

Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»

О. Е. Гончаренок

САНИТАРНАЯ ГИДРОТЕХНИКА

Учебно-методическое пособие по лабораторным работам
для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки
05.03.06. Экология и природопользование

Калининград
2023

УДК 628.3 (076)

Рецензент

кандидат биологических наук, доцент кафедры водных биоресурсов
и аквакультуры ФГБОУ ВО «КГТУ» Е.А. Масюткина

Гончаренок, О. Е.

Санитарная гидротехника: учеб.-методич. пособие по выполнению лабораторных работ по напр. подгот. 05.03.06 Экология и природопользование / **О. Е. Гончаренок.** – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 50 с.

Учебно-методическое пособие является руководством по проведению цикла лабораторных работ по дисциплине «Санитарная гидротехника». Представлены учебно-методические материалы по выполнению лабораторных работ, включающие рекомендации по выполнению заданий по каждой теме, контрольные вопросы и список рекомендованной литературы.

Табл. 34 , список лит. – 6 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» 08 июня 2023 г., протокол №14

УДК 628.3 (076)

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2023 г.
© Гончаренок О.Е., 2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
Лабораторная работа № 1 Расчет процессов и сооружений механической очистки сточных вод.....	8
Лабораторная работа № 2 Расчет процессов и сооружений биологической и биохимической очистки сточных вод	13
Лабораторная работа № 3 Расчет процессов и сооружений физико-химической очистки сточных вод	18
Лабораторная работа № 4 Расчет процессов и сооружений химической очистки сточных вод	22
Лабораторная работа № 5 Расчет процессов и сооружений для обработки осадков сточных вод..	25
Лабораторная работа № 6 Расчет процессов и сооружений, применяемых на водопроводных станциях (станциях водоподготовки) для обработки природных вод.....	29
Лабораторная работа № 7 Составление технологической схемы очистки сточных вод, подбор очистных сооружений для различных промышленных предприятий.....	34
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	46
РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА.....	47
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	48
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	49

ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методическое пособие разработано для направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование (для очной формы обучения) по дисциплине «Санитарная гидротехника».

Дисциплина «Санитарная гидротехника» относится к элективному модулю по выбору «Прибрежное природопользование» части, формируемой участниками образовательных отношений.

Целью освоения дисциплины «Санитарная гидротехника» является формирование у учащихся готовности к составлению схемы очистки сточных вод промышленных и коммунальных предприятий.

Задачи изучения дисциплины:

- освоение знаний по современным методам очистки сточных вод и обработки осадка сточных вод, подготовки природных вод для их использования в рыбохозяйственных целях.

- формирование навыков применения механических, биологических, физико-химических и химических методов очистки сточных вод, составления схемы очистки стоков промышленных предприятий и коммунальных служб, обработки и утилизации осадков сточных вод, осветления, обесцвечивания и обеззараживания природных вод.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- классификацию сточных вод и методов их очистки;
- закономерности механической, биологической, физико-химической, химической очистки сточных вод;
- методы обработки осадков сточных вод;
- методы подготовки природных вод;
- устройство, принцип и эффективность работы очистных сооружений;
- основы проектирования очистных станций и станций водоподготовки.

Уметь:

- проводить санитарно-химическую оценку сточных вод;
- компоновать основные блоки очистки сточных вод;
- анализировать эффективность очистки.

Владеть:

- навыками составления схемы очистки сточных вод промышленных и коммунальных предприятий.

При изучении дисциплины используются компетенции, базовые знания, умения и навыки, полученные в процессе освоения следующих дисциплин образовательной программы бакалавриата: «Биология», «Глобальные и региональные проблемы природопользования», «Основы прибрежного природопользования», «Санитарная гидробиология».

При преподавании дисциплины используются достижения науки и практики, передовой отечественный и зарубежный опыт в области очистки

сточных вод коммунально-бытового и промышленного происхождения, водоподготовки, а также обработки осадков.

Дисциплина «Санитарная гидротехника» формирует компетенции, используемые в дальнейшей профессиональной деятельности, а также является базой при изучении таких дисциплин как: «Региональное и отраслевое природопользование», «Управление прибрежными зонами». Знания, умения и навыки используются при прохождении всех видов практик, а также в дальнейшей профессиональной деятельности и аспирантуре.

Текущий контроль усвоения дисциплины осуществляется через систему тестирования. Тестовые задания используются для оценки освоения всех тем дисциплины студентами. Тесты сформированы на основе материалов лекций и вопросов рассмотренных в рамках лабораторных занятий. Тестирование обучающихся проводится на лабораторных занятиях (в течение 10-15 минут, в зависимости от уровня сложности материала) после рассмотрения на лекциях соответствующих тем. Тестирование проводится с помощью компьютерной программы Indigo (база тестов располагается на сервере кафедры).

Положительная оценка («отлично», «хорошо» или «удовлетворительно») выставляется программой автоматически, в зависимости от количества правильных ответов.

Градация оценок:

- «отлично» - свыше 85 %;
- «хорошо» - более 75%, но не выше 85%;
- «удовлетворительно» - свыше 65%, но не более 75%.

Промежуточная аттестация по дисциплине предусмотрена в виде: очная форма, восьмой семестр – зачет.

Система оценивания результатов обучения при промежуточной аттестации включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100-балльную (процентную) систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (табл. 1).

Таблица 1 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1	2	3	4	5
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно корректно	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	изучаемый объект	изучаемый объект	
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематически и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задачи данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40 %	41-60 %	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	алгоритм, допускает ошибки		алгоритма	

Учебно-методическое пособие состоит из:

введения, где указаны: шифр, наименование направления подготовки (специальности); дисциплина учебного плана, для изучения которой оно предназначено; цель и планируемые результаты освоения дисциплины; место дисциплины в структуре ОПОП ВО; виды текущего контроля, последовательности его проведения, критерии и нормы оценки (отметки); форма проведения промежуточной аттестации; критерии и нормы оценки (текущей и промежуточной аттестации);

основной части, которая содержит методические рекомендации к каждой лабораторной работе;

заключения;

списка рекомендованной литературы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений механической очистки сточных вод.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, иллюстрирующие сооружения для механической очистки сточных вод, видеофильмы: «Барабанная решетка», «Водоканал Подольска», «Курьяновские очистные сооружения», «Мосводоканал», «Решетки».

Задание:

1. Пользуясь рекомендованной литературой, изобразить в тетрадях схемы очистных сооружений, их конструктивные особенности, законспектировать принцип работы, условия применения, эффективность действия сооружений механической очистки сточных вод.
2. Рассчитать основные сооружения механической очистки по варианту задания, выданному преподавателем. Сделать вывод.
3. Ответить на вопросы для самопроверки.

Методические указания по выполнению заданий

Прежде чем приступить к выполнению задания студент должен выслушать преподавателя и внимательно ознакомиться с рекомендациями к выполнению данной лабораторной работы. Ознакомиться с перечнем рекомендуемой литературы, повторить теоретический материал, относящийся к теме занятия.

Изучая материал лабораторного занятия, необходимо обратить внимание на следующие вопросы. Механическую очистку воды следует рассматривать как предварительную. В результате механической очистки из сточной воды удаляют загрязнения, находящиеся, в основном, в нерастворенном и частично коллоидном состоянии.

Для механической очистки используют: решетки (для процеживания крупных загрязнений), песколовки (для выделения из сточных вод песка, молотого известняка, гипса, битого стекла и других минеральных частиц с гидравлической крупностью не менее 11 мм/с), отстойники (для задержания нерастворимых органических загрязнений и мелкодисперсных взвесей с минимальным диаметром частиц 0,01 мм), фильтры (для удаления из сточных вод взвешенных веществ после отстаивания), гидроциклоны, центрифуги, сепараторы, осветлители (для осаждения мелкодисперсных примесей, осветления сточных вод), жироловки, нефтеловушки, маслоотделители (для отделения более легких, чем вода веществ, которые всплывают на поверхность) и другие сооружения.

После ознакомления с содержанием работы необходимо выполнить каждое задание занятия, соблюдая следующие требования:

1) Задания выполняются в специально отведенной тетради для лабораторных занятий по дисциплине аккуратно и разборчивым почерком.

2) Указывается дата, номер занятия, его полное наименование и цель.

3) Схемы очистных сооружений выполняются простым карандашом. Рисунок сооружения должен располагаться по центру страницы тетради, а подпись (название) рисунка – сверху. Схема должна иметь обозначения составных частей, структурных компонентов и т.п. Эти обозначения можно делать на горизонтальных линиях, от которых при помощи линейки проведены указывающие линии к соответствующим частям рисунка. Указывающие линии не должны пересекаться. Если подписей много, их можно заменить цифрами. В этом случае рядом с рисунком или под ним составляется «легенда», в которой цифры расшифровываются. Схема сооружения должна быть крупной и четкой.

Под рисунком записывают конструктивные особенности, назначение, принцип работы, условия применения, эффективность действия сооружений механической очистки сточных вод.

В процессе занятия студенты изображают в тетрадях схемы следующих сооружений механической очистки сточных вод:

1) решетки - стержневые с ручной и механизированной очисткой, «Ротоскрин», решетки-дробилки;

2) песколовки – вертикальной, горизонтальной с прямолинейным движением воды, горизонтальной с круговым движением воды (тангенциальной, аэрируемой);

3) отстойника - горизонтального, вертикального, радиального с центральным впуском, тонкослойного;

4) фильтра – сетчатого барабанного, открытого безнапорного, с зернистой загрузкой;

5) гидроциклона - открытого, напорного;

6) центрифуги – осадительной, маятниковой и шнековой;

7) сепаратора;

8) горизонтальной маслоловушки;

9) нефтеловушки;

10) схему механической очистки.

Прежде чем изображать схемы, студенты разбираются в принципе работы сооружений, их конструкциях и условиях применения, обращают внимание на эффективность действия сооружений. Для этого необходимо воспользоваться предоставленными преподавателем схемами и слайдами, а также учебным пособием «Санитарная гидротехника» (автор К.Б. Хайновский, 2016 г.).

После того, как выполнено первое задание лабораторной работы, необходимо провести расчеты основных сооружений механической очистки – горизонтального и радиального отстойников, по вариантам, согласно исходным данным (таблица 1.1) и приведенным ниже формулам с пояснениями.

Таблица 1.1 – Исходные данные для расчетов отстойников

Наименование	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Длина секции, отделения, м	11,5	12,0	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	20,0
Диаметр отстойника, м	17,5	18,0	18,0	19,0	20,0	21,0	20,0	25,0	27,0	30,0
Ширина секции, отделения, м	3,0	3,3	3,5	4,0	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	5,5
Диаметр впускного устройства, м	0,2	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,0	1,2	1,3	1,5
Глубина проточной части в отстойнике, м	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,0
Эффект осветления, %	60	60	50	50	60	70	50	60	70	60
Концентрация взвешенных веществ, мг/л	200	300	300	400	300	400	300	300	400	400
Расход сточных вод, м ³ /ч	100	120	130	140	155	160	170	175	185	200

Расчет необходимого количества отстойников проводится следующим образом. Принимая во внимание, что при проектировании очистных установок, как правило, применяются типовые или экспериментальные конструкции отстойных сооружений с известными геометрическими размерами, за расчетную величину следует принимать производительность одного отстойника (G_{set}), при которой обеспечивается заданный эффект очистки. Производительность отстойника – это объем осветленной жидкости в единицу времени.

Методика расчета.

Производительность одного отстойника (G_{set} , м³/ч), следует определять, исходя из заданных геометрических размеров сооружения и требуемого эффекта осветления сточных вод по формулам:

а) для горизонтальных отстойников:

$$G_{set} = 3.6 \times K_{set} \times L_{set} \times B_{set} \times (U_o - V_{tb}) \quad (1.1)$$

где K_{set} - коэффициент использования объема; L_{set} - длина секции, отделения, м; B_{set} - ширина секции, отделения, м; U_o - гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с, определяемая по формуле (1.3); V_{tb} -

турбулентная составляющая, мм/с, принимаемая по таблице 1.2 в зависимости от скорости потока в отстойнике V_w , мм/с.

б) для радиальных отстойников:

$$G_{set} = 2.8 \times K_{set} \times (D_{set} - d) \times (U_o - V_{tb}) \quad (1.2)$$

где K_{set} - коэффициент использования объема; D_{set} - диаметр отстойника, м; d - диаметр впускного устройства, м; U_o - гидравлическая крупность задерживаемых частиц, мм/с, определяемая по формуле (1.3); V_{tb} - турбулентная составляющая, мм/с, принимаемая по таблице 1.2 в зависимости от скорости потока в отстойнике V_w , мм/с.

Коэффициент использования объема для горизонтальных отстойников составляет – 0,5, для радиальных – 0,45 (по СНиП 2.04.03-85).

Таблица 1.2 - Величина турбулентной составляющей (V_{tb}) в зависимости от скорости рабочего потока (V_w) (по СНиП 2.04.03-85)

V_w , мм/с	5	10	15
V_{tb} , мм/с	0	0,05	0,1

Расчетное значение гидравлической крупности задерживаемых частиц (U_o , мм/с), необходимо определить по формуле:

$$U_o = \frac{1000 \times H_{set} \times K_{set}}{t \left(\frac{K_{set} \times H_{set}}{h_1} \right)^{n_2}} \quad (1.3)$$

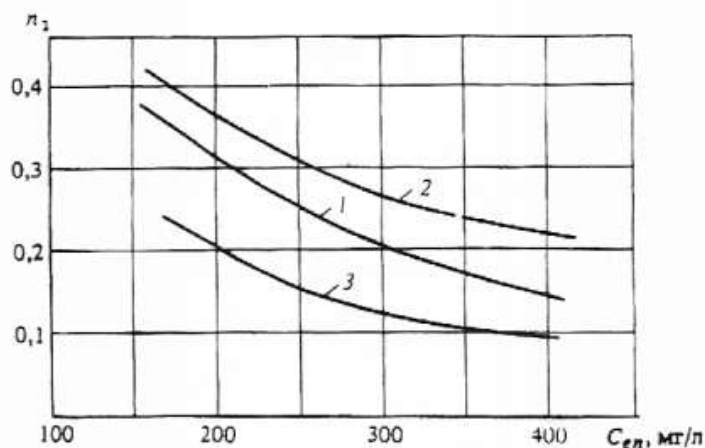
где H_{set} - глубина проточной части в отстойнике, м; K_{set} - коэффициент использования объема проточной части отстойника; t - продолжительность отстаивания, соответствующая заданному эффекту очистки и полученная в лабораторном цилиндре в слое h_1 , с (для городских сточных вод данную величину допускается принимать по таблице 1.3); n_2 - показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения (для городских сточных вод следует определять по рисунку 1.1).

Таблица 1.3 – Продолжительность отстаивания, согласно заданному эффекту очистки (по СНиП 2.04.03-85)

Эффект осветления (Э), %	Продолжительность отстаивания (с) в слое $h_1 = 500$ мм при концентрации взвешенных веществ, мг/л		
	200	300	400
20	600	540	480
30	960	900	840
40	1440	1200	1080
50	2160	1800	1500
60	7200	3600	2700
70	-	-	7200

Располагая сведениями по эффекту осветления и концентрации взвешенных веществ (дано по заданию), необходимо по рисунку 1.1 определить показатель степени, зависящий от агломерации взвеси в процессе осаждения (n_2).

Например, предположим, что эффект осветления (Ξ) равен 60%, концентрация взвешенных веществ (C_{en}) составляет 300 мг/л. Тогда коэффициент n_2 будет равен 0,27.



1 – $\Xi = 50\%$; 2 – $\Xi = 60\%$; 3 – $\Xi = 70\%$

Рисунок 1.1 – Зависимость показателя степени n_2 от исходной концентрации взвешенных веществ в городских сточных водах при эффекте отстаивания (по СНиП 2.04.03-85)

После расчета G_{set} , исходя из общего расхода сточных вод, определяется количество рабочих единиц отстойников по формуле (1.4):

$$N = \frac{G_w}{G_{set}} \quad (1.4)$$

где G_{set} – производительность одного отстойника, $м^3/с$; G_w – расход сточных вод, $м^3/с$.

По результатам расчетов провести сравнение отстойников и сделать вывод об экономически выгодном использовании того или иного отстойника, которому отдается предпочтение.

После этого студенты отвечают на вопросы для самопроверки и готовятся к защите результатов выполненных заданий.

Вопросы для самопроверки

1. В чем суть и какова эффективность механической очистки сточных вод?
2. Какие существуют методы и сооружения механической очистки?

3. Для удаления каких загрязнений из сточных вод применяется механическая очистка?
4. Какова конструкция решеток для улавливания грубых взвесей?
5. Какие существуют разновидности песколовков? Для чего они предназначены?
6. Какие типы отстойников применяются для механической очистки сточных вод?
7. Каков принцип работы горизонтального, вертикального и радиального отстойников?
8. Как устроены фильтры для механической очистки воды?
9. Каков принцип действия гидроциклонов и центрифуг? Какова их конструкция?
10. С помощью каких сооружений можно извлечь из сточной воды жидкие "нерастворимые" соединения?
11. Для чего применяются осветлители? Какова их конструкция?
12. Для чего применяют и как устроены нефтеловушки и жироловки?
13. Какие процессы лежат в основе механических методов?

Закончив лабораторное занятие, студент должен предъявить преподавателю результаты выполненных заданий. Если возникают затруднения в процессе работы, студент должен обратиться к преподавателю.

Защита результатов проводится во время лабораторных занятий или консультаций при предъявлении выполненных заданий в тетради, и ответов на вопросы преподавателя (см. вопросы для самопроверки).

Замечания, полученные в процессе оценки результатов лабораторного занятия, должны быть устранены студентом с повторным представлением этих результатов. Студенты, отсутствовавшие на лабораторном занятии, выполняют задания самостоятельно с учетом консультаций с преподавателем и предоставляют полностью результаты выполненных заданий преподавателю.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ И БИОХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений для биологической и биохимической очистки сточных вод.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, иллюстрирующие сооружения для биологической очистки сточных вод, видеофильмы: «Курьяновские очистные сооружения (Москва)», «Водоканал Подольска», «Мосводоканал».

Задание:

1. Пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой

изобразить в тетрадах типы, конструкции, схемы очистных сооружений, законспектировать принцип работы, условия применения, эффективность действия сооружений биологической и биохимической очистки сточных вод.

2. Рассчитать основные сооружения биологической и биохимической очистки сточных вод по варианту задания, выданному преподавателем. Сделать вывод.

3. Ответить на вопросы для самопроверки.

Методические указания по выполнению заданий

Прежде чем приступить к выполнению задания, студент должен выслушать преподавателя и внимательно ознакомиться с рекомендациями к выполнению данного лабораторного занятия. Ознакомиться с перечнем рекомендуемой литературы, повторить теоретический материал, относящийся к теме занятия.

Изучая материал лабораторной работы, необходимо обратить внимание на то, что биологическая очистка сточных вод является второй ступенью очистки и применяется после механической. Она предназначена для очистки сточных вод от органических веществ и окисления недоокисленных неорганических соединений, например, нитритов, сероводорода и др.

Биологические и биохимические методы основаны на способности ряда микроорганизмов использовать для питания и в качестве источника энергии вещества, находящиеся в сточной воде. Сообщество микроорганизмов, осуществляющих очистку в свободном объеме воды, называют активным илом. Если микроорганизмы поселены на фильтрующей загрузке сооружения, которую обтекает сточная вода, то они называются биопленкой.

Сооружения биологической и биохимической очистки делятся на две основные группы. В сооружениях первой группы происходит процесс биохимического распада в почве. Сюда относятся поля фильтрации, поля орошения, биологические фильтры с естественной и принудительной аэрацией (аэрофильтры). Сооружения второй группы воспроизводят процесс биохимического окисления в водной среде. Это биологические пруды, циркуляционно-окислительные каналы, аэротенки, окситенки, метантенки.

После ознакомления с содержанием работы необходимо выполнить каждое задание занятия, соблюдая требования, изложенные в лабораторном занятии № 1. Используя предоставленные преподавателем схемы и слайды, а также учебное пособие по дисциплине, студенты разбираются в принципе работы сооружений, их конструкциях и условиях применения, обращают внимание на эффективность действия сооружений.

В процессе занятия студенты изображают в тетрадах схемы следующих сооружений биологической и биохимической очистки сточных вод:

- 1) поля фильтрации;
- 2) биологические пруды;
- 3) циркуляционно-окислительные каналы;
- 4) биофильтры - с естественной аэрацией, аэрофильтра, капельного;

- 5) аэротенки – схему работы, классификацию;
- 6) двухъярусный отстойник;
- 7) осветлитель-перегиватель;
- 8) компоновка станций с двухступенчатой очисткой сточных вод.

После оформления всех схем и рисунков необходимо провести расчет основного сооружения биологической очистки – аэротенка, используя исходные данные (таблица 2.1), формулы и пояснения к ним, приведенные ниже.

Таблица 2.1. – Исходные данные для расчетов аэротенков

Наименование	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
БПК _{полн} поступающей сточной воды, мг/л	100	150	180	250	300	350	400	450	500	550
БПК _{полн} очищенной воды, мг/л	3	8	10	15	30	50	70	80	100	150
Концентрация ила в аэротенке, г/л	3,5	4,0	4,8	6,0	6,2	6,5	7,0	7,2	8,0	8,5
Скорость окисления загрязнения на 1 г сухой биомассы, мг (БПК)/(г.ч)	13,0	14,0	14,8	15,0	15,4	16,0	16,2	16,6	17,0	18,3
Расход сточной воды, м ³ /ч	550	700	900	1200	1500	2000	2500	3000	3500	4200
Рабочая глубина аэротенка, м	3,2	3,2	3,2	4,4	4,4	4,4	5,0	5,0	5,0	5,0

Задача технологического расчета аэротенков – определение основных параметров системы (длительность аэрации, расход воздуха, объем), по которым устанавливаются размеры сооружения. Типовые аэротенки имеют размеры 36-114 м длины, 8-36 м ширины и 3-5 м глубины. Имеются следующие типовые данные:

- число коридоров – 2, 3 и 4;
- ширина коридоров – 4, 5, 6 и 9 м;
- шаг длины коридора – 6 м (длина стандартной панели);
- рабочая глубина – 3,2; 4,4 и 5 м.

Методика расчета.

Располагая исходными данными, сначала рассчитывают длительность аэрации (А, ч) по формуле:

$$A = \frac{M_0 - M_1}{a \times p} \quad (2.1)$$

где M_0 и M_1 – БПК_{полн} поступающей сточной и очищенной воды, мг/л; a – концентрация ила в аэротенке, г/л; p – скорость окисления загрязнения на 1 г сухой биомассы, мг (БПК)/(г.ч).

Затем необходимо рассчитать объем аэротенка (V , м^3):

$$V = Q \times A \quad (2.2)$$

где Q – расход сточной воды, $\text{м}^3/\text{ч}$; A – длительность аэрации, ч.

Конструктивные размеры аэротенка следует принимать из конструктивных соображений, в зависимости от объема сооружения. Рабочая глубина (H , м) принимается из типовых размеров (дано по заданию).

Рассчитываем площадь зеркала воды в аэротенке (S , м^2) по формуле:

$$S = \frac{V}{H} \quad (2.3)$$

где V – объем аэротенка, м^3 ; H – рабочая глубина, м.

Длину аэротенка (L , м) определяем по формуле:

$$L = 1.5 \times \sqrt{S} \quad (2.4)$$

где S – площадь зеркала воды в аэротенке, м^2 .

Полученное значение L округляем до ближайшего значения, кратного шагу длины коридора (6 м). Например, $L = 1.5 \times \sqrt{694.375} = 39.53 \approx 42$ м.

Ширина аэротенка (B , м) рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{S}{L} \quad (2.5)$$

где S – площадь зеркала воды в аэротенке, м^2 ; L – длина аэротенка, м.

Полученное значение B округляем до ближайшего значения, кратного типовым размерам ширины коридоров ($B1 = 4, 5, 6$ или 9 м), при этом число коридоров должно получиться 2, 3 или 4. Например, $B = 694,375 \div 42 = 16,53 \approx 20$ м:

Число коридоров аэротенка (N , шт.) рассчитываем по формуле:

$$N = \frac{B}{B1} \quad (2.6)$$

где B – ширина аэротенка, м; $B1$ – типовой размер ширины коридоров аэротенка, м.

Например, $N = 20 \div 5 = 4$ коридора.

Освоив методику расчета аэротенков сделать вывод об их количестве, конструктивных особенностях и размерах сооружения по полученным расчетным данным.

После этого студенты отвечают на вопросы для самопроверки и готовятся к защите лабораторной работы.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое биологическая очистка воды?
2. Какие сточные воды подвергаются, биологической очистке?
3. Как подразделяются очистные сооружения биологической очистки?

В чем между ними принципиальная разница?

4. Что такое поля фильтрации и поля орошения?
5. Что такое биологические фильтры? Какова их конструкция?
6. Как происходит очистка воды в биологических прудах и циркуляционно-окислительных каналах?
7. Что такое аэротенки и окситенки? Какова их конструкция? Для чего они применяются?
8. Какова эффективность сооружений биологической очистки?

Порядок защиты работы и отработки пропущенных занятий изложен выше (см. лабораторную работу № 1).

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений физико-химической очистки сточных вод.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, иллюстрирующие сооружения для физико-химической очистки сточных вод, видеофильмы: «Флокуляция», «Флотатор в работе в пищевом производстве», «Электрофлотатор», «Экстракция», «Ионнообменная смола», «Ионнообменный процесс», «Очистка физико-химическим методом», «Очистка сточных вод от фенола и других органических загрязнений», «Разделение химических элементов методом экстракции», «Ультрафильтрация», «Физико-химическая очистка промышленных стоков».

Задание:

1. Пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой, изобразить в тетрадях схемы очистных сооружений, законспектировать их типы, конструкции, принцип работы, условия применения, эффективность действия для физико-химической очистки сточных вод.
2. Рассчитать основные сооружения физико-химической очистки по варианту задания, выданному преподавателем. Сделать вывод.
3. Ответить на вопросы для самопроверки.

Методические указания по выполнению заданий

Прежде чем приступить к выполнению задания, студент должен выслушать преподавателя и внимательно ознакомиться с рекомендациями к выполнению данного лабораторного занятия. Ознакомиться с перечнем рекомендуемой литературы, повторить теоретический материал, относящийся к теме занятия.

Изучая материал лабораторной работы, необходимо обратить внимание на то, что в последнее время находят все более широкое применение методы физико-химической очистки сточных вод, позволяющие выполнить глубокую очистку, снизить до требуемого уровня содержание органических загрязнений, взвешенных веществ, растворенных примесей, биогенных элементов, нефтепродуктов, СПАВ, красителей, солей тяжелых металлов и других веществ.

Физико-химическая очистка включает множество различных способов, которые могут использоваться как самостоятельно, так и в сочетании с механическими, биологическими и химическими методами очистки.

К наиболее распространенным методам физико-химической очистки относятся: коагуляция, флокуляция, флотация, ионный обмен, сорбция,

мембранная сепарация, экстракция и др. В основе этих методов лежат процессы, описываемые законами физической химии.

Для реализации этих методов применяется множество специальных сооружений и установок (различного типа смесители, камеры хлопьеобразования, встроенные в отстойники, флотационные установки, адсорбционные установки, ионообменные колонны и др.).

После закрепления теоретических знаний, изучения принципов работы сооружений, их конструкций, условий и эффективности применения, студенты изображают в тетрадах, согласно требованиям к оформлению (см. лабораторное занятие № 1), следующие схемы процессов и сооружений физико-химической очистки:

- 1) схему процесса очистки методами коагуляции и флокуляции;
- 2) смесителей различных типов;
- 3) камер хлопьеобразования: водоворотной, перегородчатой, вихревой;
- 4) осветлителя со взвешенным слоем осадка;
- 5) флотоотстойника;
- 6) флотационных установок - вакуумной, напорной, эрлифтной, с подачей воздуха через пористые материалы, микрофлотационной;
- 7) цилиндрического одноярусного адсорбера;
- 8) ионообменной установки периодического действия;
- 9) мембранного аппарата;
- 10) электродиализной установки;
- 11) ящичного экстрактора;
- 12) установок для комплексного применения физико-химических методов очистки.

После выполнения всех необходимых схем, приступают к расчету сооружений физико-химической очистки. Сорбционные фильтры применяются для очистки сточных вод от органических соединений, масел, нефтепродуктов (в том числе растворенных). Чаще всего при проектировании принимают сорбционную очистку в напорных адсорберах с неподвижным слоем загрузки, в качестве которой используют активированный уголь со средним диаметром частиц $d_z = 0,1$ мм. Расчеты проводят по вариантам, опираясь на формулы и пояснения (см. ниже).

Исходные данные для расчетов представлены в таблице 3.1.

Методика расчета.

Общая площадь (F_o , м²) параллельно работающих фильтров-абсорберов определяется по формуле:

$$F_o = \frac{Q_{\text{ч}}}{V_{\text{ф}}} \quad (3.1)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – среднечасовой расход сточных вод, м³/ч; $V_{\text{ф}}$ – скорость фильтрации, м/ч (дано по заданию).

Таблица 3.1 – Исходные данные для расчетов напорных адсорберов

Наименование	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Среднечасовой расход сточных вод, м ³ /ч	250	320	417	513	645	710	780	810	950	1100
Скорость фильтрации, м/ч	4	5	6	7	8	9	10	6	7	9
Высота слоя загрузки, м	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Скорость перемещения фронта воды, см/ч	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6

Принимаем типовые напорные сорбционные фильтры со следующими параметрами:

- диаметр фильтра $D = 3,4$ м;
- высота слоя загрузки $H_z = 1,0-2,0$ м;
- строительная высота $H = 3,870$ м;
- площадь фильтрации $F_{\phi} = 9,07$ м²;
- загрузка - активированный уголь АГ-3.

Число параллельно работающих адсорберов (N , шт.) определяем из соотношения:

$$N = \frac{F_o}{F_{\phi}} , \quad (3.2)$$

где F_o - общая площадь параллельно работающих фильтров-абсорберов, м²; F_{ϕ} – площадь фильтрации, м².

Фактическая скорость фильтрации (V , м/ч) определяется по формуле:

$$V = \frac{Q_{\text{ч}}}{F_{\phi} \times N} , \quad (3.3)$$

где $Q_{\text{ч}}$ – среднечасовой расход сточных вод, м³/ч; F_{ϕ} – площадь фильтрации, м².

Общая высота сорбционной загрузки (H_o , м) составит:

$$H_o = H_m + H_p , \quad (3.4)$$

где H_m - длина зоны массопередачи, заключенная между слоем с концентрацией нефтепродуктов C_o , и слоем с максимально допустимой

концентрацией нефтепродуктов в очищенной воде (Спр), принимаем Нм 5 м; Нр - резервная высота загрузки, обеспечивающая требуемое качество доочистки в период выгрузки отработавшего угля и включения в работу чистого сорбента (обычно $H_p 20\% \times H_m$).

Например, $H_o = 5 + 0,2 \times 5 = 6$ м.

Число последовательно работающих адсорберов (n, шт.), определяем из условия:

$$n = \frac{H_o}{H_z} , \quad (3.5)$$

где H_o - общая высота сорбционной загрузки, м; H_z - высота слоя загрузки, м.

Продолжительность фильтроцикла одного адсорбера (T_{ϕ} , сут) определяется по формуле:

$$T_{\phi} = \frac{H_m + H_z}{w} \quad (3.6)$$

где H_o - общая высота сорбционной загрузки, м; H_z - высота слоя загрузки, м; w - скорость перемещения фронта воды, см/ч (необходимо перевести в м/ч).

Полученную по формуле (3.6) величину в часах переводим в сутки. Например, $T_{\phi} = (5 \text{ м} + 2 \text{ м}) \div 0,03 \text{ м/ч} = 233 \text{ ч} = 9,7 \text{ сут}$.

По полученным расчетным данным сделать вывод о количестве и технических характеристиках напорных абсорберов с неподвижным слоем загрузки, необходимых для очистки сточной воды с заданными параметрами.

Затем студенты отвечают на вопросы для самопроверки, используя рекомендуемую литературу и лекционный материал.

Вопросы для самопроверки

1. Для чего применяют физико-химические методы очистки сточных вод?
2. Каковы преимущества и недостатки физико-химических методов очистки сточных вод?
3. В чем суть коагуляции и флокуляции загрязнений в сточных водах?
4. Какие вещества применяют в качестве коагулянтов и флокулянтов?
5. Для чего используются смесители? Какова их конструкция?
6. Что такое камеры хлопьеобразования? Как они устроены?
7. Какие типы отстойников и осветлителей применяют для удаления взвесей после коагуляции и флокуляции? Какова их конструкция?
8. Что такое флотация?
9. Какова конструкция флотационных установок?
10. В чем суть адсорбционных методов очистки сточных вод?
11. Как различаются адсорбционные установки по своей конструкции?
12. Что такое ионообменные методы очистки сточных вод?

13. Что представляют собой ионообменные колонны? Как они работают?
14. Что такое мембранная сепарация?
15. Какое оборудование применяется для очистки методом мембранной сепарации?
16. Что такое электродиализ?
17. В чем сущность метода экстракции?
18. Для чего применяются термические, электрохимические и электромагнитные методы очистки сточных вод?
19. Что такое отдувка воздухом?
20. Из каких сооружений состоит установка для полной и глубокой физико-химической очистки сточных вод?

Требования к содержанию работы, порядок отработки пропущенного занятия и его защиты приведены выше.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ ХИМИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение знаний и навыков расчета процессов и сооружений химических методов очистки сточных вод.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, иллюстрирующие сооружения для химической очистки сточных вод.

Задание:

1. Пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой, изобразить в тетрадях схемы очистных сооружений химической очистки, их типы, конструкции, принцип работы, условия применения, и эффективность действия
2. Рассчитать процесс взаимной нейтрализации сточных вод при использовании сооружений химической очистки сточных вод. Сделать вывод.
3. Ответить на вопросы для самопроверки.

Методические указания по выполнению заданий

Прежде чем приступать к выполнению данного задания, необходимо внимательно выслушать преподавателя, повторить теоретический курс по теме занятия и обратить внимание на то, что химическую очистку обычно применяют для производственных сточных вод на локальных канализационных очистных сооружениях предприятий. Химические методы применяются для предварительной очистки сточных вод перед биологической или физико-химической очисткой для удаления высокотоксичных соединений (соли тяжелых металлов, цианиды и т.д.). Химическая обработка также применяется в

качестве метода глубокой очистки сточных вод с целью их дезинфекции, обесцвечивания или извлечения из них различных компонентов.

Химическую очистку применяют в случаях, когда выделение примесей возможно только в результате химической реакции между примесью и реагентом. Химические методы основаны на осуществлении химических реакций, в результате которых образуются труднорастворимые соединения, происходит окисление или восстановление примесей, превращение токсичных соединений в нетоксичные.

К основным химическим способам очистки относятся нейтрализация, окисление, восстановление, осаждение.

Изучив теоретическую часть темы, приступают к изображению в тетрадах схем следующих сооружений:

- 1) нейтрализатора смешения;
- 2) станции реагентной нейтрализации;
- 3) реактора с мешалкой для нейтрализации щелочных сточных вод дымовыми газами;
- 4) установки для очистки воды хлорированием;
- 5) технологической установки окисления сульфидов воздухом;
- 6) одноступенчатой установки озонирования воды;
- 7) ректоров для озонирования.

Изобразив схемы, отметив на них составные части сооружений, принцип и эффективность их работы, приступают к выполнению задания № 2 лабораторной работы.

Кислые и щелочные сточные воды перед сбросом их в промышленную канализацию или водоемы должны быть нейтрализованы до достижения величины pH, равной 6,5-8,5. При нейтрализации сточных вод допускается смешение кислых и щелочных стоков для их взаимной нейтрализации. Процесс проходит в нейтрализаторах смешения. Для его осуществления необходимо рассчитать пропорциональное соотношение кислой и щелочной сточной воды.

Расчет проводят по вариантам, используя формулы и пояснения к ним, обозначенные ниже. Исходные данные для расчетов представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Исходные данные для расчетов взаимной нейтрализации

Наименование	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кислые сточные воды содержат, г/л:										
H ₂ SO ₄	4,7	5,2	4,4	6,2	3,3	7,6	1,5	2,9	10,5	8,7
HCl	3,8	4,5	6,8	8,0	2,1	5,0	0,9	1,8	9,4	7,1
Щелочные сточные воды содержат, г/л:										
NaOH	3,3	2,5	10,5	3,8	5,4	6,8	4,1	3,5	8,6	6,3
Na ₂ CO ₃	2,9	3,1	7,5	1,5	3,9	6,2	3,7	2,6	7,4	5,4

Методика расчета.

Сначала необходимо выразить данные по заданию в г/л количества кислот и щелочей в г-экв/л.

Для этого используют: 49, 36,5, 40, 53 грамм-эквиваленты H_2SO_4 , HCl , $NaOH$ и Na_2CO_3 , соответственно.

Например, в кислых сточных водах это составит:

H_2SO_4 - $4,7 : 49 = 0,0958$ г-экв/л;

HCl - $3,8 : 36,5 = 0,1041$ г-экв/л;

Итого кислот - 0,2 г-экв/л (К).

$NaOH$ - $3,3 : 40 = 0,0825$ г-экв/л;

Na_2CO_3 - $2,9 : 53 = 0,0547$ г-экв/л;

Итого щелочей - 0,1372 г-экв/л (Щ).

По разнице итогового количества стоков кислот и щелочей, необходимо установить преобладающие стоки. Например, в результате смешения равных объемов данных сточных вод преобладают кислые стоки: $0,2 - 0,1372 = 0,0628$ г-экв/л. Для их нейтрализации потребуется дополнительно 0,0628 г-экв/л щелочи (А).

Если по расчетам преобладают щелочные стоки, то необходимое количество кислоты для их нейтрализации обозначают (Б).

Затем рассчитывают количество кислотной или щелочной воды, необходимое для проведения нейтрализации. Для этого составляют пропорцию:

в 1 л – К г-экв/л щелочи

в x л – Б г-экв/л щелочи

или

в 1 л – Щ г-экв/л щелочи

в x л – А г-экв/л щелочи

Например, в 1 л содержится 0,1372 г-экв/л щелочи (Щ), а в x л содержится 0,0628 г-экв/л щелочи (А), тогда $x = 0,0628 : 0,1372 = 0,46$ л щелочной воды. Таким образом, необходимое количество щелочи содержится в 0,46 л щелочной воды, что видно из расчета.

Следовательно, для получения при взаимной нейтрализации воды с величиной $pH = 7$ надо смешивать с 1 л кислой воды 1,46 л щелочной воды.

Выполнив расчеты, сделать вывод о необходимом количестве кислот и щелочей для проведения взаимной нейтрализации и доведения pH сточной воды до 7.

Затем студенты отвечают на вопросы для самопроверки и готовятся к защите лабораторной работы.

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите способы химической очистки сточных вод. Для чего их применяют?
2. Что такое нейтрализация?
3. Какие существуют способы нейтрализации?

4. Какие реагенты применяются при нейтрализации сточных вод?
5. От каких загрязнений можно освободить воду, применяя методы окисления и восстановления?
6. Какие аппараты и сооружения используются для проведения окисления и восстановления?
7. Для чего применяют метод химического осаждения?
8. Какие существуют химические методы, применяемые для обеззараживания воды?
9. Что такое озонирование воды?
10. Какое оборудование применяют при озонировании сточных вод?
11. Сущность и назначение хлорирования сточных вод?

Требования к содержанию работы, порядок отработки пропущенного занятия и его защиты приведены выше.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений для обработки осадков сточных вод.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, иллюстрирующие сооружения для обработки осадков сточных вод, видеоматериалы: «Установка по переработке осадков сточных вод», «Шнековые обезвоживатели».

Задание:

1. Пользуясь рекомендованной литературой, изобразить в тетрадях схемы сооружений для обработки осадков сточных вод, их типы, конструкции, принцип работы, условия применения.
2. Рассчитать гравитационные илоуплотнители радиального типа по варианту задания, выданному преподавателем. Сделать вывод.
3. Ответить на вопросы для самопроверки.

Методические указания по выполнению заданий

Выслушав пояснения преподавателя по выполнению данной лабораторной работы, повторив лекционный материал по теме работы, студенты отмечают в тетрадях, что осадки сточных вод – это суспензии, выделяемые из сточных вод в процессе их механической, биологической и физико-химической (реагентной) очистки, различные по химическому составу и физическим свойствам.

Конечная цель обработки осадков сточных вод – превращение их путем проведения ряда технологических операций в безвредный продукт, наносимый

минимальный ущерб окружающей среде или максимально пригодный для утилизации в производстве.

Управление осадком сточных вод является неотъемлемой частью работы любых современных очистных сооружений водоотведения. Обезвреживание осадков сточных вод является острой проблемой крупных городов. По сравнению с очисткой сточных вод обработка осадков представляет значительно большую технологическую и экологическую сложность. Операции по обработке и утилизации осадков сточных вод затруднены из-за их различного состава и высокой влажности.

Для обработки осадков сточных вод применяют следующие методы: уплотнение (гравитационное, флотационное, центробежное, вибрационное, фильтрационное), стабилизация и сбраживание (анаэробное метановое сбраживание и аэробная стабилизация), кондиционирование (реагентная обработка, тепловая обработка, жидкофазное окисление), обезвоживание (на иловых площадках, механическое), термическая сушка, сжигание, пиролиз.

Изучив классификацию методов обработки осадков и сооружений, используемых для этого, их эффективность, принцип работы, студенты изображают в тетрадях схемы следующих сооружений и процессов:

- 1) гравитационного илоуплотнителя;
- 2) метантенка;
- 3) барабанного вакуум-фильтра;
- 4) дискового вакуум-фильтра;
- 5) ленточного вакуум-фильтра;
- 6) ленточного фильтр-пресса;
- 7) барабанной сушилки;
- 8) процессов обработки осадков сточных вод.

Прежде чем изображать схемы, студенты разбираются в принципе работы сооружений, их конструкциях и условиях применения, обращают внимание на эффективность действия сооружений. Для этого необходимо воспользоваться предоставленными преподавателем схемами и слайдами, а также учебным пособием «Санитарная гидротехника» (автор К.Б. Хайновский, 2016 г.).

На следующем этапе студенты готовятся к расчету сооружений по обработке осадков сточных вод на примере расчета гравитационного илоуплотнителя по вариантам, согласно исходным данным (таблица 5.1) и приведенным ниже формулам с пояснениями.

Таблица 5.1 – Исходные данные для расчетов илоуплотнителя

Вариант задания	Св, мг/л	L, мгО ₂ /л	Км	Q _{ср.сут} , м ³ /сут	К, г/л	Примечание
1	100	250	1,15	250000	2,0	илоскреб
2	110	200	1,17	300000	2,5	илосос
3	120	300	1,20	200000	3,0	илоскреб
4	130	350	1,18	270000	5,5	илосос

Вариант задания	Св, мг/л	L, мгО ₂ /л	Км	Q _{ср.сут} , м ³ /сут	К, г/л	Примечание
5	140	400	1,20	350000	4,0	Илоскреб
6	150	280	1,19	400000	4,5	илосос
7	145	320	1,16	450000	6,0	илоскреб
8	125	270	1,20	250000	6,5	илосос
9	115	340	1,15	200000	5,4	илоскреб
10	100	270	1,20	300000	3,0	илосос

Методика расчета.

Расчет илоуплотнителей ведут на максимальный часовой приток избыточного активного ила ($q_{\max}$, м³/ч), который рассчитывается по формуле:

$$g_{\max} = \frac{P_{\max} \times Q_{\text{ср.сут}}}{24 \times C},$$

где $P_{\max}$ – максимальное содержание избыточного активного ила, г/м³; $Q_{\text{ср.сут}}$ – суточный расход сточных вод, м³/сут.; C – концентрация уплотняемого избыточного активного ила, г/м³ (для вертикального илоуплотнителя $C = 20000$ г/м³; для радиального илоуплотнителя $C = 27000$ г/м³).

Содержание избыточного ила ($P_{\max}$, мг/л) определяют по формуле, предложенной Т.А. Карюхиной (2008):

$$P_{\max} = K_m \times (0,8 \times C_v + K_g \times L), \quad (5.2)$$

где K_m – коэффициент месячной неравномерности прироста ила, равный 1,15 - 1,2; C_v – вынос взвешенных веществ из первичных отстойников, мг/л; K_g – коэффициент прироста активного ила для городских сточных вод, равен 0,3; L – величина БПКп воды, поступающей в аэротенк, мг/л.

Полезная площадь поперечного сечения радиального уплотнителя (F , м²) рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{g_{\max}}{g_0}, \quad (5.3)$$

где q_0 – расчетная нагрузка на площадь зеркала уплотнителя м³/(м²·ч), принимаемая в зависимости от концентрации поступающего на уплотнение активного ила: $q_0 = 0,5$ при $K = 2-3$ г/л и $q_0 = 0,3$ при $K = 4 - 8$ г/л.

Диаметр одного радиального илоуплотнителя (D , м) рассчитывается по формуле:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi \times n}} , \quad (5.4)$$

где F - полезная площадь поперечного сечения радиального уплотнителя, м²; n – число илоуплотнителей, минимальное число илоуплотнителей принимают равным двум (оба рабочие).

В качестве илоуплотнителей принимаются типовые вторичные радиальные отстойники по таблице 5.2.

Таблица 5.2 - Параметры радиальных вторичных отстойников

Номер типового проекта	Диаметр, м	Объем, м ³		Глубина, м		Пропускная способность, м ³ /ч, при времени отстаивания 1,5 ч
		зоны отстаивания, Wз.о.	ило-вой зоны, Wi.з.	гидравлическая, Нг	зоны отстаивания, Нз.о	
902-2-87/86	18	788	160	3,7	3,1	525
902-2-88/75	24	1400	280	3,7	3,1	933
902-2-89/75	30	2190	440	3,7	3,1	1460
902-2-90/75	40	4580	915	4,35	3,65	3053

Например, если по расчетам получилось, что диаметр одного илоуплотнителя составляет 13,8 м, то принимаем два типовых радиальных илоуплотнителя 902-2-87/86 диаметром D = 18 м.

Далее рассчитывают высоту рабочей зоны (Н, м) илоуплотнителя по формуле:

$$H = q_0 \times t , \quad (5.5)$$

где t – продолжительность уплотнения (ч), принимается по таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Данные для расчета гравитационных радиальных илоуплотнителей

Характер избыточного активного ила	Влажность уплотненного активного ила, %	Продолжительность уплотнения, ч
Иловая смесь из аэротенков с K = 1,5-3 г/л	97,3	5-8
Активный ил из вторичных отстойников с K = 4 г/л	97,3	9-11
Активный ил из зоны отстаивания аэротенков-отстойников с K = 4,5-6,5 г/л	97,0	12-15

Общую высоту илоуплотнителя (Н_{общ}, м) определяют по формуле:

$$Н_{общ} = Н + h + h_b, \quad (5.6)$$

где Н – высота рабочей зоны, м; h – высота зоны залегания ила, равна 0,3 м при илоскребе и 0,7 м при илососе; h_б = 0,3 м – высота бортов над уровнем воды.

По результатам расчетов сделать вывод о количестве и размерах рассчитанных гравитационных илоуплотнителей радиального типа.

После этого студенты отвечают на вопросы для самопроверки и готовятся к защите лабораторной работы.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое осадки сточных вод?
2. Как классифицируются осадки сточных вод?
3. Какие способы обработки осадков используются в настоящее время?
4. Какие сооружения применяются для уплотнения осадков?
5. В чем заключается сущность анаэробного метанового сбраживания, и какие применяются сооружения?
6. Что такое метантенк? Конструкции, принцип действия, применение.
7. Какие сооружения применяют для аэробной стабилизации осадков?
8. Для чего проводят кондиционирование осадков сточных вод?
9. Как осуществляют обезвоживание осадков?
10. Что такое термическая сушка осадка?
11. Чем отличаются процессы сжигания и пиролиза осадков?
12. Каковы основные направления утилизации осадков сточных вод?

Требования к содержанию работы, порядок отработки пропущенного занятия и его защиты приведены выше.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

РАСЧЕТ ПРОЦЕССОВ И СООРУЖЕНИЙ, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА ВОДОПРОВОДНЫХ СТАНЦИЯХ (СТАНЦИЯХ ВОДОПОДГОТОВКИ) ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПРИРОДНЫХ ВОД

Цель работы: приобретение знаний и навыков по расчету процессов и сооружений для очистки природной воды, ее обеззараживания, для специальных методов улучшения ее качества.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, иллюстрирующие сооружения для очистки и обработки воды из природных источников (поверхностных и подземных).

Задание:

1. Пользуясь методическими указаниями и рекомендованной литературой изобразить в тетрадях типы, конструкции, принцип работы, условия применения сооружений для подготовки природных вод.

2. Рассчитать основные сооружения водопроводных станций по варианту задания, выданному преподавателем. Сделать вывод.

3. Ответить на вопросы для самопроверки.

Методические указания по выполнению заданий

Прежде чем приступить к выполнению задания студент должен выслушать преподавателя и внимательно ознакомиться с рекомендациями к выполнению данного лабораторного занятия. Ознакомиться с перечнем рекомендуемой литературы, повторить теоретический материал, относящийся к теме занятия.

Выполнив первый пункт задания и, повторив лекционный материал, студенты отмечают в тетрадях, что состав природных вод весьма разнообразен и представляет собой сложную, непрерывно изменяющуюся систему, которая содержит минеральные и органические вещества во взвешенном, коллоидном и растворенном состояниях.

Еще более усложняется состав природной воды в связи с ее загрязнением сточными водами. Поэтому перед подачей воды потребителю (для питьевого или промышленного водоснабжения, других целей) проводят ее очистку, обеззараживание и если необходимо специальную подготовку с целью придания воде свойств, отвечающих требованиям потребителя.

В процессе очистки и обработки природную воду осветляют, обесцвечивают, обеззараживают, иногда проводят умягчение, обессоливание, обезжелезивание, дегазацию, обесфторирование (или фторирование) и другие виды подготовки.

После ознакомления с содержанием работы необходимо выполнить каждое задание занятия, соблюдая требования, изложенные в лабораторной работе № 1. Используя предоставленные преподавателем схемы и слайды, а также учебное пособие по дисциплине, студенты разбираются в принципе работы сооружений, их конструкциях и условиях применения, обращают внимание на эффективность действия сооружений.

Затем студенты должны изобразить в тетрадях принципиальные схемы сооружений водопроводных станций, а именно:

1) осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды с применением отстойников и фильтров, осветлителей и фильтров, контактных осветлителей;

2) открытого скорого фильтра;

3) контактного осветлителя;

4) комплекса очистных сооружений по очистке воды для хозяйственно-питьевых целей по двухступенчатой технологической схеме.

После оформления всех схем и рисунков необходимо провести расчет основного сооружения станции водоподготовки – скорого фильтра, используя исходные данные (таблица 6.1), формулы и пояснения к ним, приведенные ниже.

Таблица 6.1 – Исходные данные для расчета скорого фильтра

Данные	Вариант задания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность станции водоподготовки, м ³ /сут	5270	6000	7410	3560	9509	8000	7250	6870	8369	5900
Условия промывки фильтра	в	вв	в	вв	в	вв	в	вв	в	вв

Примечание: в – водой; вв – водой и воздухом

Методика расчета.

Для получения воды питьевого качества, отвечающей требованиям «СанПиН 2.1.4.1074 Питьевая вода» на водоочистой станции предусматриваются скорые фильтры открытого типа с зернистой загрузкой и скоростью фильтрования $VФ = 5-12$ м/ч.

Расчет фильтра выполняется в соответствии с указаниями и заключается в определении габаритных размеров фильтров, их количества.

Фильтры рассчитываются на работу при нормальном и форсированном (часть фильтров находится в ремонте при промывке) режимах. При количестве фильтров до 20, возможен вывод на ремонт только одного фильтра.

Сначала необходимо выбрать тип и основные технические характеристики фильтра по таблице 6.2 и занести данные в таблицу 6.3.

Таблица 6.2 - Тип и основные технические характеристики скорых фильтров (по СНиП 2.04.02-84)

Фильтры	Характеристика фильтрующего слоя					Скорость фильтрования, м/ч	
	материал загрузки	диаметр зерен, мм			высота слоя, м	при нормальном режиме	при форсированном режиме
		наименьших	наибольших	эквивалентный			
Однослойные скорые фильтры с загрузкой различной крупности	кварцевый песок	0,5	1,2	0,7-0,8	0,7-0,8	5-6	6-7
		0,7	1,6	0,8-1,0	1,3-1,5	5-6	7-9
		0,8	2,0	1,0-1,2	1,8-2,0	8-10	10-11
	дробленый керамзит	0,5	1,2	0,7-0,8	0,7-0,8	6-7	7-8
		0,7	1,6	0,8-1,0	1,3-1,5	7,0-9,5	8,5-10
		0,8	2,0	1,0-1,2	1,8-2,0	9,5-12	12-14
Скорые фильтры с двухслойной загрузкой	кварцевый песок	0,5	1,2	0,7-0,8	0,7-0,8	7-10	8,5-11
	дробленые керамзит или антрацит	0,8	1,8	0,9-1,1	0,4-0,5	7-10	8,5-11

Таблица 6.3 – Характеристика выбранного фильтра

Тип фильтра	Характеристика фильтрующего слоя					Скорость фильтрования при разных режимах работы, м/ч	
	материал загрузки	диаметр зерен, мм			высота слоя, м	нормальный	форсированный
		min	max	экв.			

Затем приступают к определению размеров фильтра.

Общая площадь фильтрации ($F\phi$, m^2) вычисляется по формуле (6.1):

$$F\phi = \frac{Q_{сут}}{T \times V - 3,6 \times n \times W \times t1 - n \times t2 \times V}$$

где $Q_{сут}$ – производительность станции водоподготовки, $m^3/сут$; T – продолжительность работы станции водоподготовки в течение суток, ч (принимается круглосуточную работу станции, т.е. $T = 24$ ч); V – скорость фильтрования, м/ч (принимается по таблице 6.3); n – число промывок каждого фильтра в сутки, равное 2; W – интенсивность промывки, $л/с \cdot m^2$; $t1$ – принятая продолжительность промывки, ч; $t2$ – время простоя фильтра при промывке, ч.

Интенсивность промывки (W) и ее продолжительность ($t1$) принимается по таблице 6.4 в соответствии с выбранным типом фильтра. Здесь следует обратить внимание на то, что продолжительность промывки фильтра дана в минутах, которые необходимо перевести в часы. Например, 6 мин = 0,1 ч.

Таблица 6.4 – Параметры промывки скорого фильтра

Тип фильтра и его загрузки	Интенсивность промывки, $л/с \cdot m^2$	Продолжительность промывки, мин
Скорый фильтр с однослойной загрузкой диаметром, мм: 0,7-0,8 0,8-1,0 1,0-1,2	12-14 14-16 16-18	6-5
Скорый фильтр с двухслойной загрузкой	14-16	7-6

Время простоя фильтра в связи с промывкой ($t2$) для фильтров, промываемых водой, составляет 0,33 ч, водой и воздухом – 0,5 ч.

Количество фильтров ($N\phi$, шт) на станциях следует определять с округлением до ближайших целых чисел (четных или нечетных в зависимости от компоновки фильтров) по формуле:

$$N\phi = \frac{\sqrt{F\phi}}{2},$$

где $F\phi$ - общая площадь фильтрации, м^2 .

Затем рассчитывается площадь одного фильтра (f , м^2) по формуле:

$$f = \frac{F\phi}{N\phi},$$

где $F\phi$ - общая площадь фильтрации, м^2 ; $N\phi$ - количество фильтров, шт.

По величине f определяются размеры фильтра: ширина (b , м) и длина (a , м), которые согласовываются с соответствующим типовым проектом станции водоподготовки. Фильтры проектируются прямоугольными (квадратными) в плане. Тогда, ширина будет равна длине.

Например, $f = 13,93 \text{ м}^2$. Тогда $b = a = \sqrt{13,93} = 3,73 \text{ м}$

Высота фильтра складывается из высот:

$$H\phi = H1 + H2 + H3 + H4 \quad (6.4)$$

где $H1$ - высота фильтрующего слоя, м (принимается по таблице 6.3); $H2$ - высота поддерживающего слоя, равная 0,1 м; $H3$ - высота слоя воды над поверхностью загрузки, м; $H4$ - строительная высота (расстояние от максимального уровня воды до верха стенки фильтра), м.

Высота слоя воды над поверхностью загрузки в открытых фильтрах должна быть не менее 2 м; превышение строительной высоты над расчетным уровнем воды - не менее 0,5 м.

Освоив методику расчета скорых фильтров сделать вывод об их площади, количестве, конструктивных особенностях и размерах по полученным расчетным данным.

После этого, используя свои записи и рекомендуемую литературу, студенты отвечают на вопросы для самопроверки и готовятся к защите лабораторной работы.

Вопросы для самопроверки

1. Для чего проводят водоподготовку?
2. Какие существуют методы водоподготовки?
3. Каким требованиям должна отвечать питьевая вода?
4. В каких сооружениях осуществляют осветление и обесцвечивание воды? Как они устроены?
5. Где и как обеззараживают питьевую воду перед подачей ее в водопроводную сеть?
6. Какие сооружения входят в систему водоснабжения?
7. Какие бывают очистные станции для подготовки воды для

хозяйственно-питьевого водоснабжения?

8. В чем заключаются специальные методы улучшения качества воды?
9. Как проводится умягчение воды?
10. Что понимают под опреснением и обессоливанием природных вод?
11. Что такое обезжелезивание природных вод?
12. Как осуществляется фторирование и обесфторирование воды?
13. Как избавиться от запахов, привкусов и токсических загрязнителей в питьевой воде?
14. Как проводят удаление из воды растворенных газов (дегазация)?
15. От чего зависит схема компоновки очистных станций?
16. Перечислите основное оборудование станций водоподготовки?
17. Какие существуют типы станций водоподготовки?
18. Что представляют из себя открытые скорые фильтры? Для чего они применяются?
19. Какова конструкция контактных осветлителей?

Порядок отчета о выполненной работе, защиты и отработки занятия см. выше.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД, ПОДБОР НЕОБХОДИМЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Цель работы: получить навыки составления технологической схемы очистки сточных вод и обработки осадка промышленного предприятия.

Оборудование и материалы: учебное пособие по дисциплине («Санитарная гидротехника», К.Б. Хайновский, 2016 г.), плакаты, таблицы, схемы, рисунки, слайды, нормативные документы.

Задание:

1. Разработать схему очистки сточных вод и обработки осадка промышленного предприятия по одному из вариантов (рыбообрабатывающий комбинат, мясокомбинат, никелевый комбинат, фабрика первичной обработки шерсти, бани и прачечные, коксохимический завод, свинцово-цинковая обогатительная фабрика, нефтеперерабатывающий завод, химический завод, дрожжевое производство, хлебозавод, предприятия стройиндустрии) в соответствии с химическим составом сточных вод.
2. Дать характеристику применяемого оборудования.
3. Рассчитать уровень снижения загрязнений, опираясь на очистительную способность очистных сооружений.

4. Оценить ожидаемую эффективность действия выбранных сооружений очистки сточных вод и обработки осадка.

5. Представить отчет в виде презентации.

Методические указания по выполнению работы

В результате выполнения данной лабораторной работы студенты закрепляют и обобщают полученные знания по основам санитарной гидротехники путем составления схемы очистки сточных вод и обработки осадка какого-либо промышленного предприятия.

Работа выполняется в форме деловой игры. Для этого студенты делятся на небольшие группы по 2-3 человека. Каждой группе выдается конкретное задание, которое состоит из:

1) характеристики сточной воды какого-либо промышленного предприятия или коммунального объекта (дается конкретный состав стоков по результатам химического анализа, приведенный в таблицах 7.1-7.16).

Таблица 7.1 – Состав сточных вод рыбообрабатывающих комбинатов

Показатели	Цеха				Общий сток
	посоль- ный	копиль- ный	консерв- ный	жиромуч- ной (утилизац- онный)	
Температура, °C	16,0	18,8	17,0	38,0	17,0
pH	7,3	7,7	7,8	6,8	7,0
Взвешенные вещества, мг/л	480	1200	1640	2810	1660
Органическая часть взвешенных веществ, мг/л	234	830	1390	2320	1120
Сухой остаток, мг/л	19500	7900	2740	6940	4450
Органическая часть сухого остатка, мг/л	326	1220	1580	4310	2250
Хлориды Cl^{1-} , мг/л	2720	3540	744	1250	1690
Сульфаты SO_4^{2-} , мг/л	66	10	16	24	19
ХПК, мг/л	1600	1800	1960	3060	2940
БПК _{полн} , мгО/л	670	1295	1250	2780	2050
БПК ₅ , мгО/л	338	950	1030	2050	1600
Жиры, мг/л	121	865	810	1940	1800
Фенолы, мг/л	-	0,04	0,12	0,74	0,16
Азот общий N, мг/л	нет	47	34	224	121
Азот аммонийный NH_4^{1+} , мг/л	-	10	31	31	61
Фосфор P, мг/л	3	28,6	8,1	129	131

Таблица 7.2 – Состав сточных вод мясокомбината

Показатели	Количественная характеристика
pH	7,1 – 7,8
Взвешенные вещества, мг/л	800 – 2300
Органическая часть взвешенных веществ, мг/л	87,5 – 90,0
Сухой остаток, мг/л	900 – 1300
Органическая часть сухого остатка, %	41,8 – 42,0
ХПК, мгО/л	1800-2300
Окисляемость, мгО/л	800
БПК _{полн} , мгО/л	1350-1700
БПК ₅ , мгО/л	900-1250
Жиры, мг/л	200
Азот общий N, мг/л	96-140
Азот аммонийный NH ₄ ¹⁺ , мг/л	52-80
Коллоиды, мг/л	345-684
Хлориды Cl ¹⁻ , мг/л	600-2000

Таблица 7.3 – Состав сточных вод никелевого комбината

Показатели	Общий сток плавильного цеха	Общий сток цеха
Цвет	желтоватый	желтоватый
Запах	неопределенный	неопределенный
Прозрачность, см	11	8,0
pH	7,8	2,9
Окисляемость, мгО/л	3,4	7,3
Взвешенные вещества, г/л	25,2	47,2
Сухой остаток, мг/л	210	9100
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	100	4000
Никель Ni, мг/л	1,78	33,6
Кобальт Co, мг/л	0,01	0,14
Медь Cu, мг/л	0,228	21,3

Таблица 7.4 – Состав сточных вод бань и прачечных

Показатели	Бани	Прачечные
1	2	3
pH	7,0	7,5-8,5
Прозрачность, см	0,4-0,5	0,2-2,0
Щелочность (мл) и кислоты на 1 л	2-6	8-15
Взвешенные вещества, мг/л	170-550	200-850

1	2	3
Сухой остаток, мг/л	350-750	600-1200
Органическая часть сухого остатка, мг/л	320-710	565-1150
Окисляемость, мгО/л	40-160	100-450
БПК ₅ , мгО/л	200-400	400-1000
Азот общий N, мг/л	10-45	60-90

Таблица 7.5 – Состав сточных вод коксохимических заводов

Показатели	Количественная характеристика
Взвешенные вещества, мг/л	400-600
Органическая часть взвешенных веществ, мг/л	200-300
Сухой остаток, мг/л	2500-4000
Органическая часть сухого остатка, мг/л	1500-2500
Солевой аммиак, мг/л	800-1000
Фенолы, мг/л	500-1500
Цианиды, мг/л	30-100
Хлориды, мг/л	500-4500
Окисляемость, мг/л	1000-3000
БПК ₅ , мгО/л	3000-5000

Таблица 7.6 – Состав сточных вод нефтеперерабатывающего завода

Показатели	Количественная характеристика
рН	6,6-7,6
Окисляемость, мгО/л	226-320
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	107-508
Сероводород H ₂ S, мг/л	-
Сухой остаток, мг/л	902-2300
Взвешенные вещества, мг/л	152-962
Нефтепродукты, мг/л	676-1880
БПК ₅	129-172
Фенолы, мг/л	1,25-20
Хлориды, мг/л	-
Общая сера, мг/л	164-783

Таблица 7.7 – Состав сточных вод фабрики первичной обработки шерсти

Показатели	Вид промываемой шерсти	
	тонкая и полутонкая импортная шерсть (меринос, кроссбред)	тонкая отечественная шерсть (меринос союзный)
Цвет	серовато - мутный	серовато - мутный
pH	10,3 – 10,9	-
Окисляемость, мгО/л	6,35 – 8,47	7,29 - 8,4
БПК _{полн} , мгО/л	13,97 - 15,6	16,0
БПК ₅ , мгО/л	-	21,13 - 22,6
ХПК, мгО/л	93,24 - 109,23	55,36 - 65,38
Взвешенные вещества, г/л	-	3,46 - 7,06
Минеральная часть взвешенных веществ, г/л	-	0,79 - 3,27
Сухой остаток, мг/л	-	55,0 - 64,15
Минеральная часть сухого остатка, мг/л	-	19,14 - 21,19
Жиры, мг/л	21,0 – 24,6	12,92 - 15,33
Мыла (жирные кислоты), г/л	4,11 - 5,55	1,87 - 5,56
Азот аммонийный NH ₄ ¹⁺ , мг/л	0,4 - 0,58	0,38 - 0,55

Таблица 7.8 – Состав сточных вод общего стока химического завода

Показатели	Количественная характеристика
pH	10
ХПК	228,0
БПК ₅	41,2
Фенолы, мг/л	5,3
Трихлорэтилен, мг/л	70,0
Хлор свободный, мг/л	2,2
Сероводород свободный H ₂ S, мг/л	Нет
Взвешенные вещества, мг/л	2158
Сухой остаток, мг/л	4703
Хлориды, мг/л	1620
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	151
Азот общий, мг/л	0,42
Железо общее Fe ⁺⁺⁺ , мг/л	0,28
Мышьяк AS, мг/л	-

Таблица 7.9 – Состав сточных вод свинцово-цинковых обогатительных фабрик

Показатели	Общий сток
Прозрачность, см	150
pH	6,5-8,0
Взвешенные вещества, мг/л	До 25(10)
Сухой остаток, мг/л	-
Окисляемость, мгО/л	-
Хлориды, мг/л	10-30 (3000)
Сульфаты SO_4^{2-} , мг/л	400
Цианиды свободные CN, мг/л	0,05
Цианиды, связанные в комплексе CN, мг/л	-
Медь, связанная в комплексе CN, мг/л	1,0
Цинк, связанный в комплексе CN, мг/л	-
Роданиды CN S, мг/л	-
Железо общее Fe^{+++} , мг/л	0,5
Медь Cu^{++} , мг/л	1,0
Свинец Pb^{+} , мг/л	0,01
Цинк Zn^{++} , мг/л	0,01
Крезол фенола, мг/л	-
Сосновое масло, мг/л	-
Ксантогенат, мг/л	-
Дитиофосфат, мг/л	-
Фенолы, мг/л	0,001

Таблица 7.10 – Сравнительная характеристика сточных вод дрожжевых производств

Показатели	Стоки		
	Новогорьковского завода БВК, 1-я ступень сепарации	Николаевского гидролизно-дрожжевого завода, 1-я ступень сепарации	Кстовского завода (общий сток)
1	2	3	4
pH	4,0	6,0	6,0
ХПК, мгО/дм ³	3128	5500	416
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	1200	1500	230
БПК ₂₀	1800	2300	360
Азот общий N, мг/дм ³	239	1279	333
Взвешенные вещества, мг/л	34-97	273-1782	50-146

Окончание таблицы 7.10

1	2	3	4
Плотный остаток, мг/л	900-1291	273-1363	242-393
Азот нитритов, мг/л	отсутствует	-	отсутствует
Азот аммиачный, мг/л	80	60	80
Сульфаты, мг/л	306	1129	следы
Кальций, мг/л	66	360	52,9
Магний, мг/л	27	206	20,5
Фосфор, мг/л	17,5	52,5	1,95
Нефтепродукты, г/дм ³	30	-	-
БПК ₂₀ /ХПК	0,575	0,42	-

Таблица 7.11 – Характеристика физико-химического состава сточных вод пищевой промышленности

Показатели	Стоки	
	мясокомбинат г. Брест	мясокомбинат г. Черкассы
рН	6,46	-
Взвешенные вещества, мг/л	954	178
Сухой остаток, мг/л	2610	-
ХПК, мгО/дм ³	804	3000
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	789	625
Эфирорастворимые вещества, мг/л	243	93
Солесодержание, мг/л	-	1940
Азот аммонийный, мг/л	0,95	-
Азот общий, мг/л	-	37
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	96,5	28
Фосфаты, мг/л	-	6
Хлориды Cl ¹⁻ , мг/л	27,8	797

Таблица 7.12 - Характеристика физико-химического состава сточных вод хлебозавода г. Белгород

Показатели	Стоки
1	2
рН	3,6-6,62
Взвешенные вещества, мг/л	100,5
Сухой остаток, мг/л	1730-8250

1	2
Органические вещества (общее содержание), мг/л	420-575
ХПК, мгО/дм ³	-
БПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	-
Нефтепродукты, мг/л	34,5-47,3
Азот аммонийный, мг/л	1,64
Азот нитритный, мг/л	0-0,45
Азот нитратный, мг/л	1,0-5,2
Азот общий, мг/л	6,68
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	118-170
Хлориды Cl ¹⁻ , мг/л	124-4620

Таблица 7.13 – Характеристика стоков предприятий строительной индустрии

Показатели	ЖБИ-4	ЖБИ-1	Цементный завод
pH	10,35-11	8,12	7,5-8,02
Взвешенные вещества, мг/л	9,33	239	-
Сухой остаток, мг/л	2600-3800	-	975
ХПК, мгО/дм ³	12-112	18-196	-
БПК, мгО ₂ /дм ³	-	-	-
Нефтепродукты, мг/л	3,1-112	11,90	2,43
Хлориды, мг/л	98-144	67,6	125-128
Сульфаты SO ₄ ²⁻ , мг/л	397-488	167-297	16,4-16,8
Фосфаты, мг/л	-	-	5,18
Кальций, мг/л	4,0-11	40-950	105-123
Магний, мг/л	0-6,20	12-270	15,8-18,3
Азот аммонийный, мг/л	0-6,20	-	0,32
Азот нитритный, мг/л	2,59	0,23	0,02-0,03
Азот нитратный, мг/л	0,1-0,29	10,0	9,0-10,0
Калий, мг/л	7,5-18,0	10,0	1,0-2,6
Натрий, мг/л	665-1420	92,5	128-133
Железо, мг/л	4,2-15,0	1,9	8,26
Никель, мг/л	следы – 0,37	следы – 0,7	0,5
Марганец, мг/л	0-0,20	0,2-5,6	отсутствует
Цинк, мг/л	0,50-3,2	0,3-0,68	2,3
Хром, мг/л	следы – 0,36	-	-
Медь, мг/л	следы – 0,6	-	-

Таблица 7.14 – Характеристика сточных вод птицефабрик

Показатели	Длительное хранение сточных вод (вода+помет+поверхностные ливневые стоки)	Жидкая фаза после мойки помещения	Жидкость, скапливающаяся от поилок и направляемая в систему канализации	Помет плотной консистенции
Кратность разбавления образцов водой	5	5	5	10
рН	7,75	5,9	7,5	7,16
БПК ₂₀ , мг/л	132	11700	2175	28500
Аммиачный азот, мг/л	2385	2085	106,9	14800
Взвешенные вещества, мг/л	2100	5630	1520	153600

Таблица 7.15 – Характеристика сточных вод молочных заводов

Показатели	Количество
Взвешенные вещества, мг/л	2380
Жиры, мг/л	345
ХПК, мгО ₂ /л	17800
БПК ₅ , мгО ₂ /л	9460
Аммонийный азот, мг/л	27
Фосфаты, мг/л	16,4
СПАВ, мг/л	0,976
Сухой остаток	15831
Железо общее	11,6
рН	4,13

Таблица 7.16 – Состав поверхностного стока с территорий металлургических комбинатов

Показатели	Дождевые воды	Талые воды	Поливомоечные воды
Взвешенные вещества, мг/л	1500	1000	3000
Сухой остаток, мг/л	300	250	350
ХПК, мгО ₂ /л	150	100	80
БПК _{полн} , мгО ₂ /л	20	15	10
Нефтепродукты, мг/л	25	30	40

Показатели	Дождевые воды	Талые воды	Поливомоечные воды
Хлориды, мг/л	30	30	20
Сульфаты, мг/л	100	70	120
pH	7,8	8,3	8,7

2) условия сброса очищенной воды в природные водоемы, в городскую канализацию или условия использования ее в системе оборотного водоснабжения;

3) характеристики степени обработки осадка.

Получив задание, студенты приступают к выполнению работы, примерная структура которой приведена в Приложении Б. Сначала каждый коллектив студентов дает краткую характеристику производства или коммунального объекта, опираясь на лекционный материал и рекомендуемую в учебно-методическом пособии литературу. Можно дать фотографии предприятий.

Затем проводят оценку сточной воды предприятия. В связи с тем, что схема очистки разрабатывается с учетом количества загрязнений в сточной воде, поэтому далее приводится таблица, в которой отражен качественный и количественный состав сточной воды по примеру таблицы 7.17.

Таблица 7.17 – Качественный и количественный состав сточной воды

наименование предприятия		
Показатели	Данные	ПДК

Далее проводят сравнение содержащихся загрязнений (дано по заданию) с допустимыми нормами (справочный материал). Перечисляются показатели, которые необходимо снизить до ПДК. Их желательно выделить цветом.

По результатам анализа студенты относят сточные воды своего предприятия к той или иной группе по преобладающим загрязнениям. Для этого необходимо привести классификацию сточных вод, и указать к каким классам или классу (органические, минеральные или смешанные) относится сточная вода данного предприятия, используя данные таблицы 7.18.

Определив характер преобладающих загрязнений, используя лекционный материал и рекомендуемую литературу, выбираются методы очистки сточных вод и обработки осадка. Составляется технологическая схема с указанием конкретных этапов обработки и сооружений, предназначенных для этого, подробно аргументируя их назначение и выбор. Сообщается об ожидаемой эффективности действия сооружений по примеру таблицы 7.19.

Таблица 7.18 - Характеристика загрязнений сточных вод промышленных предприятий

Содержание загрязнения		
Преимущественно-органические	Преимущественно-минеральные	Смешанные
Мясоперерабатывающих, целлюлозно-бумажных, лесохимических комбинатов; молокоперерабатывающих, спиртоводочных, пивоваренных, дрожжевых, мыловаренных, гидролизных, кожевенных заводов	Металлургической, угольной, машиностроительной, металлообрабатывающей, электронной, химической (производство удобрений, минеральных кислот, содовое, хлорное и др.) промышленности; цементных, шиферных, абразивных, стекольных заводов; производство фарфора и фаянса; рудообогачительных фабрик и других производств	Нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности; предприятий по термической обработке твердого топлива; бумажных, свеклосахарных, консервных, овощных фабрик ; лакокрасочных, фармацевтических , витаминных заводов и других производств

Таблица 7.19 – Очистительные возможности выбранного оборудования, применяемого в схеме очистки

Очистное оборудование	Взвешенные вещества	Жиры	Азот общий	ХПК	БПК
Решетки	крупные	30%	-	30%	30%
Аэрируемая песколовка	$\geq 0,25$ мм	30-35%	-	30%	30%
Микрофлотационная установка	95-99%	99%	-	70-75%	70-80%
Адсорбционные колонны	60-75%	44-75%	95-97%	90%	65-78%
Коагуляция	70-90%	68-70%	-	50-70%	70-85%
и т.д.					

Затем проводится анализ эффективности очистки сточных вод по выбранной технологической схеме. Для этого надо выполнить расчеты – до каких значений могут быть снижены показатели загрязнения сточных вод предприятия, согласно очистительной возможности выбранного оборудования.

Пример расчетов приведен ниже:

$$\text{БПК}_5 = 14,79 \text{ мг О}_2/\text{л}$$

$$\text{Флотация: } 14,79 \times 20 / 100 = 2,96 \text{ мг О}_2/\text{л}$$

$$\text{Адсорбция: } 2,96 \times 22 / 100 = 0,65 \text{ мг О}_2/\text{л}$$

$$\text{Коагуляция: } 0,65 \times 15 / 100 = 0,09 \text{ мг О}_2/\text{л}$$

и т.д. по всем показателям, которые необходимо довести до ПДК.

Сделав расчеты, их сводят в итоговую таблицу (см. пример таблицы 7.20).

Таблица 7.20 – Анализ эффективности очистки сточных вод

Показатели	До очистки	После очистки	ПДК

Далее необходимо охарактеризовать возможности и условия сброса очищенных вод данного предприятия или же необходимость их включения в систему замкнутого водоснабжения.

Сделать выводы (заключение) на основании проведенных расчетов о составе очищенной сбросной воды и возможном влиянии этой воды на водоемы.

Авторский коллектив оформляет результаты деловой игры в виде отчета (презентации), представив технологическую схему и краткую пояснительную записку к ней. Пример оформления титульного листа отчета (презентации) дан в Приложении А. Примерная структура работы, которая может быть дополнена, приведена в приложении Б.

После того, как указанная работа выполнена, проходит защита - коллектив докладывает группе принятое решение. Время доклада не более 10-15 мин.

Члены группы, являющиеся оппонентами, задают вопросы по существу предложенного решения. После этого группа участвует в обсуждении. Занятие должно проходить активно. Каждый член группы должен задавать вопрос и участвовать в обсуждении. При обсуждении студенты оценивают представленную схему, отмечают ее достоинства и недостатки.

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются сточные воды промышленных предприятий?
2. Какие критерии используются при оценке сточных вод по химическому составу?
3. От чего зависит выбор способов очистки сточных вод?
4. Что учитывается при составлении технологической схемы очистки сточных вод конкретного предприятия?
5. Какие основные методы используются при очистке сточных вод?
6. Какие основные методы обезвреживания используются при очистке сточных вод? Какие основные критерии используют при выборе оборудования для очистки сточных вод?
7. Как определить эффективность очистки сточных вод различным оборудованием?
8. Как составляется технологическая схема утилизации осадков сточных вод?

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе обучения студенты приобретают знания по современным методам очистки сточных вод и обработки осадка сточных вод, подготовки природных вод для их использования в рыбохозяйственных целях.

В результате освоения курса «Санитарная гидротехника» студенты могут проводить санитарно-химическую оценку сточных вод, компоновку основных блоков очистки сточных вод, анализ эффективности работы очистных сооружений.

В результате освоения дисциплины у студента формируются знания о классификациях сточных вод и методов их очистки; типах очистных сооружений для очистки промышленных и бытовых сточных вод, применяемых при механических, биологических, физико-химических, химических и других методах очистки сточных вод; о сооружениях, применяемых на станциях водоподготовки при использовании природных вод для целей водоснабжения; о сооружениях, применяемых для обработки осадков сточных вод; о конструкциях различных сооружений, условиях их применения, особенностях эксплуатации и эффективности действия.

У студентов формируются навыки применения механических, биологических, физико-химических и химических методов очистки сточных вод, составления схемы очистки стоков промышленных предприятий и коммунальных служб, обработки и утилизации осадков сточных вод, осветления, обесцвечивания и обеззараживания природных вод.

Студенты получают навыки расчетов и чтения чертежей очистных сооружений, привязки этих сооружений к региональным условиям.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Мамонтова, Р.П. Санитарная гидротехника: учебник / Р.П. Мамонтова. – Москва: МОРКНИГА, 2012. – 496 с.
2. Хайновский, К.Б. Санитарная гидротехника: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений, обуч. в бакалавриате по напр. подгот. 35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура / К.Б. Хайновский. - Калининград: Изд-во: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. - 111 с.
3. Канализация. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.03-85" (Утв. Постановлением Госстроя СССР от 21.05.85 N 71) (ред. от 20.05.86).

Дополнительная литература:

1. Водоотводящие системы промышленных предприятий: учебник для ВУЗов / С.В. Яковлев, Я. А. Карелин, Ю.А. Ласков и др. – Москва: Стройиздат 1990. – 510 с.
2. Отведение и очистка поверхностных сточных вод: учеб. пособие для вузов / В.С. Дикаревский, А.И. Курганов, А.П. Нечаев, М.И. Алексеев. - Ленинград: Стройиздат 1990. - 224 с.
3. Фрог, Б.Н. Водоподготовка: учеб. пособие для вузов / Б.Н. Фрог, А.П. Левченко. - Москва: МГУ, 1996. - 678 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Пример оформления титульного листа отчета (презентации)

Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

Кафедра водных биоресурсов и аквакультуры

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

.....

(наименование предприятия)

Деловая игра по дисциплине
«Санитарная гидротехника»

Работу выполнили:

И.О. Фамилия

И.О. Фамилия

И.О. Фамилия

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Примерная структура работы (может быть дополнена)

1. Краткая характеристика предприятия или коммунального объекта.
2. Характеристика сточной воды предприятия и условия сброса очищенной воды:
 - 2.1. Качественный и количественный состав сточной воды предприятия и ПДК (привести состав сточных вод и соответствующие ПДК по примеру таблицы 7.17);
 - 2.2. Характеристика загрязнений сточных вод промышленных предприятий (см. таблицу 7.18).
3. Выбор методов очистки сточных вод и обработки осадка:
 - 3.1. Выбор технологической схемы очистки (привести характеристику различных методов очистки, перечислить применяемое оборудование, обосновать его выбор);
 - 3.2. Составить технологическую схему очистки в виде рисунка;
 - 3.3. Характеристика используемого оборудования (дать описание и привести рисунки, схемы конструкций оборудования, используемого по выбранной схеме очистки);
 - 3.4. Очистительные возможности выбранного оборудования, применяемого в схеме очистки (данные представить в табличной форме в процентах по примеру таблицы 7.19);
 - 3.5. Анализ эффективности очистки сточных вод по выбранной технологической схеме (по примеру таблицы 7.20);
 - 3.6. Условия сброса очищенной воды.
4. Заключение (выводы).

Локальный электронный методический материал

Ольга Евгеньевна ГОНЧАРЕНОК

САНИТАРНАЯ ГИДРОТЕХНИКА

Редактор И. В. Голубева

Уч.-изд. л. 3,4. Печ. л. 3,1.

Издательство федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Калининградский государственный технический университет».
236022, Калининград, Советский проспект, 1