раствор $\text{H}^+ = 10^{-7}$
- кислый раствор $\text{H}^+ > 10^{-7}$
- щелочной раствор $\text{H}^+ < 10^{-7}$

Обычно кислотность раствора выражают более простым и удобным способом, используя вместо подлинной концентрации водородных ионов ее логарифм, взятый с обратным знаком. Эта величина называется **водородным показателем** и обозначается рН:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}^+]$$

Например: $[\text{H}^+] = 10^{-5} \rightarrow \text{pH} = 5$
 $[\text{H}^+] = 10^{-13} \rightarrow \text{pH} = 13$

Следовательно, водородный показатель характеризует степень диссоциации воды на ионы H^+ и OH^- , соотношение между которыми определяет кислотность, щелочность или нейтральность воды (слабого электролита). Весь диапазон кислотности–щелочности охватывается значениями рН от 0 до 14 (рисунок 1). Данный показатель является индикатором загрязнения открытых водоемов при выпуске в них кислых или щелочных сточных вод.

В результате происходящих в воде химических и биологических процессов и потерь углекислоты, рН воды может быстро изменяться, и этот показатель следует определять сразу же после отбора пробы, желательно на месте отбора.

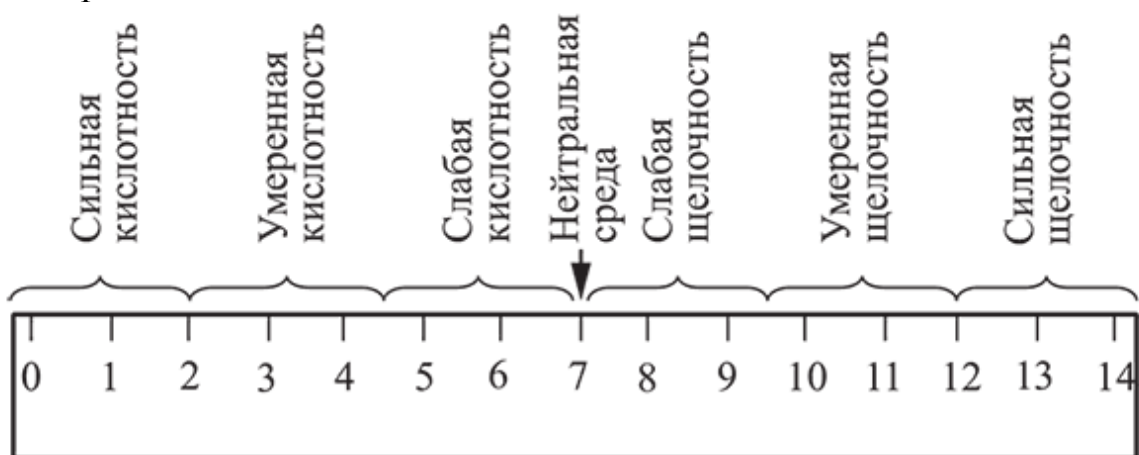


Рисунок 1 – Диаграмма кислотности (рН) растворов

Гигиенические требования к качеству питьевой воды определяются ГОСТ Р 51232-98 «Вода питьевая», по которым водородный показатель рН

не должен превышать нормативов 6,0–9,0 (для ориентации: рН лимонного сока – 2–3, уксуса столового – 2,4–3,3, кислого виноградного вина – до 3,5; очень кислых атмосферных осадков – 2–2,1, нормальных – 5,6). Уровень рН пресноводных подземных и поверхностных источников водоснабжения не должен выходить за пределы 6,5–8,5.

В настоящее время, по усредненной оценке специалистов, реки состоят на 40% из сточных вод. Это влечет за собой необходимость постоянного контроля качества сбрасываемых промышленных и бытовых вод, а также предварительной очистки и нейтрализации их перед сбросом в городскую канализацию или водоем.

По определению сточной называется вода, использованная на бытовые или производственные нужды и получившая при этом дополнительные примеси, изменившие ее первоначальный химический состав или физические свойства, а также вода, стекающая с территорий населенных мест, промышленных предприятий и сельскохозяйственных угодий, в результате выпадения атмосферных осадков.

Состав сточных вод сильно колеблется и зависит от специфики производства. Промышленные сточные воды могут быть загрязнены различными примесями:

- механическими (производство строительных материалов, рудообогатительные комбинаты, угледобывающая промышленность и т.д.);
- минеральными (металлургическая и машиностроительная промышленность, производство минеральных удобрений и т.д.);
- органическими (пищевая, бумажная, нефтехимическая промышленность и т.д.)

По степени агрессивности сточные воды подразделяются на:

- сильноагрессивные ($6 < \text{pH} < 9$);
- слабоагрессивные ($\text{pH} = 6\text{--}6,5$; $\text{pH} = 8\text{--}9$);
- неагрессивные ($\text{pH} = 6,5\text{--}8$).

Контроль активной реакции среды (рН) сточных вод необходим не только на выходе из очистных сооружений, но и на входе в них, поскольку для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих биохимическую очистку воды, требуется реакция среды, близкая к нейтральной ($\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$). При резком отклонении рН от этих значений процесс биохимической очистки может нарушиться и даже полностью прекратиться.

Почва представляет собой полидисперсную систему, состоящую из частиц разных размеров: от крупных – гравий, песок; до мельчайших – илистые и коллоидные частицы. Благодаря содержанию тонкодисперсных частиц и пористости почва обладает способностью задерживать те или иные вещества, приходящие с ней в соприкосновение. Поглонительная способность почв в значительной мере объясняет природу почвенной кислотности или щелочности.

Реакция почвенного раствора колеблется в довольно широких пределах. Кислую реакцию ($\text{pH} = 4\text{--}6$) имеют болотные и подзолистые почвы, щелочную ($\text{pH} = 9$) – солончаки; нейтральной реакцией с небольшими откло-

нениями в кислую и щелочную сторону обладают черноземы. Кислая и щелочная среды губительны для растений и микроорганизмов; нейтральная, слабокислая и слабощелочная благоприятны.

Оптимальный диапазон рН для растений – примерно от 5,0 до 7,5. Если кислотность увеличивается, прибегают к известкованию почв; при рН более 7,5–8,0 используют химические средства для снижения рН. Возможно прямое кислование серной кислотой, чаще используемое на содовых солонцах-солончаках, внесение гипса, сульфатов железа. Величины рН следует контролировать 2–3 раза в год, поскольку нежелательные сдвиги могут проявляться только в один из сезонов.

В настоящее время в почву поступает огромное количество кислотных осадков из атмосферы (окисление оксидов углерода, азота, сероводорода, сернистого ангидрида с образованием кислот); эти поступления исчисляются миллионами тонн в год. В результате этого процесса наблюдается вторичное подкисление почв.

Для измерения кислотности существуют различные методы: титриметрический (применяются специальные реактивы-индикаторы), потенциометрический – точные методы определения рН; использование индикаторной бумаги для различных диапазонов рН – грубое определение.

Познакомимся подробнее с потенциометрическим методом измерения кислотности, основанным на том, что при изменении рН в жидкости на единицу, потенциал стеклянного электрода, опущенного в эту жидкость, изменяется на постоянную для данной температуры величину (например, на 52,1 мВ при температуре 298 °К, на 58,1 мВ при 293 °К и т.д.). Для определения рН этим методом используют рН-метры-милливольтметры или ионометры различных модификаций. Приборы компактны, удобны в эксплуатации. Достоинством этого метода, в отличие от аналитического титрования, является возможность определения рН окрашенных и мутных растворов.

Сущность метода заключается в определении концентрации ионов водорода непосредственно, используя измеряемую величину электродвижущей силы (ЭДС) гальванического элемента, образующегося при погружении индикаторного электрода и электрода сравнения в анализируемый раствор:

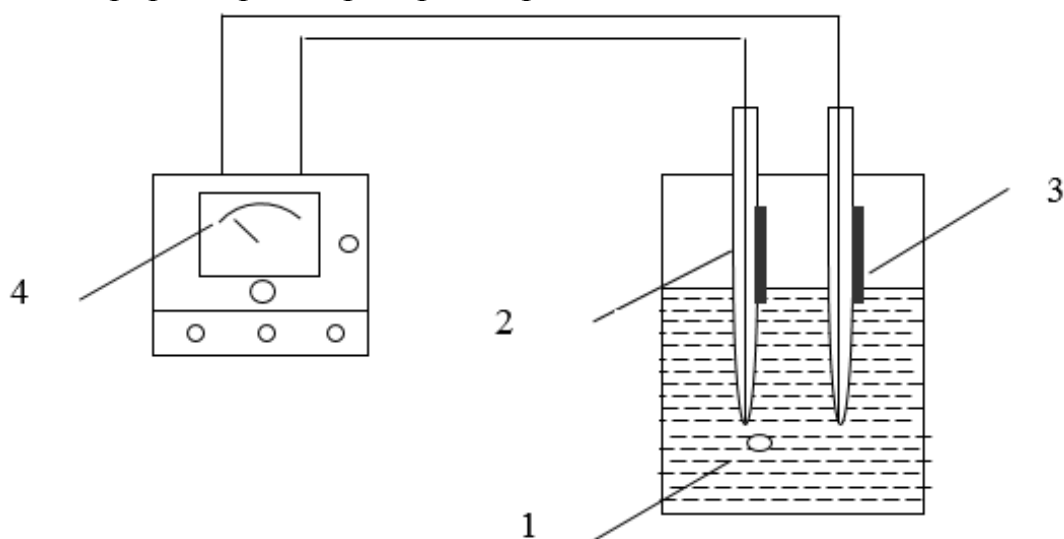
$$\text{ЭДС} = E_{\text{инд. э}} + E_{\text{э.ср.}},$$

где $E_{\text{инд. э}}$ – потенциал индикаторного электрода, В;
 $E_{\text{э.ср.}}$ – потенциал электрода сравнения, В.

При постоянном потенциале электрода сравнения ЭДС определяется изменением потенциала стеклянного индикаторного электрода, зависящим от рН раствора (рисунок 2).

Основная особенность поверхностного слоя индикаторного электрода – исключительно высокая селективность к ионам водорода (т.е. способность пропускать через поверхность только H^+ -ионы). Особенность электрода

сравнения заключается в том, что его потенциал остается неизменным независимо от природы раствора и растворителя.



1 – исследуемый раствор; 2 – стеклянный электрод;
3 – вспомогательный электрод; 4 – pH-метр

Рисунок 2 – Схема измерения pH растворов

Задание 1

Определить кислотность проб сточной воды, используя потенциометрический метод.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомьтесь с устройством и принципами работы pH-метра (приложение 2).

2. Перед проведением эксперимента необходимо провести калибровку pH-метра по стандартным буферным растворам. Для этого оба электрода погружают в один из них и контролируют показание по шкале прибора, которое должно точно соответствовать величине кислотности данного буферного раствора. Если соответствия нет – показания необходимо скорректировать с помощью соответствующей ручки прибора (приложение 2). Аналогичную операцию проводят и со вторым буферным раствором.

3. Перед каждым погружением электродов в новую порцию раствора их необходимо тщательно промывать дистиллированной водой ($\text{pH} = 6,0\text{--}6,5$), остаток воды с электродов обязательно удалять фильтровальной бумагой.

4. После калибровки прибора можно приступить к измерению pH исследуемых растворов. Электроды в исследуемом растворе выдерживать не менее 1 минуты для установления диффузного равновесия.

5. Записать показания прибора в таблицу результатов измерения pH.

6. По окончании работы электроды тщательно промыть и оставить погруженными в стакан с дистиллированной водой.

Задание 2

На основании экспериментальных значений кислотности определить тип почвы.

Порядок выполнения работы:

1. Настройку и экспериментальное определение кислотности проводим аналогично заданию 1.

2. Проба почвы готовится следующим образом: берем 1 весовую часть исследуемой почвы (почва должна быть тщательно измельченной – 10 г почвы пропускают через сито с отверстиями в 1 мм), помещаем ее в плоскодонную колбу (стакан), смешиваем с тремя частями дистиллированной воды (~30 мл) и хорошо взбалтываем до образования однородной смеси. Затем даем отстояться раствору и сливаем в стакан верхний его слой, который используем при определении кислотности.

СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Название и цель работы (задания).
2. Оборудование и реактивы.
3. Краткое изложение теоретической части; описание метода, используемого при определении кислотности.

4. Привести в табличной форме экспериментальные значения pH.

На основании полученных данных определить и занести в таблицу:

– степень агрессивности сточной воды (неагрессивна, слабоагрессивна, сильноагрессивна, кислая, щелочная и т.д.) и указать возможность (или невозможность) ее сброса в канализацию без предварительной нейтрализации. Если в работе использовалась водопроводная вода, дайте заключение о пригодности этой воды для питья;

– тип почвы (чернозем, солончак, подзолистая).

Таблица 1 – Результаты измерения pH

Исследуемый раствор	Показатель pH	Заключение по пробе
Сточная вода:		
– раствор 1		
– раствор 2		
– раствор 3		
Проба почвы		

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Раскройте понятие «кислотность сточных (природных) вод и почв».
2. Чем можно охарактеризовать степень кислотности (щелочности) раствора?
3. Какая величина называется водородным показателем рН, что он характеризует?
4. Чему равны значения рН для питьевой воды, каким нормативным документом они установлены?
5. Дайте определение сточной воды.
6. Как подразделяются сточные воды по степени агрессивности?
7. В результате чего происходит закисление водоемов, почв?
8. В чем сущность потенциметрического метода измерения кислотности?

ЛИТЕРАТУРА

1. Гарин, В.М. Экология для технических вузов / В.М. Гарин, И.А. Кленова, В.И. Колесников; под ред. В.М. Гарина. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. – 384 с.
2. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учебное пособие / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
3. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: Госстандарт России, 2003. – 15 с.
4. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учебное пособие / Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.
5. Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / М.В. Буторина, Л.Ф. Дроздова, Н.И. Иванов, и др.; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. – М.: Логос, 2004. – 520 с.
6. Техника и технология защиты воздушной среды: учебное пособие / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин и др. – М.: Высшая школа, 2005. – 391 с.
7. Хотунцев, Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: учебное пособие / Ю.Л. Хотунцев. – М.: Издательский центр «Академия», 2002. – 480 с.
8. Федорова, А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учебное пособие / А.И. Федорова, А.Н. Никольская. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. – 288 с.
9. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности. – М.: Изд-во стандартов, 1974. – 7 с.
10. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. – М.: Госстандарт России, 2003. – 15 с.
11. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учебное пособие / Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.
12. Инженерная экология и экологический менеджмент: учебник / М.В. Буторина, Л.Ф. Дроздова, Н.И. Иванов и др.; под ред. Н.И. Иванова, И.М. Фадына. – М.: Логос, 2004. – 520 с.
13. Инженерная защита поверхностных вод от промышленных стоков: учебное пособие / Д.А. Кривошеин, П.П. Кукин, В.Л. Лапин и др. – М.: Высшая школа, 2003. – 344 с.
14. Кузьмин, П.В. Исследование методов очистки воды (БЖ 8м): методические указания к лабораторной работе / П.В. Кузьмин, И.В. Переездчиков // Приложение к журналу «Безопасность жизнедеятельности». – 2005. – № 4. – С. 16–19.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РАБОТА С ПРИБОРОМ СОМ 100

Прибор СОМ 100 предназначен для измерения уровня общей минерализации (солесодержания), электропроводности (кондуктометр) и температуры воды.

Минерализация представляет собой суммарный количественный показатель содержания растворенных в воде веществ (**TDS** – *total dissolved solids*). Этот параметр также называют **содержанием растворимых твердых веществ** или **общим солесодержанием**, так как растворенные в воде вещества находятся именно в виде солей. К числу наиболее распространенных относятся неорганические соли (в основном бикарбонаты, хлориды и сульфаты кальция, магния, калия и натрия) и небольшое количество органических веществ, растворимых в воде.

Уровень солесодержания в воде обусловлен качеством воды в природных источниках (которые существенно варьируются в разных геологических регионах вследствие различной растворимости минералов). Кроме природных факторов, на общую минерализацию воды большое влияние оказывают промышленные сточные воды, городские ливневые стоки (особенно когда соль используется для борьбы с обледенением дорог) и т.п.

Электропроводность (ЕС). Общее солесодержание определяет осмотическое давление, но эту величину трудно измерить практически. Поэтому удобнее для определения общего содержания растворенных солей использовать свойство водных растворов проводить электрический ток. Чем больше в воде диссоциированных молекул, тем выше ее электропроводность. Как правило, чем выше жесткость воды, тем больше ее удельная электропроводность. Единицей измерения служат сименс (См) или микросименс (мкСм). Чаще всего ее выражают в виде удельной электропроводности (отнесенной к единице длины проводника) К в мкСм/см. В основном измерение электропроводности получило широкое распространение в литературе по аквариумистике.

Принцип действия СОМ 100 основан на прямой зависимости электропроводности раствора (силы тока в постоянном электрическом поле, создаваемом электродами прибора) от количества растворенных в воде веществ.

Показания прибора при измерении:

- минерализации (TDS) выражаются в ppm (*parts per million* – частиц на миллион) или в мг/л – 1 ppm = 1 мг/л;
- электропроводности (ЕС) выражаются в μS – микросименсах (мкСм);
- температуры – в градусах по Цельсию (С), либо в градусах по Фаренгейту (F).

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

- измерение уровня содержания солей в водопроводной воде, минеральной воде, скважинах, колодцах, аквариумах и бассейнах;

- измерение жесткости (dH, f, ммоль/литр, мг-экв/л) водопроводной воды в скважинах, колодцах, аквариумах и бассейнах;
- оценка жесткости воды для бытовой техники (стиральных, посудомоечных машин);
- измерение электропроводности воды;
- проверка эффективности работы бытовых очистительных систем, работающих по принципу обратного осмоса (RO);
- проверка эффективности работы бытовых фильтров (Барьер, Брита);
- измерение температуры в любой жидкости.

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

Для повышения точности измерений всегда используйте чистую емкость.

Измерение общей минерализации воды:

1. Снимите защитный колпачок.
2. Включите прибор, нажав клавишу **ON/OFF**.
3. Выберите режим измерений – для переключения между режимами нажмите и удерживайте кнопку.

HOLD/MODE. На дисплее прибора будет отображаться выбранный режим:

- EC с KCl
- EC с 442
- EC с NaCl
- TDS с KCl
- TDS с 442
- TDS с NaCl

KCl – международный стандарт для калибровки приборов, измеряющих электропроводность.

442 – стандарт, разработанный компанией Myron L Co, как стимулятор свойств природной воды с содержанием 40% бикарбоната соды, 40% сульфата соды, 20% хлоридов.

NaCl – доминирующие ионы в воде.

Для измерения общей минерализации водопроводной воды, воды из скважины, минеральной воды и т.д. рекомендуется использовать режим TDS с NaCl.

4. Опустите нижнюю часть прибора в емкость с водой.
5. Измерения осуществляйте в течение 30 секунд, после чего, не вынимая прибор из воды, нажмите кнопку **HOLD/MODE**.
6. Для оценки уровня минерализации считайте показания прибора и проведите оценку при помощи **прилагаемой шкалы** (см. ниже) для оценки измерений.
7. Стряхните оставшуюся воду, вытрите сухой тряпкой и закройте колпачок.

Рекомендуется проводить несколько этапов измерений. За окончательный результат берется среднее значение.

Измерение жесткости воды:

Единицы измерения жесткости воды в различных странах разные. Наиболее распространенная единица – Немецкий градус dH.

Для измерения жесткости воды показания прибора преобразуйте в соответствии со следующим правилом:

1 dH (Немецкий градус) = 17.8 ppm

1 f (Французский градус) = 10 ppm

1 мг-экв/л = 50.05 ppm

Шкала для оценки измерений



ПОРЯДОК РАБОТЫ НА РН-МЕТРЕ-МИЛЛИВОЛЬТМЕТРЕ

1. Подготовить прибор к работе.

1.1 Проверить механический нуль показывающего прибора, при необходимости с помощью отвертки установить стрелку прибора на начальную отметку.

1.2 Выбрать нужные электроды и подготовить их к работе – выдержать в течение суток в дистиллированной воде. При эксплуатации не следует забывать, что стеклянный электрод не должен высыхать – это может привести к изменению его характеристик. Электрод сравнения заполняется насыщенным раствором хлористого калия.

1.3 Собрать штатив и подключить электроды к прибору: стеклянный индикаторный – гнездо «изм», вспомогательный электрод сравнения – гнездо «всп», провод заземления – «зажим» (гнезда находятся на задней панели прибора).

1.4 Переключатель рода термокомпенсации перевести в положение «руч» (см. заднюю панель прибора).

1.5 Включить прибор в сеть 220 В, 50 Гц и прогреть в течение 30 мин.

2. Ручку термокомпенсатора установить на значении температуры контролируемого раствора (см. переднюю панель прибора).

3. Ручку переключателя рода работ на передней панели прибора установить в положение «рН».

4. Ручку переключателя диапазонов измерения на передней панели прибора установить в положение « $-1 \div 14$ ».

5. Отвести в сторону подвижной столик штатива, погрузить оба электрода в исследуемый раствор (~30 мл), вернуть столик в прежнее положение и выдержать необходимое время для установки равновесия системы.

6. Отсчет показаний рН при измерении: определив приблизительно величину рН на шкале « $-1 \div 14$ », выбираем более узкий диапазон (« $-1 \div 4$ », « $4 \div 9$ », « $9 \div 14$ »), переводим ручку переключателя в нужное положение и, выдержав электрод необходимое время в растворе, фиксируем значение рН с точностью до 0,01.

7. Отведя подвижной столик, убираем стакан с исследуемым раствором. Тщательно промываем электроды дистиллированной водой, снимаем ее остатки фильтровальной бумагой и погружаем их в стакан с новой порцией дистиллята.

Примечание. Буферные растворы приготавливаются из реактивов квалификации для «рН-метрии». Реактивы выпускаются в виде стандарт-титров, рассчитанных на приготовление 1000 мл растворов каждого наименования. Не следует производить проверку прибора по растворам, приготовленным из случайно имеющихся реактивов.

Учебное издание

Егорова Ирина Викторовна
кандидат технических наук, доцент

Петренко Надежда Владимировна
кандидат технических наук, доцент

ГЛОБАЛЬНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Лабораторный практикум

Редактор Н.П. Лучинкина
Верстка Г.С. Кудрявцева
Дизайн обложки С.П. Вдовикина

Подписано в печать 27.02.2020 г.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 3,0. Тираж 20 экз. Заказ № 25.

Отдел информационных технологий и издательской деятельности
Азово-Черноморского инженерного института
ФГБОУ ВО Донской ГАУ
347740, г. Зерноград Ростовской области, ул. Советская, 15.