

Данный файл представлен исключительно в ознакомительных целях.

Уважаемый читатель!

Если вы скопируете данный файл,
Вы должны незамедлительно удалить его сразу после ознакомления с содержанием.
Копируя и сохраняя его Вы принимаете на себя всю ответственность, согласно действующему международному законодательству .
Все авторские права на данный файл сохраняются за правообладателем.
Любое коммерческое и иное использование кроме предварительного ознакомления запрещено.

Публикация данного документа не преследует никакой коммерческой выгоды. Но такие документы способствуют быстрейшему профессиональному и духовному росту читателей и являются рекламой бумажных изданий таких документов.

Федеральное агентство по образованию

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Факультет инженерно-экологических систем

Кафедра водоснабжения

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Методические указания
к лабораторным работам по очистке природных вод
для студентов специальности 270112 – водоснабжение
и водоотведение – всех форм обучения

Санкт-Петербург
2009

Edited by Fo
Copyright (c)
For Evaluation

Рецензент А. В. Подпорин, канд. техн. наук, доцент каф. водоснабжения (СПбГАСУ)

Технология очистки природных вод: методические указания к лабораторным работам по очистке природных вод для студентов специальности 270112 – водоснабжение и водоотведение – всех форм обучения / В. Б. Гусаковский, Е. Э. Вуглинская, Н. И. Зуев; СПбГАСУ. – СПб., 2009. – 24 с.

В соответствии с программой «Водоснабжение» изложена цель каждой работы, приведено описание лабораторной установки, порядок проведения работы, методика обработки результатов исследований и их анализ.

Выполнение лабораторных работ позволит студентам глубже изучить и усвоить сущность технологических процессов подготовки воды и получить навыки, необходимые для проведения самостоятельных научных исследований.

Дано описание пяти лабораторных работ, проводимых для закрепления и углубления теоретических знаний по вопросам осветления и обесцвечивания природных вод.

Табл. 7. Ил. 4.

© Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет,
2009

Предисловие

Практика проектирования сооружений по подготовке воды в хозяйственно-питьевом и производственном водоснабжении показывает, что для обоснования выбора методов подготовки и определения основных расчетных параметров сооружений водоподготовки необходимы результаты технологических анализов, проведенных в лабораторных и полупроизводственных условиях на каждой конкретной воде. Данные технологических анализов нужны также для предварительного определения условий эксплуатации сооружений с последующим их уточнением в производственных условиях. К этому можно добавить, что внедрение новых технологий подготовки воды, новых реагентов также базируется на результатах технологических анализов воды. Отсюда вытекает вывод, что квалифицированный специалист в области подготовки воды должен владеть методикой проведения технологических анализов воды, обработки и оценки их результатов. Именно этому посвящен цикл лабораторных работ по технологии очистки природных вод, проводимых со студентами на базе лаборатории кафедры водоснабжения. Выполнение лабораторных работ позволит студентам глубже изучить и усвоить сущность технологических процессов подготовки воды и получить навыки, необходимые для проведения самостоятельных научных исследований.

Методические указания написаны на основе многолетнего опыта проведения лабораторных работ на кафедре водоснабжения СПбГАСУ (ЛИСИ).

В методических указаниях изложена цель каждой работы, приведены описание лабораторной установки, порядок проведения работы, методика обработки результатов исследований и их анализ.

Методические указания подготовлены таким образом, что они одновременно являются рабочими журналами, которые выдаются студентам кафедрой в электронном виде (либо под ксерокопирование) перед началом цикла лабораторных работ. В задачу студента входит изучение методических материалов по конкретной работе, которую он будет выполнять в очередной раз, а после выполнения работы – составление отчета (приложе

Edited by Fo
Copyright (c)
For Evaluation

Определение показателей качества воды

Цель работы – отработка методик и приобретение навыков для определения показателей качества воды на приборах, используемых в лаборатории кафедры водоснабжения.

При выполнении лабораторных работ по технологии очистки природных вод необходимо осуществлять многократный контроль ряда показателей качества воды, таких как цветность, мутность, рН, щелочность и жесткость. Для определения этих показателей используются различные методы анализа и соответствующие приборы. Умение быстро и качественно определять параметры указанных показателей воды необходимо студентам для того, чтобы успеть выполнить работы в отведенное учебное время и выявить закономерности технологического процесса.

Определение цветности и мутности воды

Для определения цветности и мутности воды использован фотоколориметрический метод анализа, основанный на поглощении света молекулами анализируемого вещества в видимой области спектра.

В практической фотоколориметрии пользуются понятием оптической плотности раствора, величина которой прямо пропорциональна молярному коэффициенту светопоглощения, концентрации поглощающего вещества и толщине слоя раствора. При постоянном значении толщины слоя графическое изображение зависимости оптической плотности от концентрации представляет прямую линию, которая проходит через начало координат при отсутствии поглощения света растворителем. На практике это позволяет, измерив оптическую плотность исходной воды, по градуировочным графикам определить мутность или цветность.

В лаборатории кафедры водоснабжения для определения цветности и мутности воды используются колориметры фотоэлектрические концентрационные (фотометры) КФК-2МП и КФК-3. Принцип действия фотометра основан на сравнении световых потоков, прошедших через контрольный и исследуемый растворы. Эти растворы помещают в кюветы из оптического кварцевого стекла с выбранной толщиной слоя. Толщина слоя указана на рабочей (боковой) поверхности кюветы над меткой. Для определения цветности и мутности воды применяются кюветы

с толщиной слоя $l = 50$ мм. В кювету для сравнения в качестве контрольного раствора наливается дистиллированная вода. Кювета с дистиллятом устанавливается в дальнейшее отделение кюветодержателя. При работе с кюветами следует соблюдать следующие правила:

- рабочие поверхности кювет должны перед каждым измерением тщательно промываться. При установке кювет в кюветодержатели нельзя касаться пальцами рабочих (торцевых) поверхностей кюветы. Наличие загрязнений или капель раствора на рабочих поверхностях кюветы приводит к получению неверных измерений;

- жидкость наливается в кюветы до метки на боковой стенке кюветы;
- не следует наклонять кювету с жидкостью при установке ее в кюветодержатель.

Фотометр КФК-2МП при выполнении лабораторных работ используется для измерения мутности на длине волны 315 нм.

Порядок проведения работы на фотометре КФК-2МП

В процессе проведения работы необходимо:

1) перед каждым измерением провести проверку «нулевого отсчета», для чего при открытой крышке кюветного отделения нажать клавишу Ш(0). На цифровом табло справа от мигающей запятой высвечивается значение $0,001 < n < 1,000$, а слева символ «0» – ноль.

На основании построения градуировочного графика для каждого прибора определен коэффициент b , который перед началом измерений необходимо ввести в память вычислительного блока, для чего нажать клавишу b , затем СБР. На цифровом табло слева от мигающей запятой высвечивается символ « b »;

- набрать с помощью клавиатуры значение коэффициента b , которое высвечивается справа от мигающей запятой;

- нажать клавишу УТВ – коэффициент вводится в память;

- нажать клавишу Ш(0);

2) в кюветное отделение установить кювету с исследуемой водой;

3) ручку перемещения кюветодержателя перевести влево ($\leftarrow$) до упора, тем самым в световой поток вводится кювета с дистиллятом;

4) закрыть крышку кюветного отделения ($\downarrow$), нажать клавишу К(1). На цифровом табло слева от мигающей запятой загорается символ «1»;

5) ручку перемещения кюветодержателя установить в крайнее правое положение ($\rightarrow$), тем самым в световой поток вводится кювета с исследуемой водой

6) нажать клавишу Д(5). На цифровом табло слева от мигающей запятой появляется символ «5». Отсчет справа от мигающей запятой соответствует оптической плотности исследуемой воды;

7) нажать клавишу С(4). На табло слева от мигающей запятой появляется символ «4». Отсчет справа от мигающей запятой соответствует значению измеряемого показателя мутности воды;

8) перевести ручку перемещения кюветодержателя в левое положение ($\leftarrow$), открыть крышку кюветного отделения ($\uparrow$), нажать клавишу Ш(0);

9) операции по пп. 2–8 провести три раза и окончательное значение измеряемой величины определить как среднее арифметическое полученных значений.

Примечание. При определении мутности в последующих лабораторных работах измерение производить только один раз. Это связано с быстрым осаждением взвеси даже в кювете, что приводит к ошибкам при длительном нахождении пробы в фотометре.

Для удобства символы последовательности операции вынесены на панель приборов в следующем виде:

б; СБР; УТВ; Ш(0); ($\leftarrow$); ($\downarrow$); К(1); ($\rightarrow$); Д(5); С(4); ($\leftarrow$); ($\uparrow$); Ш(0).

Фотометр КФК-3 при выполнении лабораторных работ используется для измерения цветности на длине волны 350 нм. Значение длины волны, нм, высвечивается на цифровом табло под символом «л».

Порядок проведения работы на фотометре КФК-3

Следует:

1) перед каждым измерением провести проверку «нулевого отчета» n_0 , для чего при открытой крышке кюветного отделения нажать клавишу Нуль. На цифровом табло, справа от мигающей запятой, высвечивается значение $0,005 < n_0 < 0,200$, слева – символ «0»;

2) для каждого прибора на основании построения градуировочного графика рассчитан коэффициент факторизации F. Перед началом работы необходимо ввести этот коэффициент в память вычислительного блока, для чего нажать клавишу F – на цифровом табло слева от мигающей запятой высветится символ «F»; набрать с помощью клавиатуры значение F, соответствующее данному прибору, которое высветится справа от мигающей запятой.

3) установить в дальнее гнездо кюветного отделения кювету с дистиллятом, а в ближнее – кювету с исследуемой водой;

4) ручку перемещения кюветодержателя перевести влево ($\leftarrow$) до упора, тем самым в световой поток вводится кювета с дистиллятом;

5) закрыть крышку кюветного отделения ($\downarrow$), нажать клавишу Г – на табло слева высветится символ «Г»;

6) нажать клавишу Е. Слева от мигающей запятой высветится символ «Е», а справа – начальный отсчет оптической плотности 0.000 ± 0.002 . Если отсчет установлен с большим отклонением – нажать клавиши Г и Е повторно, соблюдая паузу 3–5 секунд;

7) открыть крышку кюветного отделения ($\uparrow$) и нажать клавишу Нуль;

8) закрыть крышку ($\downarrow$), нажать клавишу Е;

9) ручку перемещения кюветодержателя перевести вправо ($\rightarrow$) до упора, при этом в световой пучок вводится кювета с исследуемой водой. Отсчет на цифровом табло справа от мигающей запятой соответствует оптической плотности исследуемой воды;

10) нажать клавишу С. На табло слева от мигающей запятой появится символ «С». Отсчет на цифровом табло справа от мигающей запятой соответствует значению измеренного показателя цветности исследуемой воды;

11) перевести ручку перемещения кюветодержателя влево ($\leftarrow$), открыть крышку кюветного отделения ($\uparrow$), нажать клавишу Нуль.

Повторить операцию по пп. 3–11 три раза и вычислить среднее арифметическое значение измеряемой величины.

Символы последовательности операций вынесены на панель прибора в следующем виде:

Нуль; F; ($\leftarrow$); ($\downarrow$); Г; Е; ($\uparrow$); Нуль; ($\downarrow$); Е; ($\rightarrow$); С; ($\leftarrow$); ($\uparrow$); Нуль.

Определение pH и щелочности на pH-метре «HANNA»

Одним из основных показателей качества воды является водородный показатель pH. Как известно, $pH = -\lg CH^+$, где CH^+ – концентрация водородных ионов.

Для измерения pH используют pH-метры, действие которых основано на прямой потенциометрии, т. е. измерении величины электродного потенциала, и на основе этого измерения концентрации водородных ионов в исследуемой воде. При измерении pH используется

ионоселективный стеклянный электрод в паре со вспомогательным хлор-серебряным электродом сравнения. Эти электроды, помещенные в исследуемую воду, образуют электрохимический элемент. рН-метр измеряет ЭДС этого элемента и преобразует его в соответствующую величину рН.

Схема установки представлена на рис. 1.

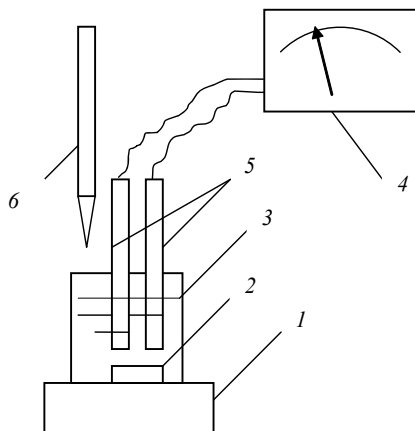


Рис. 1. Схема установки:

1 – магнитная мешалка; 2 – активатор; 3 – стаканчик;
4 – рН-метр; 5 – электроды; 6 – бюретка с HCl

Порядок проведения работы

При выполнении измерений следует:

- включить рН-метр на функцию °С, нажав соответствующую клавишу;
- вынуть электроды рН-метра из стаканчика с дистиллированной водой и вылить ее из стаканчика в «простоквашницу»;
- налить в стаканчик 100 мл исследуемой воды, поставить на магнитную мешалку и положить в него активатор;
- поместить электроды рН-метра в стаканчик с пробой и включить мешалку;
- включить функцию измерения рН, нажав на соответствующую клавишу;

- дождаться стабилизации показания рН (2-3 мин) и записать измеренное значение рН;
- выставить уровень HCl в бюретке на нулевое значение;
- поместить носик бюретки над стаканчиком с исследуемой водой и по капле вводить в стакан с пробой соляную кислоту до тех пор, пока рН-метр не покажет значение 4,5;
- по делениям на бюретке определить объем израсходованной кислоты V_{HCl} ;
- включить рН-метр на функцию °С;
- выключить мешалку;
- вылить воду из стаканчика в «простоквашницу»;
- пользуясь «промывалкой», тщательно вымыть дистиллированной водой электроды и стаканчик;
- заполнить стаканчик дистиллированной водой и поместить в него электроды.

Щелочность, мг-экв/л, определяется расчетом по формуле

$$\text{Щ} = (N_{\text{HCl}} \cdot 1000 \cdot V_{\text{HCl}}) / V_{\text{пробы}}$$

где N_{HCl} – нормальность раствора HCl, $N_{\text{HCl}} = 0,1 \text{ н}$; $V_{\text{пробы}}$ – объем пробы, $V_{\text{пробы}} = 100 \text{ мл}$; V_{HCl} – объем кислоты, пошедшей на титрование, мл.

При этих условиях $\text{Щ} = V_{\text{HCl}}$.

Примечание. Извлечение электродов из воды производить только после включения функции °С.

Определение жесткости

Для определения жесткости воды используется 0,1 н раствор трилона Б, аммиачный буферный раствор и эриохром черный в качестве индикатора.

Порядок проведения работы

При проведении работы следует:

- отобрать в колбу 100 мл исследуемой воды;
- ввести в колбу с исследуемой водой из бюретки 5 мл буферного раствора и добавить небольшое количество индикатора, в результате раствор окрасится в розовый цвет;
- из бюретки вводить в колбу с пробой трилон Б до тех пор, пока раство

ит цвет на синий;

• по делениям на бюретке определить объем израсходованного трилона Б.

Жесткость, мг-экв/л, определяется расчетом по формуле

$$Ж = (N_{\text{тр.Б}} \cdot 1000 \cdot V_{\text{тр.Б}}) / V_{\text{пробы}}$$

где $N_{\text{тр.Б}}$ – нормальность раствора трилона Б, $N_{\text{тр.Б}} = 0,1$ н; $V_{\text{пробы}}$ – объем пробы, $V_{\text{пробы}} = 100$ мл; $V_{\text{тр.Б}}$ – объем трилона Б, пошедший на титрование, мл.

При этих условиях $Ж = V_{\text{тр.Б}}$.

Отчет о выполненной работе

Каждая бригада должна провести определение показателей качества для двух проб воды. В первой пробе преобладающим показателем является цветность (окрашенная вода), во второй пробе – мутность (замутненная вода). В первой пробе необходимо определить цветность, pH, щелочность и жесткость. Во второй пробе – соответственно мутность, pH, щелочность и жесткость. Результаты опытов заносятся в табл. 1.

Таблица 1

Показатели \ Проба	Мутность воды, мг/л	Цветность воды, град	pH воды	Щелочность воды, мг-экв/л	Жесткость воды, мг-экв/л
Проба 1					
Проба 2					

Лабораторная работа 2

Определение осаждаемости взвешенных веществ в природной воде

Цель работы – построение графика осаждаемости взвеси в воде и определение по опытным данным расчетной скорости осаждения взвеси в отстойниках.

Осветление воды отстаиванием достигается за счет гравитационного осаждения частиц, имеющих плотность большую, чем плотность воды. Скорость осаждения частиц зависит от их размеров, формы и плотности, а также от коэффициента сопротивления воды движению частиц. Взвешенные частицы природных вод обычно состоят из частиц неодинаковых размеров, формы и плотности. Скорость осаждения такой полидисперсной взвеси характеризуется кривой ее осаждаемости, которая позволяет определить расчетную скорость осаждения взвеси для получения требуемого эффекта осветления. Кривая осаждаемости взвеси строится по результатам опытных данных, полученных в процессе технологического анализа для каждой исследуемой воды. Технологический анализ проводится в лабораторной работе на искусственно замутненной воде. В качестве замутнителя использован дробленый мрамор.

Опыты проводятся на установке, схема которой приведена на рис. 2.

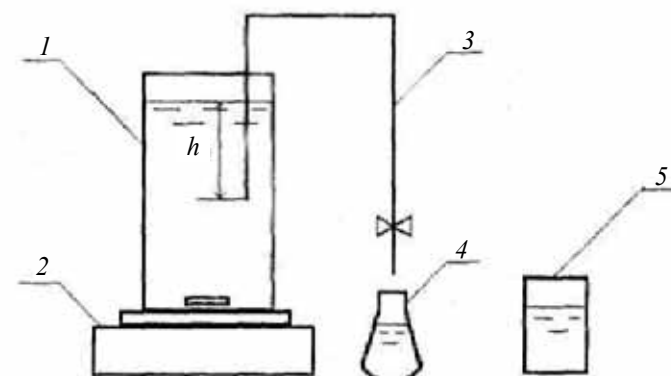


Рис. 2. Схема установки:

1 – цилиндр; 2 – магнитная мешалка; 3 – трубка с краном; 4 – колбочка; 5 – стаканчик

Работа выполняется в указанной далее последовательности:

- 1) включить магнитную мешалку и дождаться равномерного распределения взвеси в стакане (ориентировочно 2–3 мин);
- 2) начать отстаивание, для чего выключить мешалку и засечь время;
- 3) по истечении расчетного времени отстаивания (начать с максимального) отобрать сифоном первые 50 мл воды в стаканчик, а последние 50 мл в колбочку;
- 4) воду из стаканчика вернуть в цилиндр и включить мешалку;
- 5) по пробе в колбочке на фотометре определить мутность в пробе и воду из колбочки и кюветы вернуть в цилиндр. Следует отметить, что замутнитель воды имеет достаточно большую крупность и быстро оседает даже в кювете. Поэтому определение мутности должно производиться оперативно, особенно при малом времени отстаивания и в исходной воде;
- 6) затем операции по пп. 2–5 проделать для всех намеченных значений времени отстаивания. Последний опыт с нулевым временем отстаивания позволит определить мутность в исходной воде. Результаты опытов занести в таблицу;
- 7) произвести обработку результатов опытов, осуществив необходимые расчеты и заполнив все графы табл. 2;
- 8) по данным последних двух граф табл. 2 построить график $P = f(u)$.

Таблица 2

Время отстаивания t , с	Мутность исходной воды M_0 , мг/л	Мутность в пробах M_i , мг/л	Скорость осаждения $u = h / t$, мм/с	Количество выпавшей взвеси, %, $P = 100 \cdot (M_0 - M_i) / M_0$
1000			0,1	
500			0,2	
250			0,4	
166			0,6	
125			0,8	
100			1,0	
83			1,2	
72			1,4	
0				

Определение оптимальных доз реагентов для обесцвечивания воды

Цель работы – определение оптимальных доз реагентов для обесцвечивания исследуемой воды путем пробного коагулирования при коагуляции в свободном объеме.

Для удаления из воды агрегативноустойчивых тонкодисперсных примесей, и особенно коллоидных, обуславливающих цветность воды, применяется коагуляция этих примесей с использованием электролитов, называемых коагулянтами. Частицы большей части примесей воды имеют отрицательные заряды. Их коагуляция возможна при добавлении к воде электролитов, дающих трехвалентные катионы, например, Al^{3+} и Fe^{3+} . При введении в воду коагулянтов происходит их гидролиз с образованием гидроокисей и нейтрализация заряда частиц примесей воды, что создает предпосылки для их слипания и укрупнения. Однако при гидролизе коагулянтов происходит увеличение концентрации ионов H^+ , что может затормозить процесс коагуляции, если исходная вода не обладает достаточным щелочным резервом, т. е. наличием гидрокарбонатных ионов HCO_3^- . Поэтому часто приходится подщелачивать воду содой или известью.

Наибольшее влияние на процесс коагуляции оказывает доза коагулянта. Определение необходимой дозы коагулянта является важнейшей задачей для осуществления эффективного осветления и обесцвечивания воды. Ориентировочно доза коагулянта, мг/л, для цветных вод может быть определена из выражения $D_k = 4 \sqrt{C}$, где D_k – доза коагулянта; C – цветность исследуемой воды, град.

Наиболее точно доза коагулянта определяется для каждой конкретной воды экспериментально, путем пробного коагулирования этой воды различными дозами. По результатам такого эксперимента определяется оптимальная доза коагулянта (или коагулянта и подщелачивающего реагента). Под оптимальной дозой понимают наименьшую дозу реагентов, при которой достигается наилучший (требуемый) результат.

Технологически коагуляция подразделяется на контактную коагуляцию и коагуляцию в свободном объеме.

При контактной коагуляции после введения реагентов в обрабатываемую воду производится интенсивное смешение с водой (не более 2 мин)

и последующая подача в зону контактной массы. В качестве контактной массы используются зернистые фильтрующие загрузки в плотном слое, слой взвешенного осадка и др. Коагуляция примесей осуществляется на частицах контактной массы с одновременным извлечением их из воды. Такая технология коагулирования в технологических схемах водоочистных сооружений может осуществляться с использованием контактных осветлителей, контактных фильтров и осветлителей со взвешенным осадком.

При коагуляции в свободном объеме после введения реагентов в обрабатываемую воду производится их интенсивное смешение с водой (не более 2 мин) и последующее плавное перемешивание, создающее условия для образования крупных хлопьев (6–40 мин). Затем эти хлопья удаляются из воды в отстойниках или флотаторах. Для осуществления такой технологии коагулирования в технологических схемах водоочистных сооружений предусматриваются смесители, камеры хлопьеобразования (камеры флокуляции) и сооружения для удаления примесей из воды (отстойники или флотаторы и зернистые фильтры). Именно моделирование такой технологии коагуляции осуществляется в выполняемой лабораторной работе.

Опыты проводятся на установке, схема которой приведена на рис. 3.

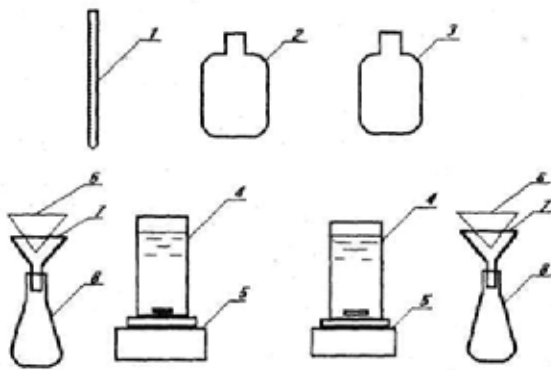


Рис. 3. Схема установки:

1 – бюретки с раствором реагентов (2 шт.); 2 – сосуд с раствором коагулянта $Al_2(SO_4)_3$; 3 – сосуд с раствором подщелачивающего реагента Na_2CO_3 ; 4 – большие стаканы с активатором; 5 – магнитные мешалки; 6 – бумажные фильтры «красная лента»; 7 – воронки; 8 – колбы

Порядок выполнения работы

Следует:

- 1) определить цветность, pH и щелочность исходной воды;
- 2) рассчитать дозу коагулянта $Al_2(SO_4)_3$, мг/л, по формуле $D_k = 4 \sqrt{Ц}$;
- 3) рассчитать дозу щелочного реагента (соды), мг/л, $D_{щ} = 53 (D_k / 57 - Щ_0 + 1)$;
- 4) определить соответствующие этим дозам объемы вводимых реагентов на 1,0 л обрабатываемой воды при концентрациях растворов $Al_2(SO_4)_3$ – 1%, Na_2CO_3 – 1% из выражений $V_k = 0,1 \cdot D_k$, $V_{щ} = 0,1 \cdot D_{щ}$. Расчетные параметры внести в табл. 3 и 4 в строку для $K = 1$;
- 5) отмерить в мерные цилиндры по 1,0 л исходной воды;
- 6) в каждый большой стакан ввести из бюретки рассчитанный объем коагулянта V_k и поставить их на магнитные мешалки;
- 7) вылить из мерного цилиндра с пометкой «К» отмеренный объем исходной воды в большой стакан с пометкой «К» и включить мешалку на максимум;
- 8) в мерный цилиндр с пометкой «Щ» ввести из бюретки рассчитанный объем щелочи $V_{щ}$, вылить содержимое в большой стакан с пометкой «Щ» и включить мешалку на максимум;
- 9) через 1,0 мин снизить интенсивность перемешивания (режим хлопьеобразования) и наблюдать за образованием хлопьев;
- 10) пока идет хлопьеобразование, рассчитать пробные дозы реагентов и их объемы из выражений $V_k = 0,1 K \cdot D_k$, $V_{щ} = 0,1 K \cdot D_{щ}$ для значений $K = 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4$. Полученные значения внести в таблицы;
- 11) после 10 мин медленного перемешивания выключить мешалку, отфильтровать обработанную воду через бумажный фильтр «красная полоса» в соответствующую колбу (с пометкой «К» или «Щ») и определить в фильтрате цветность, pH и щелочность;
- 12) результаты опыта занести в таблицы и произвести их анализ. Если Ц снизилась до требуемой величины (< 20 град), то следующий опыт нужно провести с дозами реагентов, соответствующими $K = 0,8$. Если $Ц > 20$ град, то следующий опыт нужно провести с дозами реагентов, соответствующими $K = 1,2$ и т. д. Всего необходимо провести не менее трех опытов;
- 13) операции 9, 11, 12 повторить для всех намеченных значений K, не забы

9, 11, 12 повторить для всех намеченных значений K, не забы
ажным опытом мыть использованную посуду.

Таблица 3

К	К·Д _к , мг / л	V _к , мл	Цветность воды, град		Щелочность воды, мг-экв/л		рН воды	
			исход- ной	обра- ботан- ной	исход- ной	обра- ботан- ной	исход- ной	обра- ботан- ной
0,4								
0,6								
0,8								
1,0								
1,2								
1,4								

Таблица 4

К	К·Д _к , мг/л	V _к , мл	К·Д _ш , мг/л	V _ш , мл	Цветность воды, град		Щелочность во- ды, мг-экв/л		рН воды	
					исход- ной	обра- ботан- ной	исход- ной	обра- ботан- ной	исход- ной	обра- ботан- ной
0,4										
0,6										
0,8										
1,0										
1,2										
1,4										

По результатам опытов следует построить графики $\Pi = f(D_k)$ и по графику определить оптимальные дозы реагентов.

Лабораторная работа 4

Электрохимическое коагулирование воды

Цель работы – выбор доз аноднорастворенного коагулянта (алюминия) для обесцвечивания воды.

Ионы алюминия, необходимые для коагулирования содержащихся в воде частиц коллоидных примесей, могут быть получены электрохимическим анодным растворением металлического алюминия. Анодное растворение металла происходит в соответствии с законами Фарадея. Количество растворенного алюминия M , г, на аноде можно определить по формуле

$$M_{Al} = qA / Fn,$$

где q – количество электричества, Кл; A – масса моля растворяемого металла, для алюминия $A = 27$ г; F – число Фарадея, $F = 96490$ Кл/г-экв; n – валентность металла, для алюминия $n = 3$.

Количество электричества может быть выражено через силу тока I , А, и время обработки t , с, по формуле $q = I \cdot t$.

В свою очередь $I = i S$, где i – плотность тока, А/м²; S – площадь электродов, м².

Величина i фактически характеризует напряженность электрического поля. При электрохимической обработке воды i принимают в интервале 10–100 А/м². При меньших значениях анодное растворение металла может не начаться из-за наличия на поверхности слоя оксидов, который необходимо разрушить. При больших значениях i идет процесс пассивации электродов, вновь образуется оксидная пленка. Для лабораторной установки $i = 20$ А/м², $S = 0,018$ м², следовательно, $I = 20 \cdot 0,018 = 0,36$ А.

Опыты проводятся на установке, схема которой дана на рис. 4.

Порядок выполнения работы

Рекомендуется:

- 1) определить цветность, рН и щелочность исходной воды;
- 2) рассчитать дозу анодно растворенного алюминия, мг/л,

$$D_{Al} = 0,3 \sqrt{\Pi};$$

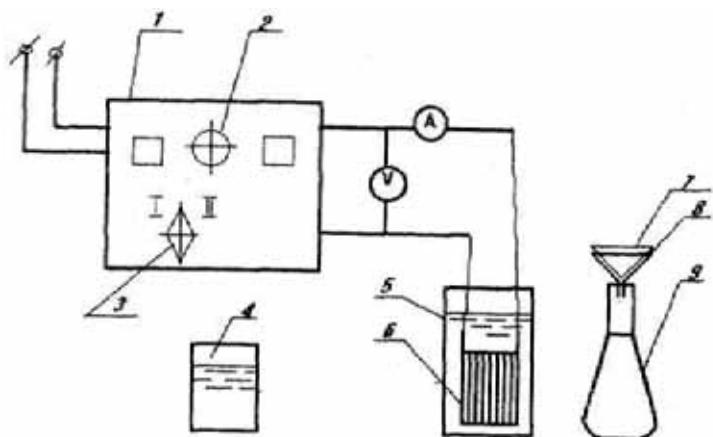


Рис. 4. Схема установки:

1 – выпрямитель; 2 – регулятор напряжения; 3 – переключатель режима; 4 – стакан с дистиллированной водой; 5 – цилиндр; 6 – пакет электродов; 7 – бумажный фильтр «красная лента»; 8 – воронка; 9 – колба

3) вычислить количество электричества, Кл, необходимого для растворения требуемого количества алюминия при обработке 1 л исследуемой воды

$$q = F \cdot D_{\text{Al}} \cdot 1 \cdot n / A = 10,7 D_{\text{Al}};$$

4) определить время обработки воды, с, $t = q / I = q / 0,36$;

5) налить в цилиндр 1 л исследуемой воды и опустить в него пакет электродов;

6) включить выпрямитель, выставить регулятором напряжения по амперметру силу тока, равную 0,36 А, засечь время секундомером и через расчетное время t выключить выпрямитель. Вынуть из цилиндра пакет электродов и поместить его в стакан с дистиллятом;

7) в течение 10 мин плавно перемешивать воду в цилиндре, затем профильтровать часть обработанной воды через бумажный фильтр (не менее 100 мл) и в фильтрате определить величину цветности, pH и щелочности, занеся полученные результаты в строку табл. 5, соответствующую $K = 1$;

8) пока идет хлопьеобразование, рассчитать пробные дозы алюминия $K \cdot D_{\text{Al}}$ для значений K , равных 0,4; 0,6; 0,8; 1,2; 1,4, и соответствующие им величины q и t . Полученные значения внести в таблицу;

9) произвести анализ результатов первого опыта. Если Ц снизилась до требуемой величины (< 20 град), то следующий опыт нужно провести с дозами реагентов, соответствующими $K = 0,8$. Если $Ц > 20$ град, то следующий опыт проводится с дозами реагентов, соответствующими $K = 1,2$ и т. д. Всего необходимо провести не менее трех опытов;

Таблица 5

K	K·D _{Al} , мг/л	q, Кл	t, с	Цветность воды, град		pH воды		Щелочность воды, мг-экв/л	
				исход- ной	обра- ботан- ной	исход- ной	обра- ботан- ной	исход- ной	обра- ботан- ной
0,4									
0,6									
0,8									
1,0									
1,2									
1,4									

10) операции по пп. 5–7 выполнить для всех значений K ;

11) по полученным результатам построить график $Ц = f(D_{\text{Al}})$ и произвести его анализ.

Ситовый анализ фильтрующего зернистого материала

Цель работы – определение основных показателей зернистого фильтрующего материала, характеризующих крупность зерен и их однородность, и заключение о возможности его использования в качестве фильтрующей загрузки водоочистных фильтров.

Для загрузки фильтров используется кварцевый песок, дробленые антрацит и керамзит, а также другие зернистые материалы. Все фильтрующие материалы должны обладать требуемой химической стойкостью и механической прочностью, иметь заданную крупность зерен и их однородность. Показатели зернистого фильтрующего материала, характеризующие крупность зерен и их однородность, определяются по результатам ситового анализа, который заключается в рассеивании высушенного образца средней пробы на калиброванных ситах с определением массы зернистого материала, оставшегося на каждом сите. По полученным данным строится график ситового анализа, по которому определяется коэффициент неоднородности K и эквивалентный диаметр d_3 из выражений

$$K = d_{80} / d_{10}; \quad (1)$$

$$d_3 = 100 / \sum (P_i / d_i), \quad (2)$$

где d_{80} – диаметр зерен загрузки, прошедших через отверстия сит в количестве 80 % от общей массы, мм; d_{10} – диаметр зерен загрузки, прошедших через отверстия сит в количестве 10 % от общей массы, мм; P_i – процентное содержание зерен зернистого материала со средним диаметром d_i , который определяется как полусумма калибров смежных сит.

Оборудование и приборы – машина для рассеивания зернистого материала; комплект лабораторных сит калибром 0,4; 0,63; 1,0; 1,25; 1,65; 2,0; 2,5 мм; технические весы.

Порядок выполнения работы

Необходимо:

1) высушенную навеску средней пробы исследуемого песка массой 100 г высыпать на верхнее сито калибром 2,5 мм собранного комплекта лабораторных сит; закрыть, закрепить на машине и, включив машину, произвести рассев в течение 10 мин непрерывного встряхивания;

2) выключить машину, разобрать сита и определить массу оставшихся на сите зерен песка с точностью до 0,1 г. Застраившие в ячейках сита песчинки, не прошедшие через него при встряхивании, вытолкнуть из перевернутого сита иглой на лист белой бумаги и присоединить к зерну, оставшемуся на этом сите. Результаты взвешивания записать в табл. 6.

Таблица 6

Калибр сита, мм	Остаток на сите		Количество песка, прошедшего через сито	
	г	%	г	%
2,5				
2,00				
1,65				
1,25				
1,00				
0,63				
0,40				
Отсев				
Итого				

Обработка опытных данных

Следует:

1) по данным табл. 1 строить график ситового анализа в координатах: калибр сита – по оси абсцисс; количество зернистого материала, %, прошедшего через сито соответствующего калибра, – по оси ординат;

2) по графику определить d_{80} , d_{10} и по формуле (1) рассчитать K ;

3) по данным табл. 6 составить табл. 7 и по формуле (2) рассчитать величину d_3 ;

Таблица 7

Средний диаметр зерен на сите, мм	Калибр сита, мм	Количество материала, оставшегося на сите, %
2,50	2,50	
(2,50 + 2,00)/2 = 2,25	2,00	
(2,00 + 1,65)/2 = 1,82	1,65	
(1,65 + 1,25)/2 = 1,45	1,25	
(1,25 + 1,00)/2 = 1,12	1,00	
(1,00 + 0,63)/2 = 0,81	0,63	
(0,63 + 0,40)/2 = 0,515	0,40	
(0,40 + 0,00)/2 = 0,20	Отсев	

4) на графике ситового анализа определить, %, количество песка, пригодного для загрузки фильтра, с заданными минимальным $d_{\text{мин}}$ и максимальным $d_{\text{макс}}$ размерами зерен, например, в соответствии с рекомендациями табл. 21 СНиП 2.04.02–84.

Приложение

Федеральное агентство по образованию

Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет

Кафедра водоснабжения

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Отчет по лабораторным работам

Выполнил студ. гр.

Проверил

Санкт-Петербург
2009

Оглавление

Предисловие	3
Лабораторная работа 1. Определение показателей качества воды	4
Лабораторная работа 2. Определение осаждаемости взвешенных веществ в природной воде.....	11
Лабораторная работа 3. Определение оптимальных доз реагентов для обесцвечивания воды	13
Лабораторная работа 4. Электрохимическое коагулирование воды	17
Лабораторная работа 5. Ситовый анализ фильтрующего зернистого материала	20
Приложение.....	23

ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Методические указания
к лабораторным работам по очистке природных вод
для студентов специальности 270112 – водоснабжение
и водоотведение – всех форм обучения

Составители: **Гусаковский** Владимир Борисович
Вуглинская Евгения Эдуардовна
Зуев Николай Иванович

Редактор А. В. Афанасьева
Корректор К. И. Бойкова
Компьютерная верстка И. А. Яблоковой

Подписано к печати 08.12.09. Формат 60×84 1/16. Бум. офсетная.
Усл. печ. л. 1,4. Уч.-изд. л. 1,5. Тираж 300 экз. Заказ 147. «С» 70.
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4.
Отпечатано на ризографе. 190005, Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 5.