



**Некоммерческое  
акционерное  
общество**

**АЛМАТИНСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ЭНЕРГЕТИКИ И  
СВЯЗИ**

Кафедра охраны труда  
и окружающей среды

## **ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ И ПОЧВ**

Методические указания по выполнению лабораторных работ  
для магистрантов специальности 6М073100 –Безопасность жизнедеятельность  
и защита окружающей среды

Алматы 2014 г

СОСТАВИТЕЛЬ: канд. техн. наук, доцент Ф.Р. Жандаулетова, ст.преп. Бекмуратова Н. С. Охрана и рациональное использование водных и ресурсов и почв. Методические указания по выполнению лабораторных работ для магистрантов специальности 6М073100) – Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. - Алматы: АУЭС, 2014 - 32 с.

В содержание методических указаний вошли лабораторные работы, предусмотренные учебной программой по курсу «Охрана и рациональное использование водных и ресурсов и почв» для магистрантов специальности 6М073100 – Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды.

Рис. 7, табл. 13, библиогр. - 6 назв.

Рецензент: доцент Башкиров М.В.

Печатается по плану издания некоммерческого акционерного общества «Алматинский университет энергетики и связи» на 2014 г.

© НАО «Алматинский университет энергетики и связи», 2014 г.

## Содержание

	Введение	4
1	Лабораторная работа № 1. Определение дозы коагулянта для очистки вод от коллоидных частиц	5
2	Лабораторная работа № 2. Определение адсорбционной емкости активированных углей при очистке сточных вод фенолов	8
3	Лабораторная работа № 3. Определение количества "активного хлора" в зависимости от мощности электролизера	10
4	Лабораторная работа № 4. Обесцвечивание воды методом озонирования	13
5	Лабораторная работа № 5. Выбор типа растворителя при жидкостной экстракции фенола из воды	17
6	Лабораторная работа № 6. Очистка сточных вод от ПАВ методом флотации	20
7	Лабораторная работа № 7. Определение основных технологических характеристик аэротенка	22
8	Лабораторная работа № 8. Определение эффекта работы биологического фильтра	27
	Список литературы	31

## Введение

Большой вред водоемам причиняют промышленные стоки, содержащие токсические вещества, действующие пагубно на водные экосистемы. Наибольшее количество загрязнений при отсутствии требуемой степени очистки поступает, из энергетической нефтеперерабатывающей, химической, целлюлозно-бумажной, металлургической, текстильной и других отраслей промышленности. Объем и состав промышленных стоков зависит от производственной мощности каждого предприятия и принятой на нем технологии.

Загрязняющие вещества могут быть разделены на минеральные, органические и бактериальные.

Минеральные загрязнения: песок, глина, растворы и эмульсии солей, кислот, щелочей, минеральных масел и другие вещества.

Органические загрязнения могут быть растительного и животного происхождения. Различают легкоокисляемые соединения, например, хозяйственно-бытовые, пищевые и другие сточные воды и тяжелоокисляемые растворы, как правило, продукты химической промышленности.

Бактериальные загрязнения: различные микроорганизмы в виде дрожжевых и плесневых грибков и бактерий, в том числе болезнетворных. Последние имеют исключительно животное происхождение.

Из всех видов загрязнений наиболее распространены нефтепродукты и фенольные соединения, которые оказывают отрицательное воздействие на воду и живые водные организмы, даже в малых концентрациях.

Загрязнение водоемов поверхностно-активными моющими веществами (СПАВ) приводит к образованию стойкой пены и существенному ухудшению санитарных показателей. Наибольшую опасность для природных вод и живых организмов представляют радиоактивные отходы. Поэтому их сброс в водоемы недопустим.

Все вредные вещества влияют на органолептические, общесанитарные, токсические и рыбохозяйственные качества воды, изменяя ее физические свойства (прозрачность, окраска, запах и пр.) и химический состав. При этом появляются плавающие образования и отложения, новые бактерии, вирусы, грибки. В результате качество воды рек и водоемов может оказаться непригодным для водопотребления и водопользования.

В настоящих методических указаниях предусмотрены лабораторные работы, предусмотренные по курсу «Охрана водных и земельных ресурсов» для магистрантов специальности 6М073100 – Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды. Все основные эксперименты запланированы на модельных лабораторных установках, что позволяет максимально приблизить учебный процесс к производственным условиям.

## 1 Лабораторная работа № 1. Определение дозы коагулянта для очистки вод от коллоидных частиц

*Цель работы:* изучение процесса коагулирования и определение оптимальной дозы коагулянта для ускорения процесса осаждения, фильтрования и повышения эффективности осветления и обесцвечивания воды.

Для очистки производственных сточных вод, содержащих загрязнения в виде тонкодисперсной взвеси и коллоидов, применяется метод коагуляции.

При очистке воды с применением коагуляции, кроме интенсификации процесса осаждения взвесей и удаления коллоидных загрязнений, можно значительно снизить БПК, уменьшить количество бактерий, снизить концентрацию растворенных органических соединений и понизить ХПК. Очистка воды осуществляется с помощью реагентов (коагулянтов), чаще всего солей алюминия и железа, сернокислого алюминия  $Al_2(SO_4)_3$ , хлорного железа  $FeCl_3$ , сульфата окси железа  $Fe_2(SO_4)_3$  сульфата окси железа  $FeSO_4$  и др.

При введении в воду коагулянтов происходит их диссоциация. Образующиеся при этом поливалентные катионы коагулянта  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Fe^{2+}$  вступают в ионный обмен с катионами адсорбционного слоя отрицательно заряженных коллоидных частиц загрязнений, понижая их стабильность.

По установлении равновесия между катионами в адсорбционном слое коллоидных частиц и в растворе происходит гидролиз избытка коагулянта. В результате гидролиза в зависимости от pH среды образуются гидрофобные коллоиды малорастворимых гидроокисей алюминия или железа либо их основных солей. Эти коллоиды имеют огромную активную поверхность и играют основную роль при очистке воды коагуляцией.

Коллоидные частицы загрязнений адсорбируются на поверхности коллоидных частиц гидроокиси, коагулирующихся под действием растворенных в воде электролитов с образованием хлопьев, которые сорбируют и захватывают при осаждении (ортокинетическая коагуляция) находящиеся в воде примеси и выпадают в осадок или задерживаются на фильтрах.

На процессы, происходящие при коагуляции, влияют состав очищаемой воды, свойства загрязнений, величина pH, температура, свойства применяемого коагулянта, последовательность введения реагентов, условия смешения и другие факторы. Оптимальные условия реагентов, условия смешения и другие факторы. Оптимальные условия для удаления коагуляцией одного вида загрязнений могут значительно отличаться от оптимальных условий для удаления других видов загрязнений, присутствующих в этой же воде.

Оптимальную дозу коагулянта определяют экспериментально, пробным

коагулированием, для каждого конкретного состава производственных сточных вод.

В данной работе ставится задача изучить методику пробного коагулирования с определением оптимальных доз коагулянта без подщелачивания, с подщелачиванием и с предварительным хлорированием очищаемой воды.

*Описание установки.* На металлическом каркасе 1 с корытообразной верхней полкой 2 и плоской нижней полкой 3 (см. рисунок 1.1) установлено 6 (10) мерных цилиндров 4 с конусным дном емкостью 0,5 л, бак 5 емкостью не менее 20 л с мешалкой и трубопровод 6  $d = 25-40$  мм, по которому вода из бака подается в цилиндры и отводится из цилиндров в канализацию. В дно корытообразной полки врезана труба 10  $d = 40$  мм для отвода воды при переливе из цилиндров. Регулирование подачи и отвода жидкости производится кранами 7, 8 и 9.

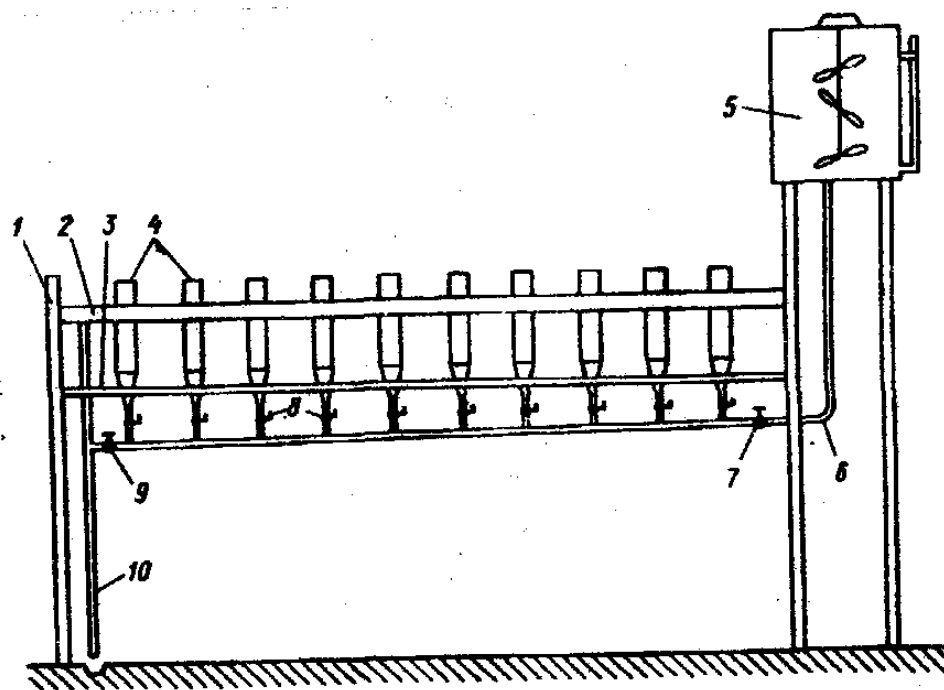


Рисунок 1.1 - Установка для пробного коагулирования

*Методика проведения работы и обработки результатов опытов.*

Для проведения трех серий опытов (коагуляция без подщелачивания, с подщелачиванием, с предварительным хлорированием) необходимо около 15 л сточной воды.

В пробе, отобранной из бака, определяется щелочность, рН, концентрация взвешенных веществ и других загрязнений.

*Определение дозы коагулянта без подщелачивания.*

Открывают пробочный кран 8 и заполняют цилиндры 4 исследуемой водой. По заполнении цилиндров до метки 500 мл их отключают перекрывая краны 8. Затем в каждый цилиндр пипеткой добавляют 1 % - ный раствор  $Al_2(SO_4)_3$  или любого другого коагулянта в количествах, указанных в таблице 1.1.

По анализу графических данных устанавливают степень очистки по различным загрязнениям и определяют оптимальную дозу коагулянта.

*Определение дозы коагулянта с предварительным подщелачиванием исследуемой воды.*

Если коагуляция идет недостаточно интенсивно или щелочность коагулированной воды составляет 0,5 мг-экв/л, то проводят пробное коагулирование с подщелачиванием воды. Для этого вместе с раствором коагулянта в каждый цилиндр вводят по 20, 30, 40 мл и более 0,1 % - ного раствора окиси кальция, что соответствует дозам CaO, равным 40, 60, 80 мг/л и более.

Дальнейшее проведение работы и обработка опытных данных аналогичны проведению работы без подщелачивания. Результаты опыта заносят в таблицу 2. Оптимальной дозой коагулянта с подщелачиванием считаются наименьшие дозы коагулянта и извести, при которых достигается наилучший эффект по снижению загрязнений.

Таблица 1.1 - Результаты определения дозы коагулянта

Показатель	Номер цилиндра					
	1	2	3	4	5	6
Количество раствора коагулянта, мл	1,25	2,5	37,5	5	7,5	10
Доза коагулянта, мг/л	25	50	75	100	150	200

*Определение дозы коагулянта с предварительным хлорированием воды.*

Определение проводят так же, как и при определении дозы коагулянта с подщелачиванием, но вместо раствора окиси кальция в каждый цилиндр добавляют в первой серии опытов 1 мл хлорной воды, во второй - 2 мл, в третьей - 3 мл и т.д. Дальнейшие определения аналогичны изложенным выше.

По графику зависимости эффективности осветления воды от дозы коагулянта определяется оптимальная доза коагулянта и влияние предварительного хлорирования.

При отсутствии характерных производственных сточных вод работа может проводиться на иммитатах.

Все определения проводятся по стандартным методикам.

Количество вводимого раствора коагулянта может быть изменено в зависимости от диапазона, охватывающего предполагаемую оптимальную дозу коагулянта.

Добавив к сточной воде коагулянт, быстро перемешивают содержимое цилиндра стеклянной палочкой в течение 20 - 30 с, затем продолжают перемешивать, но медленно (10 - 15 об/мин): в течение 10 - 15 мин. После этого цилиндры оставляют в покое на 30 - 60 мин и наблюдают за образованием и осаждением хлопьев. При отстаивании воды в цилиндрах отмечают время начала образования хлопьев, время начала оседания и время конца оседания, а также вид хлопьев. Через 30 мин или через 1 ч, если за 30 мин осаждение взвеси практически не закончится, из каждого цилиндра пипеткой или сифоном отбирают пробу воды из верхнего слоя, не взмучивая осадок.

После отбора проб цилиндры опорожняют, для чего закрывают кран 7, открывают кран 9 и краны 8.

В пробе определяют щелочность, рН, концентрацию взвешенных веществ и других загрязнений, по которым определяется степень очистки. Все результаты заносят в таблицу 2.

На основании проведенных опытов строят графики в координатах: щелочность – доза коагулянта, рН - доза коагулянта, время полного отстаивания, начиная с момента введения коагулянта, - доза коагулянта, количество взвешенных веществ – доза коагулянта. Такие же графики строят и для характерных загрязнений.

Таблица 1.2 - Результаты определения показателей процесса очистки воды

Номер цилиндра	Название коагулянта и его доза, мг/л	Доза извести мг/л	Доза хлора, мг/л	Время начала образования хлопьев, с	Время начала оседания хлопьев, с	Время конца оседания хлопьев, с
1	2	3	4	5	6	7

Контрольные вопросы:

- 1) Какой процесс называется коагулированием?
- 2) Что влияет на характер осаждения взвеси?
- 3) Реагенты, применяемые для очистки питьевой и технической воды?
- 4) Для чего служит реагентное хозяйство?



## **2 Лабораторная работа № 2. Определение адсорбционной емкости активированных углей при очистке сточных вод от фенолов**

*Цель работы:* изучение сорбционного метода очистки на примере извлечения фенолов из сточных вод и определение адсорбционной емкости активированных углей различных марок.

Сорбционный метод очистки сточных вод основан на извлечении из воды растворенных в ней веществ с поверхностью твердых тел - сорбентов, в качестве которых могут быть использованы мелко-дисперсные твердые вещества, обладающие значительной поверхностью. Наиболее широкое применение имеют различные марки активных углей и гель кремниевой кислоты - силикагель. Кроме того, при очистке сточных вод роль сорбентов выполняют хлопья гидроокисей металлов (коагулянты), активный ил азротенков, биопленка биофильтров.

При адсорбции растворенных веществ молекулы растворенного вещества переходят из объема раствора на поверхность твердого сорбента под действием силового поля поверхности.

Рассмотрим сорбционный метод очистки на примере извлечения из сточных вод фенолов.

Для адсорбции фенолов из воды наиболее часто применяются активированные угли и синтетические смолы. Они гидрофобны и энергия адсорбционного взаимодействия их поверхности с молекулами воды ниже энергии взаимодействия с молекулами фенолов.

Адсорбционная способность углей зависит от рН растворов. Оптимальная сорбция фенола происходит в кислой среде. При повышении рН растворов сорбируемость фенола падает. Это объясняется тем, что на адсорбируемость фенола оказывает влияние структура его молекулы и диссоциация ее. Если в растворе находятся одновременно ионы и недиссоциированные молекулы, то адсорбируются только последние.

Таким образом, технологическая схема очистки, обеспечивающая высокий адсорбционный эффект, должна предусматривать создание рН, соответствующее образованию менее диссоциированных форм извлекаемого вещества. Для фенольных растворов рекомендуется значение рН – 4,5.

В данной работе ставится задача определить адсорбционную емкость активированных углей марок: ОУ - сухой, КАД - йодный, БАУ.

Уголь марки ОУ-сухой высокоактивный и крупнопористый с размером зерен  $\leq 0,056$  мм; уголь марки КАД - йодный мелкопористый, обладает средней активностью, размер зерен 2-3 мм: уголь марки БАУ так же, как и уголь марки КАД, мелкопористый, средней активности, размер зерен 1-5 мм.

С целью сравнительной оценки сорбционной способности исследуемых углей определяются изотермы адсорбции растворов с разными концентрациями фенола.

*Методика проведение работы и обработки результатов опытов.*

В пять чистых сухих колб емкостью 250 мл наливают по 100 мл раствора, содержащего фенол в разных концентрациях. В первую колбу наливают раствор с концентрацией фенола - 0,5 мг/л, во вторую - 0,7 мг/л, в третью - 1 мг/л, в четвертую - 2 мг/л, в пятую - 5 мг/л. Затем в каждую из колб высыпает заранее подготовленные равные навески массой 1 г активированного угля КАД - йодный. Содержимое колб перемешивают в течение 20 мин. Энергичное перемешивание выравнивает концентрацию раствора в объеме вблизи поверхности адсорбента. По окончании перемешивания раствор отфильтровывают через бумажный фильтр; первые порции фильтрата отбрасывают. Затем определяют концентрацию фенола в фильтрате по общепринятой методике калориметрическим методом с применением 4-аминоантипирина. Результаты анализа записывают в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Результаты определения адсорбционной емкости активированного угля

№ колбы	Начальная концентрация фенола в растворе $C_0$ , мг/л	Равновесная концентрация $C$ , мг/л	Масса навески активированного угля $m$ , г	Марка угля
1	2	3	4	5

По полученным данным рассчитывают количество фенола  $\Phi$ , ммоль на 1 г угля по формуле 2.1:

$$\Phi = \frac{(C_0 - C)V}{m}, \quad (2.1)$$

где  $V$  - объем раствора, мл.

Откладывая на оси абсцисс значение  $C$ , на оси ординат - значение  $\Phi$ , получим изотерму адсорбции, по которой вычисляют навеску адсорбента, понижающую концентрацию растворенного вещества определенной заданной величины  $C$ .

Отчет о работе включает в себя краткое описание процесса адсорбции, построение изотермы адсорбции фенола на активированных углях разных марок целью определения их адсорбционной способности,

проверку применимости уравнения Фрейндлиха к экспериментально найденной изотерме адсорбции.

Контрольные вопросы:

- 1) На чем основан сорбционный метод очистки?
- 2) Виды активированных углей?
- 3) От чего зависит адсорбционная способность углей?
- 4) Как определяется количество фенола?

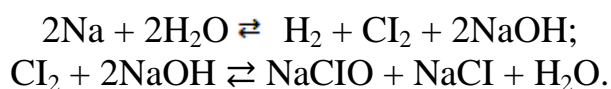
### **3 Лабораторная работа № 3. Определение количества «активного хлора» в зависимости от мощности электролизера**

*Цель работы:* изучение процесса обеззараживания воды и определение необходимого количества окислителя.

Одним из самых распространенных способов обеззараживания воды является ее хлорирование. Сущность обеззараживающего действия хлора заключается в окислении органических веществ, входящих в состав протоплазмы клеток бактерий. Хлорирование воды осуществляется газообразным хлором или веществами, содержащими активный хлор, в частности, гипохлоритом натрия.

Гипохлорит натрия можно получить электролизом раствора NaCl на электролизере с графитовыми электродами. При электролизе на электродах при прохождении электрического постоянного тока через раствор электролита протекает окислительно-восстановительный процесс: восстановление - на катоде и окисление - на аноде.

В электролизе анодное и катодное пространства не отделены друг от друга. В процессе электролиза раствора поваренной соли у катода образуется щелочь NaOH. Хлор, выделяющийся на аноде, вступает в реакцию со щелочью, образуя гипохлорит натрия:



Гипохлорит натрия по мере накопления сам начинает подвергаться электролизу. В результате электролиза ClO<sup>-</sup> иона образуется хлорат и кислород, которые ограничивают дальнейшее увеличение концентрации гипохлорита в электролите.

На основании закона Фарадея, выход гипохлорита натрия пропорционален количеству прошедшего через раствор электролита электричества. Так как наряду с основными процессами при электролизе практически всегда протекают побочные реакции, необходимо экспериментальное определение количества ClO<sup>-</sup> иона в зависимости от количества электричества, протекающего в электролизере.

*Описание установки.* В затворном баке (см. рисунок 3.1) готовится раствор поваренной соли концентрацией 170 г/л. Из затворного бака 1 через кран 2 электролит поступает в электролизер 2. После прохождения через электролизер электролит поступает в регулируемую емкость 5 и затем непосредственно в обеззараживаемую воду, протекающую по трубопроводу 6. Электрический ток в электролизер поступает от выпрямителя 7, оборудованного измерительными приборами и позволяющего производить регулирование напряжения.

*Методика проведения работы и обработки результатов опытов.*

В затворном баке открывают кран 2 и убеждаются, что электролит проходит через электролизер с отрегулированным расходом.

Включают выпрямитель и последовательно устанавливают 5-6 значений силы тока в пределах возможности используемого выпрямителя. При каждом переключении выпрямителя через проботборник 4 отбирают пробу электролита, прошедшего электролизер. В каждом опыте фиксируют напряжение.

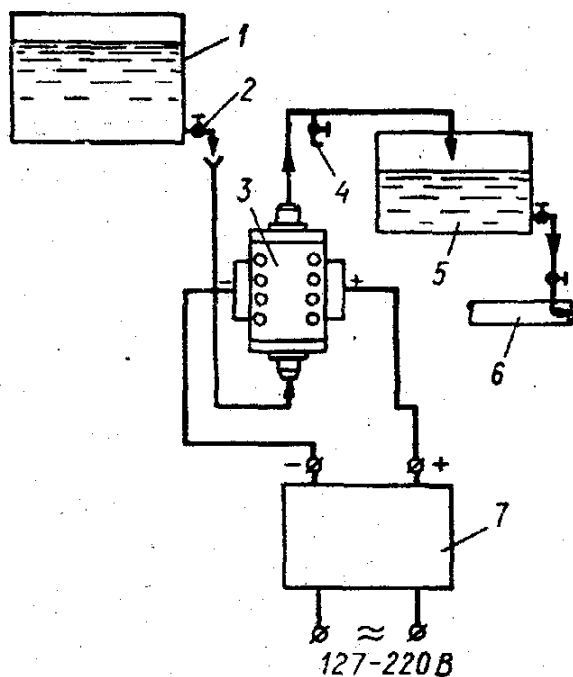


Рисунок 3.1 - Схема экспериментальной установки электролизера

Дозу «активного хлора» г/л, определяют по формуле 3.1:

$$D = \frac{a \cdot 35,5 \cdot 5}{10000}, \quad (3.1)$$

где  $a$  – количество окислителя 0,01 н. раствора гипосульфита  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , мл, расходуемое на титрование 100 мл пробы;  
 35,5 - масса атома хлора;  
 5 - пятикратное разбавление пробы.

Необходимое количество окислителя определяют следующим образом. В колбу отбирают 20 мл пробы, добавляют 80 мл дистиллированной воды, 1 мл 10 %-ного раствора KI, 1 мл концентрированной  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и 1 мл 0,5 %-ного раствора крахмала. Содержимое колбы энергично встряхивают, закрывают пробкой и ставят в темное место на 5 мин, затем титруют 0,01 н.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  до обесцвечивания. По окончании опытов отключают выпрямитель, перекрывают кран подачи электролита в электролизер.

Результаты экспериментов заносят в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 - Результаты замеров и анализов

№ опыта	Расход электролита q, л/с	Сила тока, А	Напряжение В	Мощность тока, Вт	Количество		
					окислителя, мл	активного хлора, г/л электрол.	актив.хлора выраб. электролизером, г/ч
1	2	3	4	5	6	7	8

Контрольные вопросы:

- 1) Сущность обеззараживающего действия хлора?
- 2) На какие применяются способы очистных обеззараживания?
- 3) Как определить дозу «активного хлора»?
- 4) Бактерицидное облучение является экономически выгодным и безопасным способом?

#### **4 Лабораторная работа № 4. Обесцвечивание воды методом озонирования**

*Цель работы:* изучение процесса обесцвечивания сточных вод и определение расхода озона.

Снижение окраски городских, особенно промышленных сточных вод, является одной из важных проблем в области очистки сточных вод.

В процессе биохимической очистки сточных вод снижение окраски не превышает 50 - 60 %. При химической обработке сточных вод для эффективного их обесцвечивания требуются значительные дозы коагулянта (более 1 г/л), что экономически нецелесообразно и усложняет эксплуатацию

очистных сооружений.

Одним из наиболее эффективных и перспективных методов обесцвечивания сточных вод является озонирование. При воздействии озона на краситель молекула последнего разрушается, и раствор обесцвечивается, осадок при этом не образуется.

В настоящее время озонирование находит все большее применение в отечественной и зарубежной практике водоочистки для обесцвечивания, дезинфекции и дезодорации водопроводной воды.

Исследования, проведенные по обесцвечиванию красильных растворов и сточных вод, показали универсальность и высокую эффективность действия озона. В результате озонирования было достигнуто полное обесцвечивание, дополнительно снижены БПК и ХПК, обработанная сточная вода обогащалась кислородом.

*Целью* настоящей работы является определение необходимого количества озона для обесцвечивания различных красителей.

*Описание установки.* Лабораторная установка по обесцвечиванию красительных растворов и сточных вод (см. рисунок 4.1) включает в себя генератор озона, смеситель озono-воздушной смеси с водой и пробоотборники озono-воздушной смеси. В качестве генератора озона используется лабораторная модель озонатора, представляющая собой батарею стеклянных трубок с электродами из меди и дюралюминия: напряжение на клеммах - 10 кВ, озон в смеси с воздухом по шлангу 14 поступает в смеситель 26 озono-воздушной смеси наполненный водой.

При включении электродвигателя 6 приводятся во вращение полный вал 25 и барабан распределителя 24, обтянутый мелкой сеткой. При вращении в барабане, распределителе и полном валу создается вакуум, за счет которого озono-воздушная смесь засасывается из озонатора в смеситель, где смешивается с обрабатываемым красильным раствором.

Наличие внутреннего корпуса 23 создает благоприятные условия для циркуляции озонируемой жидкости в объеме смесителя. Отработанная озono-воздушная смесь отводится по шлангу 5, на котором установлен расходомер 3. Рабочий объем смесителя составляет 55 л.

Пробоотборник поступающей озono-воздушной смеси включает в себя газовую пипетку 20, сосуд с водой 12, устанавливаемый выше газовой пипетки, и колбу с раствором йодистого калия 21; пробоотборник отработанной озono-воздушной смеси - колбу с раствором йодистого калия 29 и двух стеклянных цилиндров 2, установленных друг над другом.

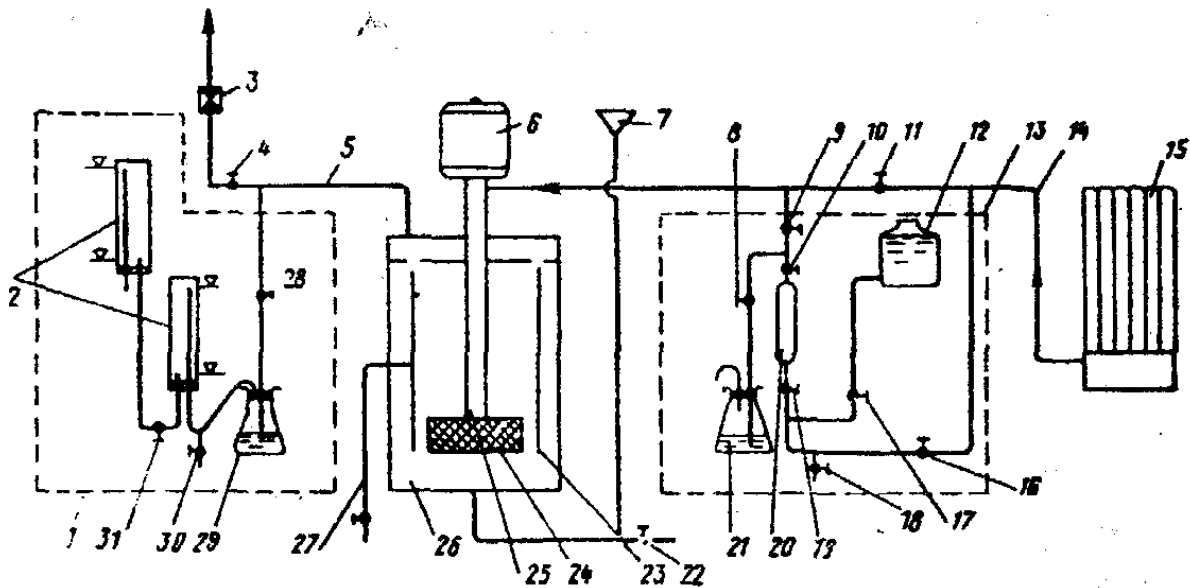


Рисунок 4.1 - Схема установки по обесцвечиванию красильных растворов и сточных вод

*Методика проведения работы и обработки результатов опытов.*

Работа осуществляется в следующей последовательности. В смеситель 26 через воронку 7 вносят определенное количество концентрированного раствора исследуемого красителя, после чего наливают водопроводную воду до объема 55 л. Таким образом, создается необходимая концентрация красителя в растворе (обычно 10,15, 20 мг/л). Проверяется правильность установки кранов. Все краны (кроме 4 и 11) должны быть закрыты. Затем в электросеть включается генератор озона. Ручкой реостата плавно увеличивают напряжение на клеммах озонатора от 0 до 10 кВ. По достижении требуемого напряжения включают электродвигатель 6 смесителя.

Перед пуском электродвигателя смесителя из шланга 27 отбирают пробу раствора красителя и в цилиндрах генератора определяют по разведению до бесцветного начальную интенсивность окраски. После пуска электродвигателя через 2, 5, 10, 15 мин отбирают пробы исследуемого раствора красителя, в которых определяется интенсивность окраски по разведению до бесцветного. В процессе опыта необходимо фиксировать время полного обесцвечивания красильного раствора и расход озono-воздушной смеси. Полученные результаты заносят в таблицу 4.1. На основании определений интенсивности окраски составляют графики снижения степени окраски во времени. По завершении опыта смеситель опорожняют через кран 22. Концентрацию озона в озono-воздушной смеси определяют йодометрическим методом. Благодаря окислительным свойствам озона он вытесняет из 0,5 н. раствора йодистого калия

эквивалентное количество свободного йода, который оттитровывается 0,01 н. раствором тиосульфата натрия в кислой среде в присутствии крахмала как индикатора.

Отбор поступающей озono-воздушной смеси производится следующим образом. В колбу 21 вносят свежий раствор йодистого калия, колбу закрывают пробкой с двумя стеклянными трубками. Одну из них опускают в раствор KI и к ней присоединяют газовую пипетку 20. Объем газовой пипетки должен составлять не менее 400 мл. Для отбора пробы озono-воздушной смеси в газовую пипетку краны 9, 10, 16, 19 открывают: краны 8, 17, 18 закрыты. Вслед за этим прекрывают кран 11 и озono-воздушная смесь проходит через пипетку. Продувка газовой пипетки продолжается 1-2 мин., после чего кран 11 открывают, а краны 9 и 16 закрывают. Далее озono-воздушная смесь из газовой пипетки под действием столба воды из сосуда продавливается через раствор KI в колбе 21. При этом краны 8, 10, 17, 19 открыты, а краны 9, 16 и 18 закрыты. В колбе определяют содержание озона йодометрическим методом. Вода из системы шлангов сливается через кран 18, после чего пробоотборник устанавливают в рабочее положение. В пробоотборнике отработанной озono-воздушной смеси перед отбором пробы в колбу 29 наливают свежий раствор KI и закрывают ее пробкой с двумя стеклянными трубками. Одна из них, соединенная со шлангом 5, отводящим озono-воздушную смесь, опущена в раствор йодистого калия, а другая соединена с системой цилиндров 2. Для работы используют цилиндры объемом не менее 500 мл. Цилиндры, установленные друг над другом, закрывают их пробками со стеклянными трубками и переворачивают вверх дном. В паре эти цилиндры работают таким образом, что нижний заполняется водой, а в верхнем остается свободный объем 400 - 500 мл.

При отборе пробы озono-воздушной смеси краны 28 и 30 открывают, а кран 4 закрывают. Озono-воздушная смесь проходит через раствор йодистого калия в колбе 29 и вытесняет воду из нижнего цилиндра в верхний. Как только уровень воды в нижнем цилиндре опустится до края нижней стеклянной трубки, что соответствуют определенному объему озono-воздушной смеси, прошедшей через раствор йодистого калия в колбе 29, кран 4 открывают, а краны 29 и 30 закрывают. После этого в колбе определяют содержание озона и его концентрацию в отработанной озono-воздушной смеси. Вода из верхнего цилиндра переливается в нижний, для чего открывают кран 30 и пробоотборник готовится к рабочему положению. В случае попадания воды в шланг, соединяющий колбу 29 и нижний цилиндр, ее сливают, открывая кран 31.

Результаты определения концентраций озона в озono-воздушной смеси вносят в таблицу 4.1 и составляют сводную ведомость по определению расхода озона в таблицу 4.2.



Таблица 4.1 - Результаты замеров и анализов

№ опыта	Расход генератора озона, г, л/с	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность тока, Вт	Количество		
					окислителя (ОВС), мл	время обесцвечивания, мин.	Озон ав ОВС, мг/л

Таблица 4.2 - Результаты определений показателей работы озонатора

Показатели	Поступающая сточная вода	Очищенная сточная вода	Эффект снижения загрязнений, %
БПК, мг/л Окисляемость, мг/л Взвешенные вещества, мг/л			

Общий расход озono-воздушной смеси, мг, на обесцвечивание всего количества красильного раствора определяется по формуле:

$$Q_3 = a \cdot t_1. \quad (4.1)$$

Расход озона, мг, на обесцвечивание всего количество красильного раствора определяется по формуле:

$$Q_0 = O \cdot Q_3, \quad (4.2)$$

где  $O$  - концентрация озона в поступающей озono-воздушной смеси, мг/л.

Далее определяется расход озона  $Q_3$ , мг/л, на обесцвечивание 1 л красильного раствора:

$$Q_3 = Q_0 / W, \quad (4.3)$$

где  $W$  – количество исследуемого раствора, л.

Расход озона, мг, на обесцвечивание 1 мг красителя:

$$Q_k = Q_3 / K, \quad (4.4)$$

где  $K$  - концентрация красителя в исследуемом растворе, мг/л.

Коэффициент использования озона  $n$ , %

$$n = \frac{C - C_1}{C} \times 100,$$

где  $C_1$  - концентрация озона в отработанной озоно-воздушной смеси, мг/л.

На основании результатов сопоставленного анализа делают выводы о скорости разрушения различных видов красителей под действием озона.

Контрольные вопросы:

- 1) Сущность озонирования?
- 2) Какова доза озона для обеззараживания воды подземных источников и для осветленной поверхностной воды?
- 3) Озон одновременно уменьшает цветность, вкус и запах воды?
- 4) Как определяется расход озона на обесцвечивания?

## **5 Лабораторная работа № 5. Выбор типа растворителя при жидкостной экстракции фенола из воды**

*Цель работы:* определение коэффициента распределения при экстракции фенола из воды различными растворителями и на его основе произвести выбор лучшего экстрагента.

Жидкостная экстракция широко применяется для извлечения фенолов из сточных вод предприятий, перерабатывающих твердое топливо, и предприятий по производству пластических масс. Процесс экстракции заключается в смешении сточной воды с экстрагентом и затем их разделении.

В качестве экстрагентов применяют вещества, в которых экстрагируемое вещество растворяется лучше, чем в воде. При смешении устанавливается динамическое равновесие в распределении экстрагируемого вещества между экстрагентом и водой.

В состоянии равновесия концентрация вещества в экстрагенте и водной фазе характеризуется коэффициентом распределения:

$$a = y/x, \quad (5.1)$$

где  $x$  – равновесная концентрация извлекаемого вещества в водной фазе, кг/м<sup>3</sup>,

$y$  - равновесная концентрация того же вещества в органической

фазе, кг/м<sup>3</sup>.

Коэффициент распределения является величиной, по которой можно судить об экстрагирующей способности растворителей и выбрать лучшие из них. Чем коэффициент распределения больше, тем меньше потребуется растворителя для экстракции и тем экономичнее будет метод.

На практике выбор растворителя обуславливается не только коэффициентом распределения, но одновременно и такими факторами, как его стоимость, эффективность (полнота и скорость) разделения фаз.

Целью данной работы является определение коэффициента распределения при экстракции фенола из воды различными растворителями и на его основе произвести выбор лучшего экстрагента.

*Описание установки.* Установка (см.рисунок 5.1 ) представляет собой экстрактор 1, имеющий конусную часть и спускной кран 7. В экстракторе перемешивание сточной жидкости о экстрагентом производится мешалкой 2, приводимой в движение двигателем 5, выполненным во взрывобезопасном исполнении. Объем экстрактора 0,006 м<sup>3</sup>, диаметр 0,01 м, частота вращения мешалки 6 об/мин. Для уменьшения испарения экстрагента экстрактор закрывается съемной крышкой 6. Заполнение экстрактора фенольной водой и экстрагентом осуществляется через воронку 4 по трубке 3.

*Методика проведения работы и обработка результатов опытов.*

Коэффициент распределения определяется для трех растворителей: уксусной кислоты; диизопропилового эфира; бензола.

Опыты проводятся о каждым на этих растворителей в следующей последовательности.

В экстрактор заливается фенольная вода в количестве, равном 1/8 объема экстрактора. Затем в экстрактор в таком же объеме заливается растворитель. Концентрация фенола составляет 3 г/л. Включается мешалка и фенольная вода интенсивно перемешивания смесь отстаивается в течение 30 мин. для отделения растворителя от воды. После расслаивания сливают около 2/3 водного раствора в чистую колбу, откуда отбирают пробу, в которой определяют равновесную концентрацию оставшегося фенола. По разности между первоначальной концентрацией фенола и оставшейся после экстракции судят о количестве изъятых фенола и его концентрации в экстрагенте.

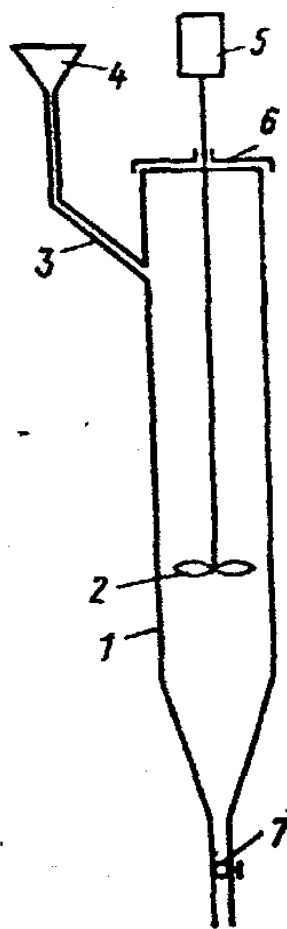


Рисунок 5.1 - Схема лабораторной установки для жидкостной экстракции фенола из воды

$$y = \frac{(A-x)W_1}{W_2}, \quad (5,2)$$

где  $A$  – первоначальная концентрация фенола,  $\text{кг/м}^3$ ;

$x$  - равновесная концентрация фенола в воде,  $\text{кг/м}^3$

$W_1$  – объем обрабатываемой фенольной воды,  $\text{м}^3$ ;

$W_2$  – объем экстрагента,  $\text{м}^3$ .

Коэффициент распределения определяют по формуле (5,2).

Результаты наблюдений, опытные и расчетные данные заносят в таблицу по форме 5.1

## Результаты опыта и расчета

Экстрагент	Объем обрабатываемой воды, м <sup>3</sup>	Начальная концентрация фенола в воде, кг/м <sup>3</sup>	Объем экстрагента, м <sup>3</sup>	Равновесная концентрация фенола в растворителе, кг/м <sup>3</sup>	Коэффициент распределения
1	2	3	4	5	6

Контрольные вопросы:

- 1) Чем обусловлен выбор растворителя?
- 2) Что такое коэффициент распределения?
- 3) Как определяется количество изъятых фенола и его концентрация в экстрагенте?

### **6 Лабораторная работа № 6. Очистка сточных вод от ПАВ методом флотации**

*Цель работы:* изучение процесса очистки сточных вод методом флотации и определение концентрации ПАВ от времени флотации.

Синтетические поверхностно-активные вещества (ПАВ) в настоящее время широко применяются во многих отраслях промышленности: текстильной, кожевенной, химической, бумажной и др. - в качестве моющих, смачивающих, выравнивающих средств.

Наличие ПАВ в стоках сказывается на биологической очистке сточных вод отрицательно.

Многие предприятия указанных выше отраслей промышленности сбрасывают в канализацию сточные воды, содержащие высокие концентрации ПАВ. Для успешной очистки таких сточных вод необходимо их разбавление бытовыми стоками. В тех случаях, когда нельзя обеспечить соответствующего разбавления производственных сточных вод бытовыми, становится необходимым предварительное снижение концентрации ПАВ. Надежным и экономичным методом удаления ПАВ из сточной жидкости является флотационный метод.

В процессе флотации при диспергировании воздуха в сточной жидкости происходит всплывание молекул или мицелл ПАВ на границе раздела вода - воздух и дисперсных частиц вместе с пузырьками воздуха на поверхность сточной жидкости. Образующийся слой насыщен ПАВ и

дисперсными частицами.

Сцепление молекул или мицелл ПАВ о воздушными пузырьками в жидкости обуславливается избытком свободной поверхностной энергии на всех участвующих в процессе поверхностях раздела. Одним из физико-химических факторов флотационного процесса является адсорбция.

Поднимающийся вверх воздушный пузырек при прохождении через жидкость окружается молекулами или мицеллами ПАВ. При непрерывной подаче воздуха на поверхности сточной жидкости образуется слой пены, насыщенный ПАВ. При разрушении пены образуется флотоконденсат, содержащий 2000-3000 мг ПАВ в 1 л.

Эффект удаления ПАВ из сточной жидкости во флотаторе зависит от начальной концентрации ПАВ, интенсивности подачи воздуха и продолжительности флотации. Оптимальная интенсивность подачи воздуха составляет  $8-12 \text{ м}^3/(\text{м}^2\text{ч})$ , оптимальная продолжительность флотации - 15-60 мин. Чем больше начальная концентрация ПАВ, тем выше эффект флотации ПАВ из сточной жидкости.

*Описание установки.* В модели флотатора (см.рисунок 6.1.) для флотации сточной жидкости служит цилиндр 2. Воздух подается через фильтров 6, изготовленный из пористой керамики и обтянутый капроновой тканью. Емкость 4 предназначена для сбора пены, образующейся во время флотации. Пена о помощью направленной струи воздуха одувается в конденсатосборный цилиндр 5.

Расход воздуха, подаваемого во флотатор, замеряется газовым счетчиком ГСБ-403. На воздухопроводе перед опытной моделью установлен манометр для измерения давления воздуха.

Подача исследуемой воды во флотатор производится из бутылки через штуцер 3, а отбор проб - через штуцер 1.

*Методика проведения работы и обработки результатов опытов.*

Навеску исследуемого вещества растворяют в водопроводной воде для получения заданной концентрации. Тщательно промывают все стенки флотатора сначала водопроводной водой, а затем дистиллированной. Воду из флотатора сливают с помощью сифона. Подача воздуха измеряется газовым счетчиком. Исследуемую воду наливают в цилиндр. После начала флотации берут пробы воды через 10, 20, 30, 40, 50 мин, замеряют объем сконденсированной из пены жидкости (конденсат пены). Производится анализ по определению концентрации ПАВ в отобранных пробах и результаты записывают по форме 6.1.

Строится график изменения концентраций ПАВ во флотируемой воде в зависимости от времени флотации. По графику определяется оптимальное время флотации.

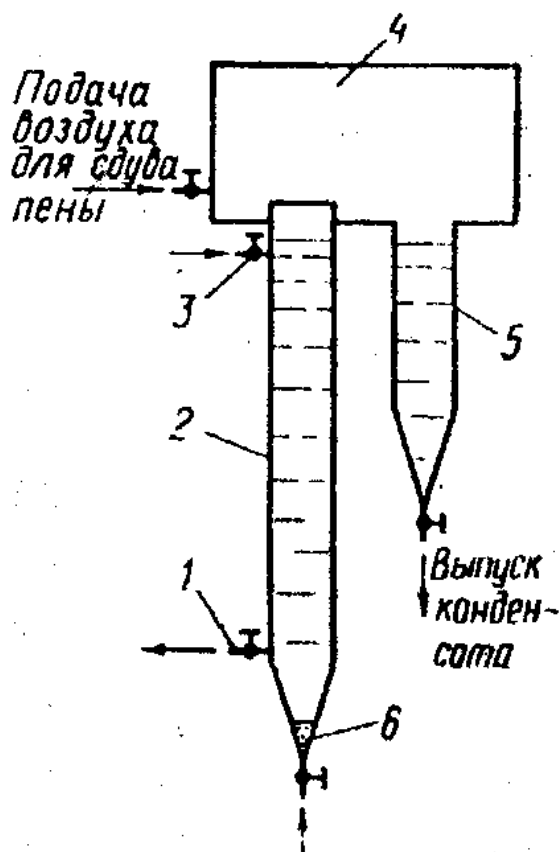


Рисунок 6.1 - Схема лабораторного флотатора

Форма 6.1

Время флотации, мин	10	20	30	40	50	60
Концентрация ПАВ в отобранных дробах, мг/л						

Эффект флотации ПАВ, %, при оптимальном времени флотации определяется по формуле

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{ост}}}{C_{\text{нач}}} 100,$$

где  $C_{\text{нач}}$  - начальная концентрация ПАВ в воде, мг/л;

$C_{\text{ост}}$  - концентрация ПАВ в воде после флотации, мг/л.

Контрольные вопросы:

- 1) Сущность флотации?
- 2) Что такое ПАВ, виды и оптимальные концентрации?

3) Как определяется эффективность очистки сточных вод?

## 7 Лабораторная работа № 7. Определение основных технологических характеристик аэротенка

*Цель работы:* изучение процесса биологической очистки сточных вод и определение параметров аэротенка.

В аэротенках процесс биологической очистки сточных вод осуществляется при аэрации смеси сточных вод и активного ила. Активный ил представляет собой биоценоз зооглейных скоплений бактерий и простейших организмов. Качество активного ила зависит от полноты предварительного отстаивания очищаемых сточных вод, характера органических загрязнений и степени их минерализации, продолжительности аэрации, количества подаваемого воздуха и др. При прочих равных условиях качество активного ила характеризуется соотношением между массой загрязнений и массой активного ила, называемым нагрузкой на ил, которая может быть определена по БПК<sub>5</sub> (или БПК<sub>полн</sub>), и по взвешенным веществам, содержащимся в сточной жидкости.

Нагрузка на ил по БПК<sub>5</sub>, мг/(г сут) определяется соотношением количества подаваемых за сутки загрязнений и количеством беззольного вещества активного ила

$$N = \frac{\text{БПК}_5 Q_B}{V a_{\text{аэр}} (1 - Z_{\text{и}})} = \frac{\text{БПК}_5 24}{a_{\text{аэр}} t_{\text{аэр}} (1 - Z_{\text{и}})},$$

где  $Q_B$  - расход поступающих сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;

$V$  - объем аэротенка, м<sup>3</sup>;

$t_{\text{аэр}}$  - время аэрации, ч;

$a_{\text{аэр}}$  - доза ила по сухому веществу, г/л;

$Z_{\text{и}}$  - зольность ила в долях единицы.

Из практики эксплуатации известно, что в аэротенках полной биологической очистки ил сохраняет свою нормальную активность при нагрузке по БПК<sub>5</sub> в пределах 200-500 мг/(г сут) (на беззольное вещество ила).

Величина, обратная нагрузке, по взвешенным веществам характеризует время пребывания ила в аэротенке, или так называемый возраст ила. Например, при нагрузке по взвешенным веществам 200 мг/(г · сут) (на сухое вещество ила) возраст составляет:  $1:0,2 = 5$  сут.

Рассчитать возраст ила в сутках можно по формуле:

$$\Pi = \frac{t_{\text{аэр}} a_{\text{аэр}} 1000}{B_{B_2}},$$

где  $B_{B_2}$  - количество взвешенных веществ в сточной жидкости, поступающей в аэротенки, мг/л.

Окислительная мощность (ОМ) аэротенка, г/(м<sup>3</sup> · сут), - количество



снятых за сутки загрязнений с  $1 \text{ м}^3$  сооружения

$$\text{ОМ} = \frac{(\text{БПК}_5^{\text{поступ}} - \text{БПК}_5^{\text{очист}}) Q_B}{V} = \frac{\text{БПК}_5 \cdot 24}{t_{\text{аэр}}},$$

где  $\text{БПК}_5$  - количество снятых загрязнений,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

Окислительная способность активного ила (ОС) - количество снятых за сутки загрязнений 1 г беззольного вещества ила - измеряется в  $\text{мг}/(\text{г} \cdot \text{сут})$  и вычисляется аналогично величине ОМ.

ОМ аэротенка на полную биологическую очистку с продольно-вращательным движением смеси составляет по  $\text{БПК}_5$  500-600  $\text{г}/(\text{м}^3 \cdot \text{сут})$ . Таковую же ОМ могут иметь аэротенки-смесители, конструкция которых предусматривает возможность максимального рассредоточения поступающих воды и ила и максимального смешения их с содержимым аэротенка.

Расчет аэротенков-смесителей производится по скорости окисления загрязнений  $V$ ,  $\text{г О}_2 /(\text{м}^3 \cdot \text{ч})$ , которая определяется экспериментально в зависимости от состава сточной жидкости

$$V = \text{ОМ} \cdot 24.$$

Состояние активного ила, его качество можно характеризовать способностью ила к оседанию - величиной илового индекса, который представляет собой объем, мл, занимаемый 1 г активного ила (сухого вещества) после 20 мин отстаивания в цилиндре.

В этой работе определяются основные показатели работы аэрационных сооружений: нагрузка на ил по взвешенным веществам и по  $\text{БПК}_5$ , возраст ила, ОМ аэротенка-смесителя, скорость окисления загрязнений, скорость оседания ила, иловый индекс.

*Описание установки.* Опытная установка (см. рисунок 7.1) включает в себя аэротенк - смеситель 6 и вторичный отстойник 2. Модель аэротенка-смесителя изготавливается из органического стекла, диаметр модели 10 см, высота 220 см. В нижней части аэротенка-смесителя укладывается фильтр, выполненный из нескольких слоев капроновой ткани.

Отстойник также изготавливается из органического стекла, имеет диаметр 5 см и высоту без конической части 125 см. Внизу периодически удаляется избыточный активный ил. Штуцер в верхней части отстойника служит для отвода осветленной воды.

Сточная вода из бутылки 7 поступает по шлангу 8 в нижнюю часть аэротенка-смесителя 6. Очищенная вода отводится в отстойник по шлангам 11 и 12 через тройник 5, который служит для поддержания в аэротенке-смесителе заданного уровня воды. Активный ил из отстойника 2 с помощью

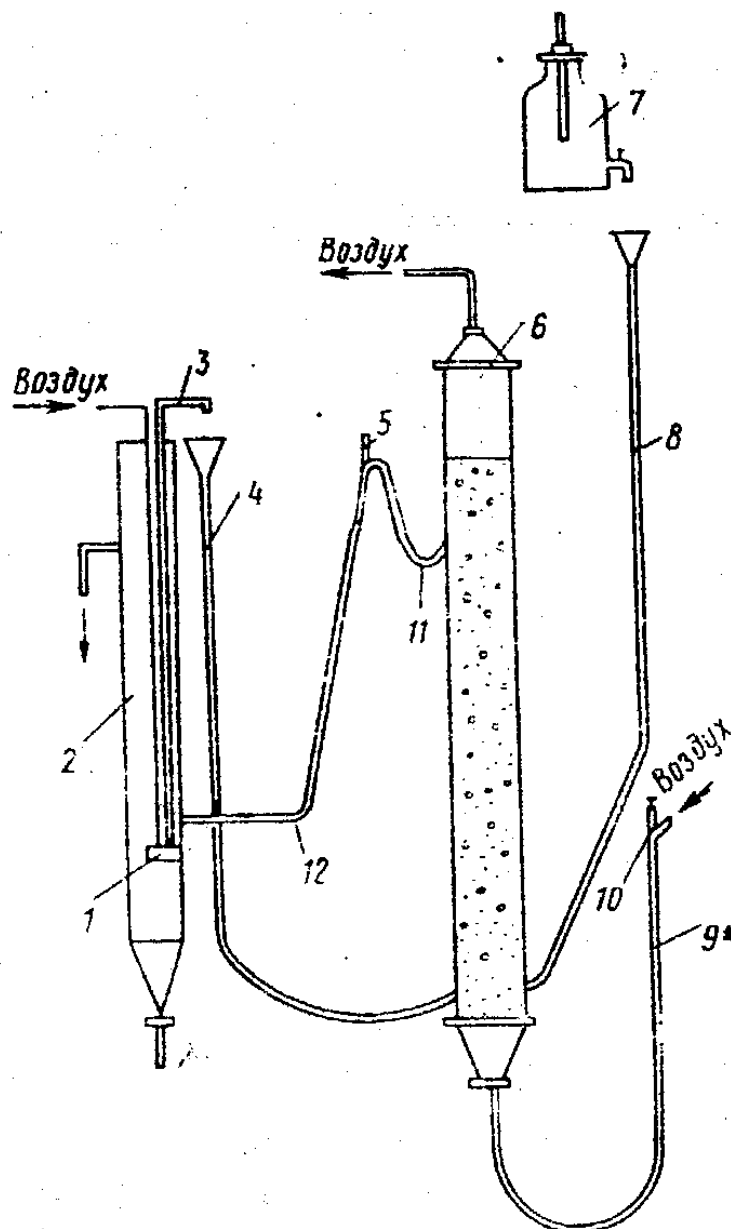


Рисунок 7.1 - Схема лабораторной модели аэротенка-смесителя

эрлифта 1 и шлангов 3 и 4 непрерывно перекачивается в нижнюю часть аэротенка. Воздух подается в аэротенк-смеситель по шлангу 9. Подача воздуха регулируется игольчатым вентилем 10.

*Методика проведения работы и обработки опытных данных.*

С помощью мерного цилиндра и секундомера замеряется расход сточной воды, поступающей на очистку из бутылки 7. Замер повторяют три раза. Из полученных данных замеров (запись по форме 7.1) выводится среднеарифметическое значение расхода, которое затем используется в расчетах.

## Результаты замеров расхода сточной воды

Расход сточной воды, мл/мин	Замер			
	1	2	3	средний

В тщательно вымытую бутылку отбирается примерно 1 л очищенной сточной воды. Содержимое хорошо перемешивается, и 300-400 мл пробы отливается в колбу на анализ. Для анализа поступающей сточной воды из бутылки отбирается 200-300 мл.

## Результаты определений показателей работы аэротенка

Показатели	Поступающая сточная вода	Очищенная сточная вода	Эффект снижения загрязнений, %
БПК, мг/л Окисляемость, мг/л Взвешенные вещества			

В анализируемых пробах определяют количество взвешенных веществ БПК<sub>5</sub> и перманганатную окисляемость. Результаты записывают в таблицу по форме 7.2. По полученным результатам санитарно-химического анализа подсчитывается эффект очистки.

Затем отбирают пробу смеси в количестве 100 мл непосредственно из аэротенка и снимают кривую оседания активного ила. Пробу перемешивают и помещают в градуированный цилиндр на 100 мл, где происходит отстаивание ила. Через определенные промежутки времени (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 и 30 мин) фиксируют объем ила (запись по форме 3) и по полученным данным строят кривую скорости оседания ила в координатах «объем ила, мл, - время, мин».

## Результаты замеров по определению скорости оседания активного ила

Время, мин	3	6	9	12	15	18	21	24	30
Объем, мл									

Отстоявшийся слой жидкости осторожно декантируют, остальное фильтруют через бумажный фильтр для определения дозы ила по сухому веществу (сушка при 105°C) и беззольному веществу (в результате

последующего сжигания и прокаливания пробы при 500-600°C). Результаты определений записывают по форме 7.4.

Форма 7.4

Доза ила по сухому веществу, г/л.....  
 Зольность ила, %.....  
 Доза ила по беззольному веществу, г/л.....

На основании всех полученных данных проводят соответствующие подсчеты по приведенным выше формулам. Результаты технологических данных записывают в сводную технологическую ведомость по форме 7.5, в которой обязательно указывают характер очищаемой воды (городская, промышленный сток, искусственно составленная и т.д.).

Форма 7.5

Сводная технологическая ведомость по работе аэротенка-смесителя

Время аэрац мм,ч	Нагрузка, мг/сут		Окислите льная мощность 1 м аэро- тенка по БПК <sub>5</sub> (м <sup>3</sup> сут)	Скорость окисле- ния по БПК <sub>5</sub> , г/м <sup>3</sup> ч	Окислите льная способ- ность 1 г беззольно го ила по БПК <sub>5</sub> мг/гсут	Возраст ила, сут	Иловый индекс, мл/г
	На 1 г беззоль ного ила по БПК <sub>5</sub>	На 1 г сухого ила по взвеси					

Контрольные вопросы:

- 1) В чем заключается сущность биологической очистки сточных вод?
- 2) Что представляет собой активный ил?
- 3) Как определяются параметры аэротенка?

## 8 Лабораторная работа № 8. Определение эффекта работы биологического фильтра

*Цель работы:* изучение процесса биологической очистки сточных вод и определение параметров биофильтра.

Биологические фильтры (биофильтры) представляют собой сооружения биологической очистки, в которых сточная вода фильтруется через крупнозернистый материал, покрытый биологической пленкой, образованной колониями аэробных микроорганизмов. Взвешенные вещества, также коллоидные и растворенные органические вещества, содержащиеся в

неочищенной сточной жидкости, при фильтрации через загрузку биофильтра сорбируются биологической пленкой. Микроорганизмы биологической пленки окисляют органические вещества. Отработанная биопленка вымывается протекающей сточной водой и выносится из тела биофильтра.

Наиболее широкое применение в практике строительства очистных сооружений получили капельные и высококо нагружаемые биофильтры.

Отличительной особенностью капельных биофильтров являются небольшой (12-25 мм) размер фракции загрузочного материала, а также низкая гидравлическая нагрузка - от 0,5 до 1 м<sup>3</sup> сточной воды на 1 м<sup>3</sup> загрузочного материала в сутки. Высота слоя загрузки составляет 1,5-2 м.

Высоконагружаемые биофильтры имеют крупность загрузочного материала 40-65 мм, высоту слоя загрузки от 2 до 4 м. Величина гидравлической нагрузки составляет 4-6 м<sup>3</sup> / (м<sup>3</sup> сут).

*Описание установки.* Работа проводится на модели биологического фильтра (см. рисунок 8.1.) с внутренним диаметром 0,1 м. Корпус выполнен из органического стекла. В него загружен гранитный щебень с крупностью фракций 15-30 мм. Снизу загрузочный материал поддерживается решеткой. Неочищенная сточная вода из бутылки подается в опрокидывающийся желоб. При наполнении сточной водой желоб опрокидывается и вода поступает на биофильтр. Пройдя сквозь слой загрузочного материала, биологически очищенная сточная вода поступает в эксикатор, в котором происходит оседание отработанной биологической пленки.

Расход сточной воды регулируется с помощью крана. Высота слоя загрузочного материала в модели биофильтра 1,5 м, общий объем загрузки 12 дм<sup>3</sup>, модель биофильтра работает круглосуточно о гидравлической нагрузкой 1-1,5 м<sup>3</sup> сточной воды на 1 м<sup>3</sup> объема биофильтра.

*Методика проведения работы и обработки данных.*

Замеряют расход неочищенной сточной воды, поступающий из градуированной бутылки. Эксикатор тщательно промывают и устанавливают под модель биофильтра. В него отбирают примерно 1 л очищенной сточной воды, которая отстаивается в нем 1 ч. после чего из осветленной воды на анализ отбирают 300-400 мл. Для анализа неочищенной сточной воды определяют содержание взвешенных веществ, а также концентрацию органических загрязнений по БПК<sub>5</sub> и окисляемость. Результаты определений заносят в таблицу по форме 8.1. На основании полученных результатов определений санитарно-химических показателей подсчитывается эффект снижения концентрации загрязнений и составляется сводная ведомость по определению окислительной мощности биофильтра.

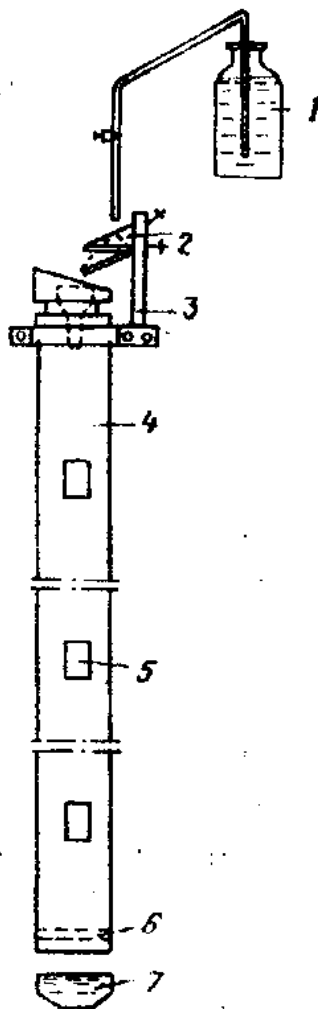


Рисунок 8.1 - Лабораторная установка биофильтра с гравийной загрузкой

Форма 8.1

Результаты определений показателей работы биологического фильтра

Показатели	Сточная вода		Эффект снижения загрязнений, %
	неочищенная	очищенная	
БПК <sub>5</sub> , мг/л			
Окисляемость, мг/л			
Взвешенные вещества, мг/л			
Расход сточной воды, мл/мин			

Сводная ведомость по определению  
окислительной мощности биофильтра

Гидравлическая нагрузка, м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>сут).....  
Нагрузка по взвешенным веществам, г/(м<sup>3</sup> сут).....  
Нагрузка по БПК<sub>5</sub> г/ (м<sup>3</sup> сут).....  
Окислительная мощность по снятой БПК<sub>5</sub>, г/(м<sup>3</sup> сут) .....

Гидравлическая нагрузка, м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>сут), определяется по формуле:

$$q = \frac{a \cdot 0,00144}{W},$$

где а - расход сточной воды, мл/мин;

0,0144 - переводной коэффициент;

W - объем загрузочного материала, м<sup>3</sup>.

При W = 0,012 м<sup>3</sup> формула (1) принимает вид:

$$q = 0,12 \cdot a.$$

Нагрузка по взвешенным вещества, г/ (м<sup>3</sup> сут) на единицу объема биофильтра:

$$P = V_1 \cdot q,$$

где V<sub>1</sub> - концентрация взвешенных веществ в неочищенной сточной-  
воде, г/м<sup>3</sup>.

Нагрузка по БПК<sub>5</sub>, г/(м<sup>3</sup>сут):

$$P_2 = L_1 q,$$

где L<sub>1</sub> – БПК<sub>5</sub> неочищенной сточной воды, г/м<sup>3</sup>.

Затем определяется окислительная мощность ОМ, г/(м<sup>3</sup>·сут), биофильтра по снятой БПК<sub>5</sub>:

$$OM = (L_1 - L_2)q,$$

где L<sub>2</sub> – БПК<sub>5</sub> очищенной сточной воды, г/м<sup>3</sup>.

Контрольные вопросы:

1) Сущность биологической очистки сточных вод, достоинства и недостатки.

2) Особенности капельных биофильтров.

3) Эффективность снижения загрязнений сточных вод биологической очистки.

4) Определение параметров биофильтров.

## Список литературы

- 1 Бородавченко Н.Н и др. Охрана водных ресурсов. - М., 1979. – 247 с.
- 2 Водный кодекс Республики Казахстан. - Алматы: БИКО, 2003 - 64 с.
- 3 Беличенко Ю.П., Швецов М.М. Рациональное использование и охрана водных ресурсов.- М., 1986. – 304 с.
- 4 Юшмаков О.Л., Шабанов В.В. и др. Комплексное использование водных ресурсов. – М., 1985.
- 5 Калицун В.И., Ласков Ю.М. Лабораторный практикум по канализации. - М.: Стройиздат, 1978.
- 6 Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобаенов С.К. Канализация. - М.: Стройиздат, 1975.



Жандаулетова Фарида Рустембековна  
Бекмуратова Нуржамал Сарсембаевна

ОХРАНА И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОДНЫХ  
РЕСУРСОВ И ПОЧВ

Методические указания  
к лабораторным работам  
(для магистрантов специальности 6М073100)

Редактор Л.Т. Молдабекова  
Специалист по стандартизации Н.К. Молдабекова

Подписано в печать \_\_\_\_:\_\_\_\_:\_\_\_\_.  
Тираж \_\_\_\_ экз.  
Объем 2,1 уч.-изд. л.

Формат 60x84 1/16  
Бумага типографская 1  
Заказ \_\_\_\_\_. Цена 1050 тн.

Копировально-множительное бюро  
Некоммерческого акционерного общества  
«Алматинский университет энергетики и связи»  
050013, Алматы, ул. Байтурсынова, 126