

РАЗДЕЛ 1. СОСТАВ И СВОЙСТВА СТОЧНЫХ ВОД

Лабораторная работа №1: рН-метрия

Потенциометрические методы анализа основаны на измерениях потенциала индикаторного электрода, который зависит от состава исследуемой системы. Специальные конструкции референтных и индикаторных электродов позволяют с высокой точностью измерять электродные потенциалы, обусловленные наличием в исследуемых системах искомых компонентов.

Величина рН - это отрицательный логарифм молярной концентрации ионов водорода в водной фазе. Метод рН-метрии является одним из видов потенциометрического метода анализа. В данном случае используется электродная пара, состоящая из хлорсеребряного или насыщенного каломельного электрода в качестве референтного и стеклянного электрода в качестве индикаторного. Потенциометр, имеющий шкалу, отградуированную в единицах рН, называется рН-метром.

Величина рН является одной из наиболее важных характеристик состава воды. Измерение этой величины выполняется при проведении санитарно-химического анализа воды, для контроля дозирования реагентов, определения стабильности воды и многих других целей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – изучение приемов работы на рН-метре.

Задачи опытов

- Построение кривой потенциометрического титрования водного раствора коагулянта.
- Определение областей рН изменения дисперсного состава смеси.

Состав экспериментального оборудования (рис. 1.1): рН-метр; магнитная мешалка - 1 шт.; цилиндр для разведения 100 мл - 1 шт.; стакан для исследуемого раствора 250 мл - 1 шт.; воронка - 1 шт., бюретка для титрования 25 мл - 1 шт.

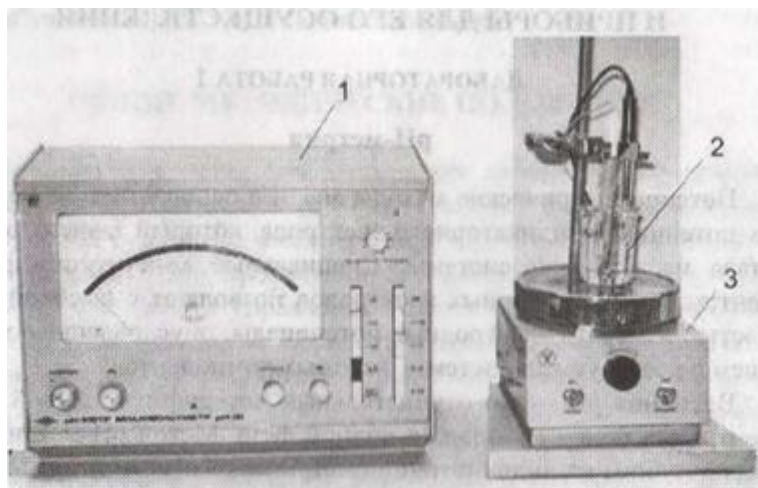


Рис. 1.1. Внешний вид экспериментального оборудования: 1 - рН-метр 121; 2 - измерительная ячейка; 3 - магнитная мешалка

Приготовление растворов

Для проведения лабораторной работы необходимо приготовление следующих растворов:

- рабочего раствора коагулянта. Рабочий раствор коагулянта (100 мг/л по иону) приготавливается разведением концентрата (концентрат коагулянта 1 г/л по иону металла) 1:10. Для этого 10 мл концентрированного раствора помещают в цилиндр на 100 мл и доводят до метки дистиллированной водой;

- раствора щелочи NaOH. Для приготовления децинормального раствора щелочи взвешивают на технохимических весах 4 г NaOH, переносят в мерную емкость на 1 л и доливают дистиллированную воду до метки;

- исследуемого раствора. В мерный стакан на 250 мл помещают 100 мл водопроводной воды и необходимое количество рабочего раствора коагулянта (концентрация коагулянта задается преподавателем).

Методика проведения опытов

Стакан с исследуемым раствором устанавливается на магнитную мешалку так, чтобы электроды рН-метра не касались дна или стенок стакана и ротора мешалки. Затем устанавливается бюретка с раствором щелочи. Производится измерение величины рН при медленном вращении ротора до введения щелочи. Последующие замеры величины рН производятся при добавлении щелочи. Объем раствора NaOH и соответствующее ему значение рН заносятся в табл. 1.1.

Титрование рекомендуется провести до значения $pH=12,0$.

Таблица 1.1

Зависимость величины pH раствора от объема введенного раствора $NaOH$

Объем $NaOH$, мл								
Величина pH								
Состояние раствора								

Используя данные таблицы, строят график зависимости $pH = f(V,u)$ и отмечают на поле графика области изменения дисперсного состояния смеси.

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДЫ И СООРУЖЕНИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОЧИСТКИ, ДООЧИСТКИ И ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Лабораторная работа №2: Определение содержания взвешенных веществ в сточной воде

ЦЕЛЬ РАБОТЫ – определение качества сточной воды по показателю Взвешенные вещества.

ЗАДАЧА ОПЫТА:

1. Изучение метода фильтрования в лабораторных условиях.
2. Определение весовых характеристик.
3. Определение показателя взвешенные вещества.

Состав экспериментального оборудования

Посуда: колбы конические для отбора проб 250 мл – 1 шт; цилиндры 100 мл - 1 шт., цилиндры для фильтрата 100 мл - 1 шт; воронки - 1 шт., бюксы - 1 шт., бумажные фильтры.

Приготовление

Производится отбор исследуемой сточной воды из рабочей модели аэротенка в лаборатории в коническую колбу в количестве 200 мл.

Проба тщательно перемешивается и в цилиндр 100 мл наливают 100 мл сточной воды для проведения анализа.

Методика проведения опытов

Изучение метода фильтрования в лабораторных условиях

Сухой бюкс с бумажным фильтром, заранее высушенный в сушильном шкафу, устанавливается на электронные весы. Взвешивание бюкса с фильтром производится три раза. Показания записываются в таблицу. Окончательный вес определяется как среднее арифметическое значение.

Бумажный фильтр из бюкса расправляют в сухих условиях. В цилиндр для фильтрата помещается воронка, в воронку вставляется сухой фильтр. Проба сточной воды перемешивается и аккуратно наливается в воронку с фильтром, так, чтобы вода не переливалась через края фильтра. По мере фильтрования добавляется сточная вода в воронку с фильтром до тех пор, пока 100 мл сточной воды не будут отфильтрованы.

Определение весовых характеристик

Фильтр из воронки помещается в тот же бюкс и высушивается в сушильном шкафу в течение 5 часов. Крышка бюкса при этом открыта. После высушивания бюкс закрывается притертой крышкой и помещается в эксикатор для остывания. Затем закрытый бюкс с отработанным фильтром взвешивается на электронных весах три раза. Окончательный вес определяется как среднее арифметическое значение.

Определение показателя взвешенные вещества

Находим разницу между весом сухого бюкса и бюкса с отработанным фильтром. Это значение X будет количеством взвешенных веществ в исследуемых 100 мл сточной воды. Для получения значения показателя взвешенные вещества значение X необходимо умножить на 10. Показатель взвешенные вещества измеряется в мг/л.

Таблица 2.1

Экспериментальные и расчетные данные

	1	2	3	Среднее	Показатель взвешенные вещества

Вес сухого бюкса				$X_0 =$	$X = (X_0 - X_1) \cdot 10 =$ мг/л
Вес бюкса с отработанным фильтром				$X_1 =$	

Лабораторная работа №3: Определение основных технологических характеристик 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 БПК₅ (или по БПК_{полн}) и по взвешенным веществам, содержащимся в сточной воде.

Из практики эксплуатации известно, что в аэротенках полной биологической очистки ил сохраняет свою нормальную активность при нагрузке по БПК₅ в пределах 200-500 мг/(гсут) на беззольное вещество ила.

Величина обратная нагрузке, по взвешенным веществам характеризует время пребывания ила в аэротенке, или, так называемый, возраст ила.

Окислительная мощность активного ила - это количество снятых за сутки органических загрязнений по БПК с 1 м³ объёма сооружения, определив окислительную мощность аэротенка можно рассчитать окислительную способность его. Для аэротенков с продольно-вращательным движением смеси, аэротенков-смесителей окислительная мощность составляет 500-600 г/ м³сут.

Другой важной характеристикой активного ила в аэротенках является его способность к оседанию - величина илового индекса, который представляет

собой объём, в мл, занимаемый 1 г активного ила (сухого вещества) после 30 мин. отстаивания в цилиндре.

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

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - определение основных показателей работы аэрационных сооружений: нагрузка на ил по взвешенным веществам и по БПК, возраст активного ила, ОМ аэротенка-смесителя, скорость окисления загрязнений, скорость оседания ила, иловый индекс, эффективность работы.

ЗАДАЧА ОПЫТОВ:

Определения расхода сточной воды;

Определение концентрации растворённого кислорода;

Определение дозы активного ила;

Определение илового индекса;

Вычисление величины органической нагрузки.

Состав экспериментального оборудования

Лабораторная модель аэротенка - 1 шт., кислородомер; секундомер, эксикатор.

Посуда: сосуд для отбора проб 500 мл - 3 шт., воронки – 2 штуки; цилиндр 1 л - 1 шт., цилиндр 100 мл - 1 шт.; бумажные фильтры

Описание установки

Аэротенк состоит из самого аэротенка и вторичного отстойника. Работа проводится на модели аэротенка-смесителя (рис.3.1) с внутренним диаметром 0,1 м и высотой 2,2 м. Аэротенк 6 и вторичный отстойник 2 выполнены из органического стекла.

В нижней части аэротенка-смесителя устанавливается фильтр для распыления сжатого воздуха в теле сооружения.

Отстойник изготавливается диаметром 0,05 м и высотой без конической части 1,25 м. Внизу отстойник заканчивается конусом со штуцером, через

который периодически удаляется избыточный активный ил. Штуцер в верхней части отстойника служит для отвода биологически очищенной сточной воды. Сточная вода из ёмкости 7 по шлангу 8 поступает в нижнюю часть аэротенка-смесителя 6. Очищенная вода из аэротенка отводится во вторичный отстойник по шлангам 11 и 12 через тройник 5, который служит в аэротенке отстойнике для поддержания заданного уровня воды. Активный ил из отстойника 2 с помощью эрлифтов перекачивается в нижнюю часть аэротенка. Воздух подаётся в аэротенк по шлангу 9, подача воздуха регулируется при помощи игольчатого вентиля 10.

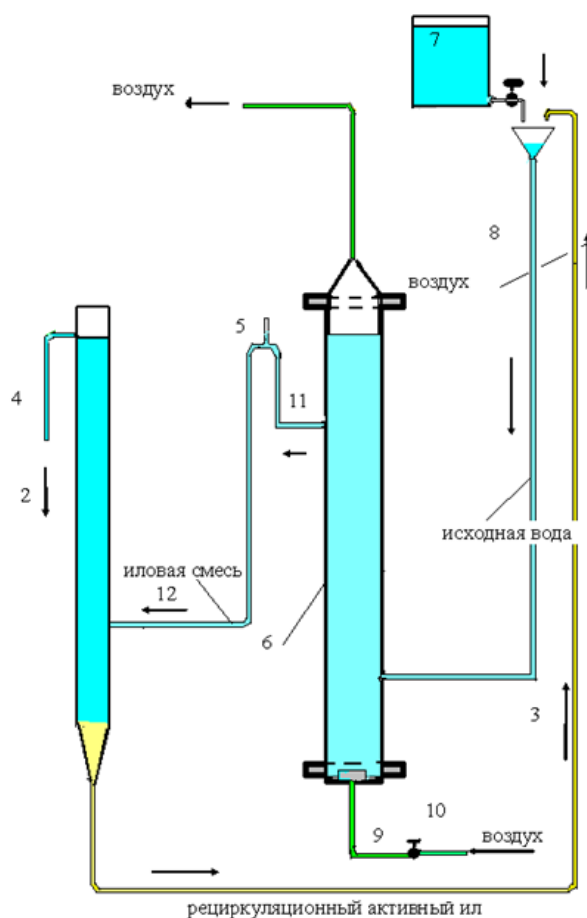


Рис. 3.1. Схема лабораторной установки аэротенка-смесителя: 1-эрлифт; 2 - вторичный отстойник; 3, 4, 8, 9, 11, 12 - шланги; 5 -тройник; 6 - аэротенк-смеситель; 7 - бутылка с исходной сточной водой; 10 - игольчатый вентиль.

Методика проведения опытов

Устанавливается режим поступления воды на лабораторную модель аэротенка при помощи мерного цилиндра и секундомера (режим задаётся преподавателем), замер повторяют трижды.

Концентрацию кислорода определяют при помощи кислородомера – датчик погружается в аэротенк на глубину не более 0,3 м от поверхности воды, замер также повторяю трижды.

В сборную ёмкость отбирают очищенную сточную воду около 1 л и после отстаивания в течении 1,5 часов отбирают пробу 200-300 мл для проведения количественного химического анализа пробы сточной воды.

Результаты определений заносятся в таблицу 1. На основании санитарно-химических анализов сточных вод рассчитывают эффект снижения концентрации загрязнений и составляют сводную ведомость (табл.3.1). Учитывая, что определение БПК, азота аммонийного; фосфора требуют значительного времени – эти показатели задаются преподавателем по данным работы лабораторной установки.

Из полученных данных замеров расхода воды выводят среднее арифметическое и записывают в таблицу 3.2.

Таблица 3.1

Результаты замеров расходов сточной воды

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

Таблица 3.2

Результаты замеров расходов сточной воды

Концентрация кислорода в мг/л при T =°C	Замер			
	1	2	3	Средний

В тщательно вымытую колбу отбирается примерно 1 л очищенной сточной воды содержимое хорошо перемешивают и 300-400 мл пробы отливают в колбу для проведения количественного химического анализа пробы сточной воды. Для анализа поступающей воды отбирают 200-300 мл. Полученные данные

количественного химического анализа пробы сточной воды заносят в таблицу 1 и 2 подсчитывают эффект очистки, которые записывают в таблицу 3.3.

Таблица 3.3

Результаты определений показателей работы аэротенка

Показатели	Сточная вода		Эффект очистки, %
1	2	3	4
БПК ₅ , мг/л			
Азот аммонийный, мг/л			
Взвешенные вещества, мг/л			
Концентрация растворённого кислорода, мг/л			
Нагрузка по БПК, в мг БПК/гсут			
Иловый индекс см ³ /г			

Затем непосредственно из аэротенка отбирают пробу 100 мл. Пробу перемешивают и помещают в градуированный цилиндр на 100 мл, где происходит оседание активного ила.

Через 3, 6, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 и 30 минут фиксируют объём ила и записывают в таблицу 3.4 и по полученным данным строят кривую скорости оседания ила в координатах “объём ила - время, мин”.

Таблица 3.4

Результаты замеров по определению скорости оседания активного ила

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

Определение нагрузки производится последующей формуле:

$$q_i = L_{en} / a_i (1 - s) t_{at}$$

где L_{en} – БПК поступающей в аэрационное сооружение сточной жидкости, мг/л или г/м³;

s – зольность ила, доли единицы;

a_i – доза ила, выражаемая в г/л, если БПК выражена в мг/л, и в г/м³, если БПК выражена в г/м³;

t_{at} – длительность пребывания жидкости в аэрационном сооружении.

Иловый индекс определяется из формулы:

$$R_i = a_i / (1000 / I_i) - a_i$$

где R_i – степень рециркуляции активного ила принимается 0,3;

a_i – доза активного ила, г/л (определяется при выполнении лабораторной работы).

Лабораторная работа №4: Определение эффекта работы биологического фильтра

Биологические фильтры (биофильтры) представляют собой сооружения биологической очистки, в которых сточная вода фильтруется через крупнозернистый материал, покрытый биологической плёнкой, образованной колониями аэробных организмов. Взвешенные вещества, а также коллоидные и растворённые органические вещества, содержащиеся в неочищенной сточной воде, при фильтрации через загрузку биофильтра сорбируются биологической плёнкой. Микроорганизмы биологической плёнки окисляют органические вещества. отработанная биоплёнка вымывается протекающей сточной водой и выноситься из тела биофильтра.

Наиболее широкое применение в практике строительства получили капельные, высоконагружаемые и биофильтры с плоскостной загрузкой.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ - определение эффекта работы биофильтров с различными загрузочными материалами при различных нагрузках по органическим веществам и сточной воде.

ЗАДАЧА ОПЫТА:

Определение гидравлической нагрузки;

Определение нагрузка по БПК₅;

Расчёт окислительной мощности по снятой БПК₅;

Определение концентрации взвешенных веществ.

Состав экспериментального оборудования

Лабораторная модель биологического фильтра - 3 шт.

Посуда: сосуд для отбора проб 500 мл - 3 шт.

Описание установки

Работа проводится на модели биологического фильтра (рис. 4.1) с внутренним диаметром 0,1 м.

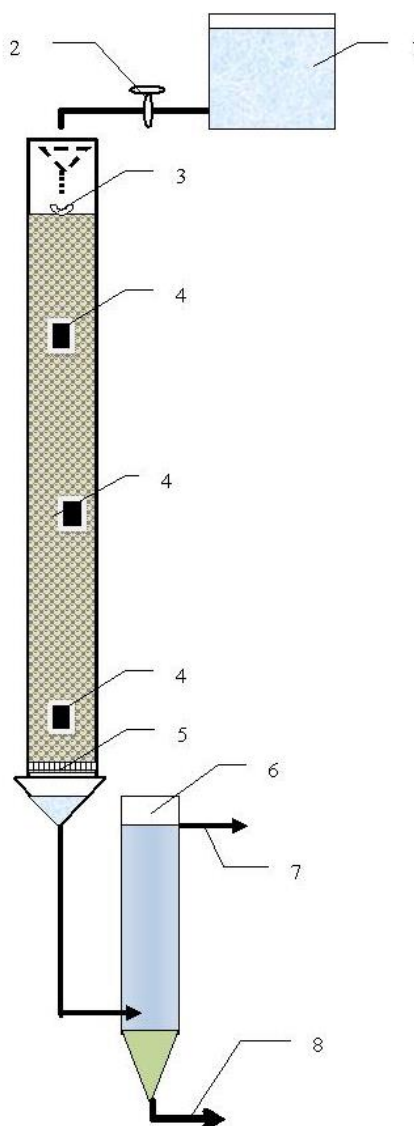


Рис. 4.1. Лабораторная установка биофильтра: 1 - неочищенная сточная вода; 2 – кран для регулирования расхода сточной воды; 3 – разбрызгиватель; 4 – пробоотборники для отбора сточной воды и микроскопии биоплёнки; 5- поддерживающая решётка; 6 – вторичный отстойник; 7 – отвод очищенной сточной воды; 8 – отвод биоплёнки из вторичного отстойника.

Корпус выполнен из органического стекла. В биологические фильтры загружаются:

- гравийная загрузка для капельного биофильтра крупностью 12-25 мм;

- гравийная загрузка для высоконагружаемого биофильтра крупностью 35-60 мм;
- плоскостная загрузка в виде блоков или отдельных элементов.

Снизу материал поддерживается решёткой, неочищенная вода подаётся в биофильтр через регулировочный кран. Пройдя сквозь слой загрузочного материала, биологически очищенная сточная вода поступает во вторичный отстойник, в котором происходит оседание отработанной биологической плёнки.

Методика проведения опытов

Устанавливается режим поступления воды на лабораторную модель биофильтра (режим поступления задаётся преподавателем в диапазоне от 10 до 100 мл/мин). В сборную ёмкость отбирают очищенную сточную воду около 1 л и после отстаивания в течении 1,5 часов отбирают пробу на санитарно-химический анализ. Результаты определений заносятся в таблицу 6. На основании санитарно-химических анализов сточных вод рассчитывают эффект снижения концентрации загрязнения и составляют сводную ведомость по определению окислительной мощности биофильтра. Модель биофильтра работает круглосуточно. Гидравлическая нагрузка устанавливается преподавателем в зависимости от типа биофильтра.

Таблица 4.1

Результаты определений показателей работы биологического фильтра

Показатели	Сточная вода		Эффект очистки, %
1	2	3	4
БПК ₅ , мг/л			
Азот аммонийный, мг/л			
Взвешенные вещества, мг/л			
Расход сточной воды, мл/мин			

Гидравлическая нагрузка, ($\text{м}^3/\text{м}^2\text{сут}$) определяется по формуле:

$$q = a \cdot 0,00144 / W$$

где a - расход сточной воды, мл/мин, 0,00144 - переводной коэффициент; W - объём загрузочного материала, m^3 .

Сводная ведомость по определению окислительной мощности биофильтра

Гидравлическая нагрузка, $m^3/m^3\text{сут}$

Нагрузка по взвешенным веществам $г/ m^3\text{сут}$

Нагрузка по БПК₅ $г/ m^3\text{сут}$

Окислительная мощность по снятой БПК₅, $г/ m^3\text{сут}$

При $W = 0,012 m^3$ формула принимает вид:

$$q = a * 0,012.$$

Нагрузка по взвешенным веществам, $г/ m^3\text{сут}$ на единицу объёма биофильтра равна:

$$P = B_1 * q,$$

где B - концентрация взвешенных веществ в неочищенной сточной воде, $г/ m^3$.

Нагрузка по БПК₅, $г/ m^3\text{сут}$:

$$P_2 = L_{en} * q.$$

где L_{en} - БПК₅ в неочищенной сточной воде, $г/ m^3$.

Затем определяется окислительная мощность ОМ ($г/ m^3\text{сут}$) по снятой БПК₅:

$$OM = (L_{en} - L_{ex}) * q,$$

где L_{ex} - БПК₅ очищенной сточной воде, $г/ m^3$.