



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Н. Р. Ахмедова

ВОДОПОДГОТОВКА И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический
материал по изучению дисциплины для студентов, обучающихся
в бакалавриате по направлению подготовки
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Калининград
2023

УДК 628.1/3

Рецензент

доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»

В.А. Наумов

Ахмедова, Н. Р.

Водоподготовка и очистка сточных вод: учеб.-методич. пособие – локальный электронный методический материал по изучению дисциплины для студентов бакалавриата по направлению подготовки 20.03.02 Природообустройство и водопользование / **Н. Р. Ахмедова**. – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2023. – 38 с.

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал содержит методические материалы по изучению дисциплины, которые включают тематический план занятий, рекомендуемую литературу. В пособии изложены методические указания по выполнению студентами самостоятельной работы, указаны оценочные средства и критерии оценивания.

Табл. 2, рис. – 2, список лит. – 22 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института рыболовства и аквакультуры 23.10.2023 г. протокол № 18

УДК 628.1/3

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

© Ахмедова Н.Р., 2023 г.

Содержание

| | |
|--|----|
| Введение | 4 |
| Тематический план занятий | 10 |
| Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов | 32 |
| Рекомендуемая литература | 34 |
| Приложение А. Типовые экзаменационные вопросы | 36 |

Введение

Дисциплина *Водоподготовка и очистки сточных вод* входит в состав основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 20.03.02 *Природообустройство и водопользование*.

Целью дисциплины является формирование систематизированных знаний, умений и навыков в области улучшения качества природных вод и очистки сточных вод, а также методик инженерных расчётов, проводимых при проектировании систем водоподготовки и очистки сточных вод.

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать: перспективы, отечественный и зарубежный опыт технического и технологического развития деятельности, связанной с водоподготовкой; современные энергосберегающие технологии; методы водоподготовки и очистки сточных вод; типы сооружений и отдельных элементов систем очистки сточных вод и водоочистных комплексов; порядок и методы перспективного и текущего производственного планирования деятельности по водоподготовке; перспективы развития отрасли.

Уметь: пользоваться нормативной, справочной, научно-технической литературой; обосновывать выбор технологических схем и сооружений для водоподготовки и очистки сточных вод с учетом санитарных, природоохранных и технико-экономических требований; оптимизировать режимы работы станции водоподготовки с целью доведения качества очистки воды до нормативных требований с минимальными затратами материальных средств и энергоресурсов, а также контролировать их соблюдение со стороны персонала станции; внедрять энергоэффективные технологии водоподготовки; контролировать динамику использования материально-технических и энергетических ресурсов в процессе эксплуатации станции водоподготовки; осуществлять проведение технических расчетов, разработку проектов и схем, в соответствии с действующими стандартами и нормативными документами; применять современные программные средства.

Владеть: навыками обеспечения необходимых природно- и водоохранных мероприятий; навыками разработки перспективных и текущих плановграфиков, включая планирование сроков и объемов работ, затрат трудовых и материальных ресурсов, по технологической подготовке процесса водоподготовки и проведению работ по техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонту технологического и вспомогательного оборудования водоподготовки, зданий и сооружений; навыками разработки гидравлических режимов работы сооружений, контроль режима реагентной обработки воды; навыками контроля условий и режимов работы, а также потребности в обновлении технологического и вспомогательного оборудования, влияющих на технологию и качество водоподготовки; навыками осуществления контроля разработки и укомплектования необходимой технической документацией процессов технического обслуживания и ремонта; навыками организации оперативного контроля и анализа расхода электроэнергии и химических реагентов; навыками проведения расчета удельных норм расхода электроэнергии и химических реагентов; навыками организации обновления насосного, хлораторного оборудования, грузоподъемных механизмов и приспособлений, вентиляционных систем; навыками обеспечения ввода в эксплуатацию нового оборудования систем комплексной механизации и автоматизации технологических процессов.

Дисциплина опирается на компетенции, знания, умения и навыки студентов, полученные при изучении дисциплин *Водохозяйственные системы и водопользование, Гидрогеология и основы геологии, Гидравлика, Комплексное использование водных объектов, Природнотехногенные комплексы и основы природообустройства.*

Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- задания и типовые вопросы для защиты практических работ;

- задания и типовые вопросы для защиты лабораторных работ;
- тестовые задания по дисциплине.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в формах курсовой работы и экзамена, относятся, соответственно:

- задания и типовые вопросы к курсовой работе;
- экзаменационные вопросы.

В соответствии с учебным планом по дисциплине *Водоподготовка и очистка сточных вод* предусмотрены лабораторные и практические работы.

Перед началом выполнения практической или лабораторной работы обучающиеся изучают задание, и после методических указаний преподавателя приступают к его выполнению. Защита работы проводится либо на очередном практическом/лабораторном занятии, либо в часы индивидуальных или групповых консультаций преподавателя. Обучающийся, защитивший работу с ответами на вопросы, получает оценку «зачтено» за данную практическую/лабораторную работу.

Тестовые задания по дисциплине используются для текущего контроля освоения дисциплины. Тестирование студентов проводится на практических занятиях. Каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов. Оценивание осуществляется по следующим критериям: «зачтено» – 50-100 % правильных ответов на заданные вопросы; «не зачтено» – менее 50 % правильных ответов.

Промежуточная аттестация по дисциплине *Водоподготовка и очистка сточных вод* проводится в форме защиты курсовой работы, экзамена.

Система оценивания результатов защиты курсовой работы, экзамена включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в табл. 1.

Задание для выполнения курсовой работы обучающиеся получают в начале семестра. Целью выполнения курсовой работы является формирование компетенций, связанных с профессиональной деятельностью, систематизация знаний, умений, навыков, полученных при изучении теоретического курса. При

этом обучающемуся дается возможность самостоятельного решения отдельных вопросов в области профессиональных задач природообустройства.

Основная часть пояснительной записки курсовой работы состоит из трех разделов:

1. Условия объекта проектирования.
2. Технологическая схема водоподготовки/очистки сточных вод.
3. Расчет сооружений.

Выполненная курсовая работа представляется для проверки на кафедре техносферной безопасности и природообустройства не позднее, чем за неделю до даты проведения промежуточной аттестации по дисциплине. После проверки курсовая работа допускается к защите или отправляется на доработку. Если курсовая работа отправляется на доработку, следует устранить все замечания, указанные преподавателем, и повторно сдать её на проверку.

Если курсовая работа допускается к защите, студент должен быть готовым дать все необходимые пояснения по расчетам, чертежам и содержанию работы. По результатам защиты выставляется оценка, при этом учитываются правильность выполнения заданий, оформление работы, а также качество защиты.

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся экзаменационные вопросы. Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса. Список экзаменационных вопросов представлен в приложении А.

Условия допуска к экзамену для студентов:

1. Выполненные и защищенные в полном объеме практические и лабораторные работы, предусмотренные программой.
3. Выполненный на оценку «зачтено» тест.

Порядок и правила выставления экзамена по дисциплине преподаватель сообщает обучающимся в начале учебного семестра.

Таблица 1 – Система и критерии оценивания

| Система оценок Критерий | «не зачтено» | «зачтено» | | |
|---|--|---|---|--|
| | «неудовлетворительно» | «удовлетворительно» | «хорошо» | «отлично» |
| Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов | Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой) | Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект | Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект |
| 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 |
| Осмысление изучаемого явления, процесса, объекта | Не может делать корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений | В состоянии осуществлять корректный анализ предоставленной информации | В состоянии осуществлять систематический корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные | В состоянии осуществлять систематический и корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи |

| Система | «не зачтено» | «зачтено» | | |
|--|---|---|--|--|
| Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач | В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом | В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма | Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи |

Тематический план занятий

Тема 1. Введение в дисциплину. Общие сведения

Ключевые вопросы темы

1. Цель и задачи дисциплины. Место дисциплины в структуре образовательной программы. Планируемые результаты освоения дисциплины.

2. Водохозяйственный комплекс (ВХК). Потребление воды в различных отраслях народного хозяйства. Рациональное использование водных ресурсов. Охрана водных объектов от загрязнения. Нормирование водопотребления и водоотведения. Требования к качеству воды.

Методические рекомендации и справочный материал по теме

В начале изучения дисциплины «Водоподготовка и очистка сточных вод» следует понять ее цели и задачи, место в структуре образовательной программы, планируемые результаты освоения. Далее необходимо ознакомиться с такими ключевыми понятиями, как «водохозяйственный комплекс», «рациональное использование водных ресурсов», «нормирование», «качество воды», «ПДК», «водоподготовка» и «очистка сточных вод».

В состав ВХК входят: водные объекты (реки, озера, подземные воды), объекты экономики (городское и сельское коммунально-бытовое хозяйство, промышленные и сельскохозяйственные предприятия, рекреационные учреждения, объекты энергетики и т.д.). В Российской Федерации функционирует ВХК, который является одним из крупнейших в мире и включает более 30 тыс. водохранилищ и прудов общим объемом свыше 800 куб. км и полезным объемом 342 куб. км.

ВХК позволяют обеспечивать потребности в водных ресурсах населения, промышленности и сельского хозяйства, речного судоходства и рыбного хозяйства, а также защищать населенные пункты и объекты экономики от наводнений и других видов вредного воздействия вод. Участниками водохозяйственного комплекса являются отрасли экономики, входящие в состав ВХК.

Участники ВХК делятся на две группы: *водопользователи* и *водопотребители*, имеют индивидуальные особенности и предъявляют определенные требования к водным ресурсам.

Более подробную информацию о современном состоянии водохозяйственного комплекса РФ, его развитии можно получить, изучив информационный ресурс *Вода России* <http://fcpvhk.ru/>.

Основными факторами, оказывающими негативное влияние на уровень рациональности использования водных ресурсов, являются применение устаревших водоемких производственных технологий, недостаточная степень оснащённости водозаборных сооружений системами приборного учета, а также высокий уровень потерь воды при транспортировке. Несмотря на то, что Российская Федерация одно из наиболее обеспеченных водными ресурсами государств, в водохозяйственном комплексе страны отмечается ряд проблем, негативно влияющих на темпы её социально-экономического развития. Система водоохраных мероприятий включает в себя механизмы: политического, инженерно-технического, организационно-хозяйственного, экономического управления.

Для обеспечения рационального использования водных ресурсов, их охраны от загрязнения и истощения применяют нормирование водопотребления и водоотведения. *Нормирование водопотребления и водоотведения* - установление плановой меры потребления воды и отвода сточных вод с учетом качества потребляемой и отводимой воды.

В промышленности различают следующие нормы водопотребления и водоотведения (рис. 1):

Оценочная норма - разрабатывается с учетом новейших достижений отечественной и зарубежной промышленности и предназначена для планирования заданий по снижению водопотребления, оценки деятельности предприятий по использованию воды и экспертизы проектов.

Балансовая норма - определяет водопотребление, необходимое для выпуска запланированной продукции в конкретных условиях.

Текущая норма - действующая в конкретных условиях оперативного планирования, контроля использования воды, разработки водохозяйственных балансов предприятий. Определяется по фактическим показателям: объема водопотребления за прошедший период и объема выпущенной продукции.

Перспективная норма - устанавливается на перспективный период (сроком на 5 и более лет) с учетом планов внедрения результатов научно-технического прогресса и предназначена для разработки планов и прогнозов водопотребления и водоотведения в том числе для разработки Схем КИОВР.

Индивидуальная норма - количество воды необходимое для получения конкретного конечного продукта. Например, индивидуальная норма определяется для изготовления отдельных деталей машины.

Укрупненная норма - рассчитывается на основе индивидуальных норм для одноименной конечной продукции и используется для планирования использования воды по бассейнам рек, составления Схем КИОВР, прогнозов водопотребления и водоотведения. В укрупненную норму водопотребления входят все расходы воды на предприятии, как производственные, так и хозяйственно-питьевые.

Более углубленно вопросы нормирования водопотребления и водоотведения в промышленности можно изучить в *Методических указаниях по разработке норм водопотребления и водоотведения с учетом качества потребляемой и отводимой воды в промышленности, М., 1979.*

Обобщённым показателем эффективности использования водных ресурсов является *водоёмкость* валового регионального продукта - сопоставление объёма затраченной воды с результатами хозяйственной деятельности; показывает, сколько водных ресурсов затрачено для получения единицы регионального продукта. По динамике этого показателя можно судить о тенденциях использования водных ресурсов.

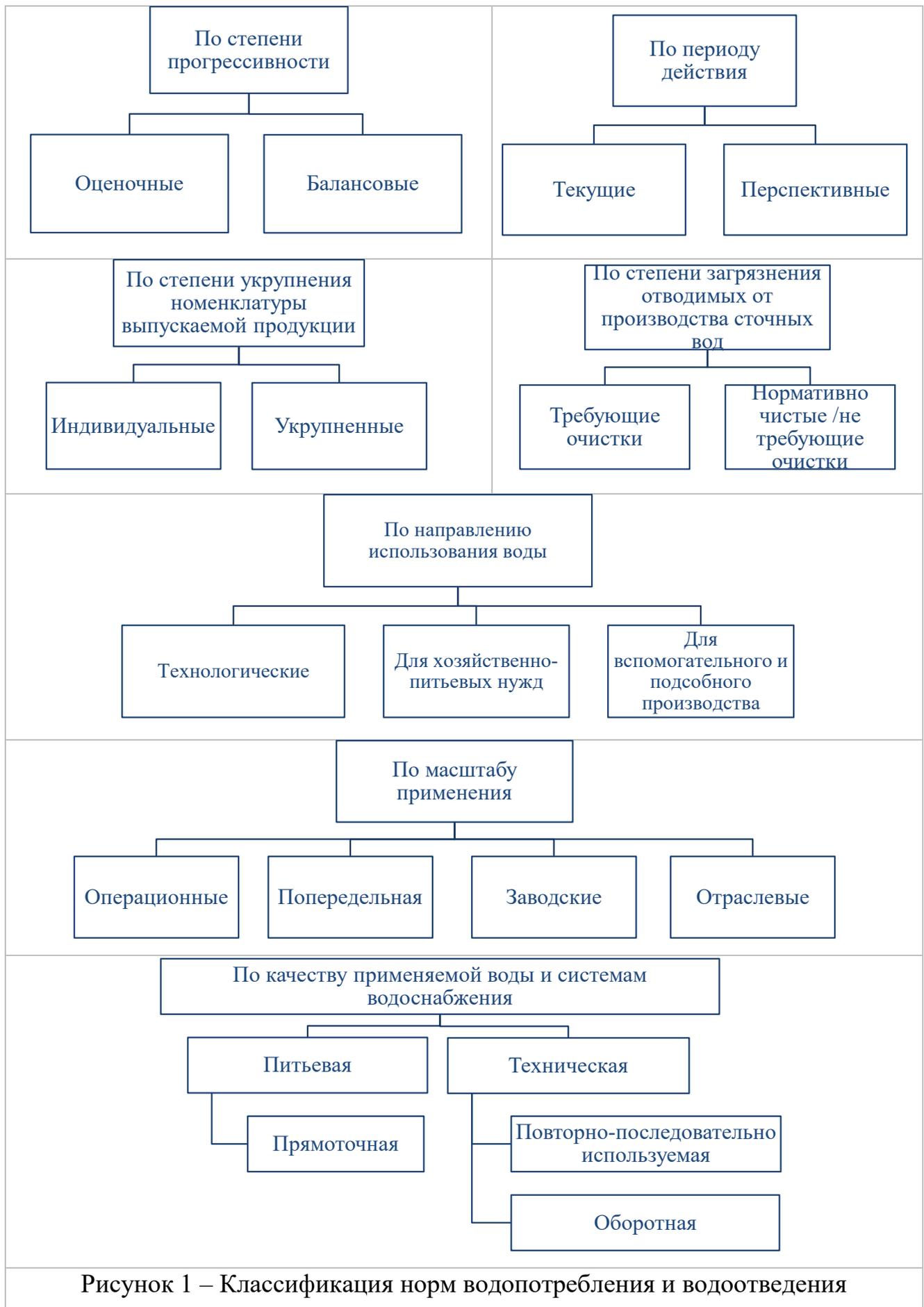


Рисунок 1 – Классификация норм водопотребления и водоотведения

Качество воды природных источников, так же, как и требования, которые предъявляются к качеству воды, используемой различными потребителями, весьма разнообразны. Говорить о качестве воды имеет смысл лишь в связи с конкретной областью ее дальнейшего использования. Таким образом, *качество воды* - характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования.

Нормирование качества воды состоит в установлении для воды водного объекта совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в пределах которых надежно обеспечивается здоровье населения, благоприятные условия водопользования и экологическое благополучие водного объекта.

Показатели качества воды – совокупность биологических и физико-химических характеристик воды: трофосапробности, солёности и жёсткости, рН, концентрации вредных веществ. В специальной литературе принято называть вредными все вещества, воздействие которых на биологические системы может привести к отрицательным последствиям, как в результате однократного действия, так и в отдельные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Нормативы, ограничивающие вредное воздействие, устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора.

Для вредных веществ принята предельно допустимая концентрация (ПДК). *Предельно допустимая концентрация* веществ в воде (ПДК) - концентрация веществ в воде, выше которой вода непригодна для одного или нескольких видов водопользования.

Подробно и доступно вопросы оценки качества воды рассмотрены в следующих работах:

1. Водные ресурсы и основы водного хозяйства: учебное пособие / В. П. Корпачев, И. В. Бабкина, А. И. Пережилин, А. А. Андрияс. — 3-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 320 с.

2. Оценка качества вод и их способности к обработке: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Г. А. Горелкина, А. А. Кадысева, О. В. Широченко. — Омск: Омский ГАУ, 2014. — 88 с.

Для подготовки воды к использованию ее обрабатывают. При этом под обработкой понимают не только очистку ее от нежелательных примесей, но и улучшение ее природных свойств путем обогащения ее недостающими ингредиентами. Технологические процессы обработки воды для приведения ее качества в соответствие с требованиями водопотребителей называются *водоподготовкой*. Степень и способы улучшения качества воды и состав водоочистных сооружений зависят от свойств природной воды и от требований, которые предъявляет потребитель к качеству воды.

Обработка сточных вод с целью разрушения или удаления из них определенных веществ – *очистка сточных вод*.

Более подробно вопросы водоподготовки и очистки сточных вод изучаются отдельно (тема 2, 3).

Вопросы для самопроверки по теме

1. Дать определение термину «водохозяйственный комплекс».
2. Назовите классификационные признаки ВХК.
3. Назовите две группы, на которые делятся участники ВХК. Приведите примеры участников ВХК по каждой группе.
4. Укажите виды водопользования, исходя из условий предоставления водных объектов в пользование.
5. Дать определение понятию «качество воды».
6. Назовите органолептические показатели воды.
7. Назовите единицы измерения цветности воды, ее запаха, вкуса.
8. Порядок определения величины БПК.
9. Показатели, характеризующие бактериологическую загрязненность воды.
10. Методы определения показателей качества воды.

Тема 2. Водоподготовка

Ключевые вопросы темы

1. Источники водоснабжения. Водозаборные сооружения. Классификация вод по целям водопользования. Схемы и системы водоснабжения.

2. Основные нормативные документы, регламентирующие качество питьевой воды.

3. Методы обработки воды. Технологические схемы водоподготовки.

4. Сооружения для водоподготовки.

Методические рекомендации и справочный материал по теме

Ключевые понятия данной темы – «источник водоснабжения», «водоснабжение», «водоподготовка».

Источник водоснабжения - природный или антропогенный поверхностный водный объект или подземные воды, обеспечивающие забор необходимого потребителю количества воды в течение длительного времени.

Выбор источника водоснабжения должен быть обоснован результатами комплексных изысканий (топографических, гидрологических, гидрогеологических, ихтиологических, гидрохимических, гидробиологических, гидротермических и т. п.).

В качестве источника водоснабжения следует рассматривать водотоки (реки, каналы), водоемы (озера, водохранилища, пруды), моря, подземные воды (водоносные пласты, подруслоевые, шахтные и другие воды). Для производственного водоснабжения промышленных предприятий следует рассматривать возможность использования очищенных сточных вод. В качестве источника водоснабжения могут быть использованы наливные водохранилища с подводом к ним воды из естественных поверхностных источников.

Источник водоснабжения должен удовлетворять основным требованиям:

- ✓ обеспечивать получение из него необходимых количеств воды с учетом роста водопотребления на перспективу развития объекта;
- ✓ обеспечивать бесперебойность снабжения водой потребителей;

✓ давать воду такого качества, которое в наибольшей степени отвечает нуждам потребителей или позволяет достичь требуемого качества путем простой, надежной и дешевой ее очистки;

✓ обеспечивать возможность подачи воды объекту с наименьшей затратой средств;

✓ обладать такой мощностью, чтобы отбор воды из него не нарушал сложившуюся экологическую систему, как самого источника водоснабжения, так окружающей природной среды.

Выбор типа и схемы размещения водозаборных сооружений следует выполнять исходя из геологических, гидрогеологических и санитарных условий района.

Система водоснабжения – комплекс инженерных сооружений, включающий водозаборы, с помощью которых осуществляют захват воды из природных источников; насосные станции, подающие воду к местам ее очистки, хранения и потребления; очистные сооружения для улучшения качества воды; водоводы и водопроводные сети, служащие для транспортирования воды к местам потребления и ее распределения; башни и резервуары, играющие роль регулирующих и запасных емкостей. Система водоснабжения населенного пункта должна обеспечивать водозабор, очистку и подачу воды потребителям в необходимых количествах и требуемого качества с соблюдением требований надежности.

В соответствии с СП 31.13330.2021 «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения» качество воды, подаваемой на хозяйственно-питьевые нужды, должно соответствовать СанПиН 1.2.3685-21, СанПиН 2.1.3684-21; качество воды, подаваемой на производственные нужды, должно соответствовать технологическим требованиям и обеспечивать требуемые санитарно-гигиенические условия для обслуживающего персонала; качество воды, подаваемой на поливку в самостоятельных поливочных водопроводах или сетях производственного водопровода должно удовлетворять санитарно-гигиеническим и агротехническим требованиям.

Для подготовки воды к использованию ее обрабатывают. При этом под обработкой понимают не только очистку ее от нежелательных примесей, но и улучшение ее природных свойств путем обогащения ее недостающими ингредиентами. Степень и способы улучшения качества воды и состав водоочистных сооружений зависят от свойств природной воды и от требований, которые предъявляет потребитель к качеству воды.

Все методы обработки воды можно подразделить на следующие основные группы: улучшение органолептических свойств воды, обеззараживание, кондиционирование минерального состава (рис. 2).

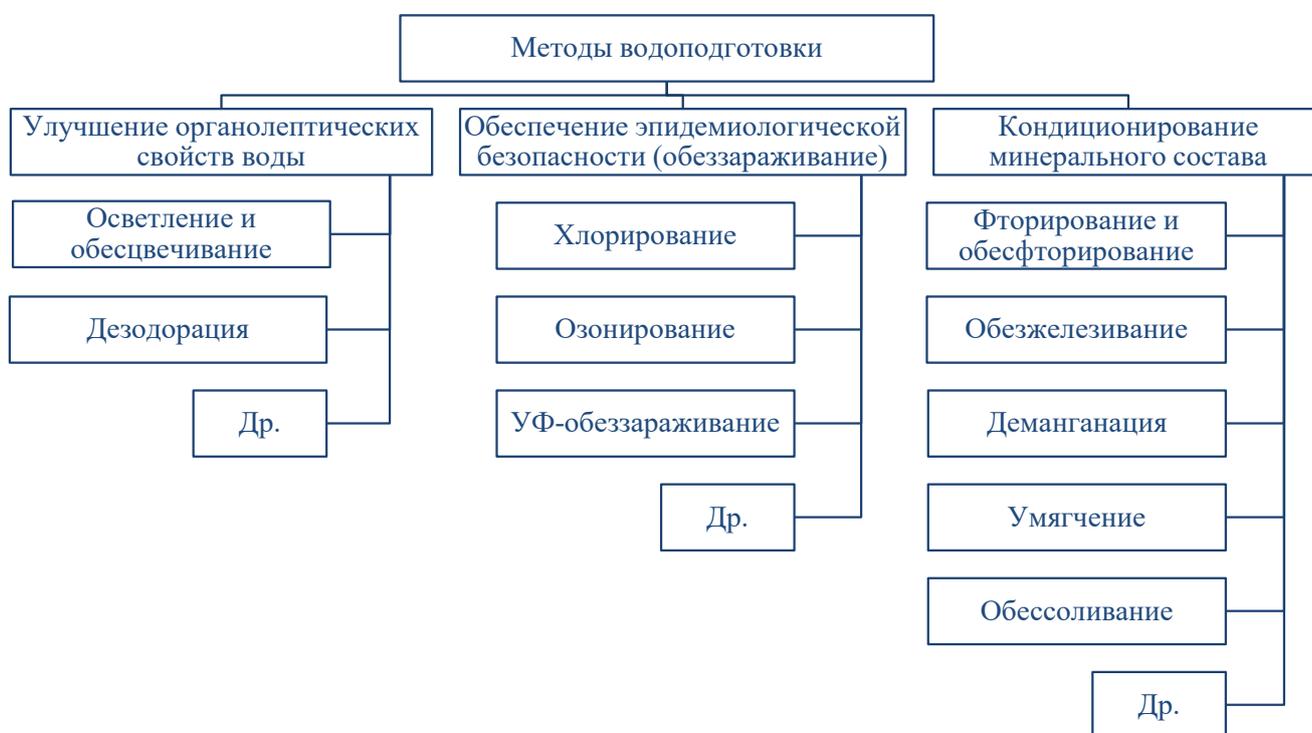


Рисунок 2 - Методы обработки воды

В целях улучшения качества питьевой воды и ее очистки возводятся комплексы очистных сооружений, объединяемые в водоочистные станции. Состав сооружений, в первую очередь, зависит от производительности станции и технологической схемы водоподготовки.

При изучении данной темы необходимо особое внимание уделить нормативным документам в области водоснабжения – СП, ГОСТам, СанПиНам. В данных нормативных документах установлены применяемые в

науке, технике и производстве термины и определения в области водоснабжения, требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых сооружений водоподготовки и систем водоснабжения, к качеству воды.

В СП 31.13330 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения приведены основные технологические методы для очистки воды поверхностных и подземных источников.

Более подробные сведения о современных системах очистки воды можно получить, изучив следующую учебную литературу:

1. Оценка качества вод и их способности к обработке: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Г. А. Горелкина, А. А. Кадысева, О. В. Широченко. — Омск: Омский ГАУ, 2014. — 88 с.

2. Ушакова, И. Г. Научные и инженерные основы выбора методов очистки природных, сточных вод и обработки осадка: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Ю. В. Корчевская, Г. А. Горелкина. — Омск: Омский ГАУ, 2019. — 155 с.

3. Ушакова, И. Г. Основы биотехнологии в природообустройстве и водопользовании: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Г. А. Горелкина, Ю. В. Корчевская. — Омск: Омский ГАУ, 2018. — 96 с.

Вопросы для самопроверки по теме:

1. Какой из методов обеззараживания имеет пролонгированное действие: хлорирование или УФ-облучение?

2. Назовите «плюсы» и «минусы» основных методов обеззараживания воды: хлорирование, озонирование, ультрафиолетовое облучение.

3. Для чего применяют коагулянты и флокулянты в водоподготовке?

4. Назовите сооружения, применяемые для осаждения в воде взвешенных веществ.

5. Назовите сооружение, которое служит для равномерного распределения растворов реагентов в массе обрабатываемой воды.

6. Назовите основные конструктивные типы отстойников в зависимости от направления воды.

7. В каких целях при определении расчетных расходов воды применяют коэффициент суточной неравномерности водопотребления?

8. Назовите основные требования, которые предъявляются к источнику водоснабжения.

9. Перечислите возможные источники водоснабжения.

10. Назовите основные методы обезжелезивания воды.

Тема 3. Очистка сточных вод

Ключевые вопросы темы

1. Виды сточных вод. Системы водоотведения.

2. Технологии очистки сточных вод и осадков.

Методические рекомендации и справочный материал по теме

Ключевые понятия данной темы – «сточные воды», «водоотведение», «канализационная сеть», «методы очистки сточных вод».

Сточные воды - это воды, различные по происхождению, составу и свойствам, отводимые в водные объекты с территорий промышленных предприятий и населённых мест, а также атмосферные осадки, свойства которых оказались ухудшенными в результате деятельности человека.

В состав сточных вод входят как неорганические (частицы грунта, руды и пустой породы, шлака, неорганические соли, кислоты, щёлочи); так и органические (нефтепродукты, органические кислоты), в т.ч. биологические объекты (грибки, бактерии, дрожжи, в т.ч. болезнетворные). Выделяют три вида сточных вод (табл. 2.).

Таблица 2 — Классификация сточных вод

| Вид сточных вод | Происхождение |
|---|---|
| Хозяйственно-бытовые сточные воды | В результате хозяйственно-бытовой деятельности в жилом секторе, объектах социально-культурной сферы, на всех предприятиях (от санузлов, кухонь, мест приема пищи и т. п.) |
| Производственные сточные воды | В процессе производства товаров и услуг |
| Поверхностные сточные воды (дождевые, талые, инфильтрационные, поливомоечные, дренажные воды, принимаемые в централизованную систему водоотведения) | В результате выпадения дождей, таяния снега, мойки дорожных покрытий, при искусственном водопонижении, а также инфильтрации в коллекторе |

Комплекс сооружений, предназначенных для отведения сточных вод и их очистки называют *системой водоотведения*.

Система водоотведения состоит из внутренних водоотводящих устройств зданий, наружной водоотводящей сети, насосных станций, напорных водоводов, сооружений для очистки сточных вод и утилизации осадков и выпусков в водоем.

В соответствии с Правилами разработки и утверждения схем водоснабжения и водоотведения (Постановление Правительства РФ от 05.09.2013 N 782 *О схемах водоснабжения и водоотведения*) *схемы водоснабжения и водоотведения* - совокупность графического (схемы, чертежи, планы подземных коммуникаций на основе топографо-геодезической подосновы, космо- и аэрофотосъемочные материалы) и текстового описания технико-экономического состояния централизованных систем горячего

водоснабжения, холодного водоснабжения и (или) водоотведения и направлений их развития.

Схемы водоснабжения и водоотведения разрабатываются на срок не менее 10 лет с учетом схем энергоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения. При этом обеспечивается соответствие схем водоснабжения и водоотведения схемам энергоснабжения, теплоснабжения и газоснабжения.

Выбор схемы водоотведения обусловлен рельефом местности, местом расположения очистных сооружений и поверхностного водного объекта, расходом сточных вод, требованиями утилизации сточных вод и повторного их использования, отводом и очисткой поверхностного стока.

Методы очистки сточных вод можно разделить на механические, физико-химические и биологические. В процессе очистки сточных вод образуются осадки, которые подвергаются обезвреживанию, обеззараживанию, обезвоживанию, сушке, возможна последующая утилизация осадков.

Механическая очистка – это выделение из сточных вод находящихся в них нерастворенных грубодисперсных примесей, имеющих минеральную и органическую природу.

В настоящее время как самостоятельный метод механическую очистку применяют редко. Такая возможность существует, если при использовании только механической очистки по условиям сброса в водный объект обеспечивается необходимое качество воды (для производственных сточных вод – повторный возврат в технологический процесс). В основном же механическую очистку используют как предварительный этап перед биологической очисткой или в качестве доочистки стоков.

Физико-химические методы очистки городских сточных вод с учетом технико-экономических показателей используют довольно редко. Эти методы применяют, в основном, для очистки производственных сточных вод.

Биологические методы очистки сточных вод основаны на жизнедеятельности микроорганизмов, которые минерализуют растворенные

органические соединения, являющиеся для микроорганизмов источниками питания.

Выбор методов очистки и определение состава сооружений зависят от многих факторов: расхода сточных вод и характеристик водного объекта, расчета необходимой степени очистки, рельефа местности, характера грунтов, энергозатрат и др.

Технология обработки осадков, образующихся в процессах очистки, определяется в зависимости от их свойств, объемов, наличия площадей.

Сочетание соответствующих технологических процессов и сооружений составляет *технологическую схему* очистки сточных вод.

При изучении данной темы необходимо изучить следующие нормативные документы:

1. СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий».
2. СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения».
3. ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях».
4. ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов».
5. ИТС 10 — 2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».

Вопросы для самоконтроля по теме:

1. Какой метод может быть использован для улавливания крупных загрязнений и мусора в сточных водах? Назовите сооружения, которые могут применяться для данной цели.
2. Что из себя представляет процесс центрифугирования?
3. Какие недостатки отмечают при общесплавной системе водоотведения?
4. Что характеризует показатель БПК?
5. В каких случаях применяется доочистка стоков?
6. Как сточные воды подразделяются по источнику образования?

7. Из какого нормативного документа берут значение слоя осадков за тёплый и холодный периоды при расчете расхода/объема поверхностного стока?

8. Перечислите основные сооружения механической и биологической очистки сточных вод.

9. Перечислите факторы, влияющие на увеличение водопотребления.

10. Назовите приемы удаления и обезвреживания осадка сточных вод.

По вышеуказанным темам предусмотрено выполнение лабораторных и практических работ.

Задание к практической работе 1: по данным гидрохимического анализа поверхностного водного объекта в створе 1 за один год произвести комплексную оценку, определить уровень загрязненности и категорию воды.

Вопросы для защиты практической работы 1:

1. Параметры, характеризующие качество источников водоснабжения.

2. Источники водоснабжения.

3. Органолептические и санитарно-эпидемиологические показатели воды.

4. Загрязнение водных ресурсов, источники и классификация загрязнений.

5. Факторы формирования химического состава природных вод.

6. Нормы качества воды.

Задание к практической работе 2: по данным гидрохимического анализа природной воды и производительности станции водоподготовки выбрать и обосновать технологическую схему.

Вопросы для защиты практической работы 2:

1. Дайте определение термину «технологическая схема».

2. Как классифицируют технологические схемы по числу технологических процессов.

3. Какие нормативные документы использовались при определении качества воды?

4. По каким основным показателям определяется класс поверхностных вод, подкласс?

5. Назовите нормативный документ, определяющий основные технологические методы, применяемые при очистке поверхностных природных вод.

6. Дайте определение термину «природные воды».

Задание к практической работе 3: произвести расчёт производительности станции водоподготовки с учетом степени благоустройства населенного пункта и производственных и общественных зданий, находящихся в нем.

Вопросы для защиты практической работы 3:

1. Назовите коэффициенты неравномерности. Для чего они используются в расчётах?

2. Назовите нормативный документ, определяющий требования к расчёту расходов для водоснабжения.

3. От каких параметров зависит значение коэффициента β при определении расходов воды для расчёта сооружений?

4. В чём измеряется удельное среднесуточное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды населения?

5. Какие расходы воды включает в себя удельное водопотребление?

Задание к практической работе 4: для очистки подается вода из поверхностного источника. Известны следующие показатели: содержание взвешенных веществ, цветность, щелочность, расход. Определить дозу коагулянта. Рассчитать основные конструктивные параметры перегородчатых смесителей.

Вопросы для защиты практической работы 4:

1. По каким показателям качества воды определяются дозы реагентов?

2. В каких случаях предусматривается подщелачивание воды?

3. Назовите типы смесителей.

4. Какой нормативный документ устанавливает требования, которые должны соблюдаться при разработке проектов систем водоснабжения?

5. Назовите единицы измерения цветности и мутности воды.

6. Назовите реагенты, применяемые для подщелачивания воды.

Задание к практической работе 5: качество исходной воды: цветность - 100 град; содержание взвеси - 50 мг/л; доза коагулянта - 60 мг/л по безводному продукту; расчетная скорость осаждения взвеси - 0,3 мм/с. Рассчитать вертикальный тонкослойный отстойник.

Вопросы для защиты практической работы 5:

1. Для чего предназначены отстойники?

2. Принцип работы тонкослойного вертикального отстойника.

3. Каким образом может быть определена скорость выпадения взвеси?

4. От каких характеристик зависит значение скорости выпадения взвеси?

Задание к практической работе 6: произвести расчет скорых безнапорных фильтров в двухступенчатой очистке на завершающем этапе для очистной станции полезной производительностью 60000 м³/сут.

Вопросы для защиты практической работы 6:

1. Назовите нормативный документ, устанавливающий обязательные требования при проектировании систем водоснабжения.

2. Основные конструктивные параметры фильтра.

3. Что такое форсированный режим работы фильтра?

4. Какую загрузку используют для скорых фильтров?

5. От каких параметров зависит общая площадь фильтров?

6. Назовите виды промывок фильтра.

7. В чем измеряется интенсивность промывки фильтра?

Задание к практической работе 7: определить концентрации загрязнений по взвешенным веществам и БПК_{полн} в сточных водах, поступающих на городские очистные сооружения. В городе два района с различной степенью благоустроенности. Рассчитать необходимую степень очистки по взвешенным веществам и БПК_{полн}.

Вопросы для защиты практической работы 7:

1. Назовите нормативный документ, устанавливающий обязательные требования при проектировании систем наружной канализации.
2. От каких параметров зависит коэффициент смешения?
3. Как определяется коэффициент извилистости русла?
4. В чём измеряется БПК_{полн}?
5. Что характеризует показатель БПК?

Задание к практической работе 8: по данным лабораторного анализа хозяйственно-бытовых, производственных сточных вод и производительности станции выбрать и обосновать технологическую схему.

Вопросы для защиты практической работы 8:

1. По какому принципу выбирается технологическая схема очистки сточных вод?
2. Назовите методы очистки сточных вод.
3. Как сточные воды подразделяются по источнику образования?
4. Назовите нормативные документы, в соответствии с которыми производится расчёт сооружений для очистки сточных вод.
5. Назовите сооружения механической, биологической очистки сточных вод.
6. В каких случаях применяется доочистка стоков?

Задание к практической работе 9: зная площади, обслуживаемые дождевой канализацией и виды покрытия, рассчитать расходы дождевых сточных вод.

Вопросы для защиты практической работы 9:

1. Назовите нормативные документы, которые регламентируют определение количественных характеристик поверхностного стока.
2. Назовите количественные характеристики поверхностного стока.
3. Из каких слагаемых состоит среднегодовой объём поверхностных сточных вод.

4. Каким образом определяются значения коэффициентов стока дождевых вод?

5. Из какого нормативного документа берут значение слоя осадков за тёплый и холодный периоды?

Задание к практической работе 10: суточный расход сточной воды $Q = 25\,000\text{ м}^3\text{сут}$, максимальный секундный расход $q_{max} = 0,45\text{ м}^3\text{/с}$, норма водоотведения $\alpha = 170\text{ л/сут чел}$. Рассчитать горизонтальные песколовки с круговым движением.

Вопросы для защиты практической работы 10:

1. Назовите виды песколовков.
2. Для чего предназначен бункер в песколовках?
3. Назовите основные конструктивные параметры аэрируемой песколовки.
4. По какому принципу принимают к проектированию тип песколовки?
5. Для чего предназначены песколовки?
6. От каких параметров зависит длина песколовки?

Задание к практической работе 11: заданы следующие параметры: суточный расход сточной воды $Q = 36\,500\text{ м}^3\text{сут}$, максимальный секундный расход $q_{max} = 0,65\text{ м}^3\text{/с}$, содержание взвешенных веществ в поступающей воде $C_{en} = 210\text{ мг/л}$, в осветленной воде должно быть $C_{ex} = 100\text{ мг/л}$. Рассчитать первичные горизонтальные отстойники.

Вопросы для защиты практической работы 11:

1. Назовите основные конструктивные параметры отстойника.
2. В каких случаях следует применять на очистных сооружениях первичные отстойники?
3. С учётом каких показателей производится расчёт отстойников?
4. Каким образом рассчитывается эффект осветления?
5. Классификация отстойников по направлению движения, по назначению в технологической схеме.
6. Что такое гидравлическая крупность?

Задание к практической работе 12: по выданным исходным данным произвести расчет биофильтров для биологической очистки сточных вод.

Вопросы для защиты практической работы 12:

1. Для чего предназначены биофильтры?
2. От каких параметров зависит число секций биофильтра?
3. В зависимости от каких значений принимается гидравлическая нагрузка биофильтра?
4. В чём измеряется удельное количество избыточной биоплёнки?
5. Что такое $BPK_{полн}$?
6. В каких пределах принимается число секций биофильтра?

Задание к практической работе 13: по выданным каталогам предприятий, занимающихся проектированием и поставкой оборудования для очистки сточных вод, подобрать локальные очистные сооружения (ЛОС) для малого населенного пункта. Обосновать принятое решение.

Вопросы для защиты практической работы 13:

1. Какие показатели качества сточной воды использовались при определении степени очистки?
2. Последовательность подбора технологической схемы очистки сточных вод.
3. Нормативные документы, которые регламентируют выбор сооружений для очистки стоков.
4. Каким образом определялась необходимая степень очистки стоков?
5. Перечислите основные сооружения механической и биологической очистки сточных вод.

Задание к лабораторной работе 1: произвести отбор воды из поверхностного источника, обосновать методы гидрохимического анализа пробы.

Вопросы для защиты лабораторной работы 1:

1. Принцип определения прозрачности воды в лабораторных условиях
2. Как определяют запах воды?

3. Назовите виды вкуса воды.
4. Какими терминами можно охарактеризовать мутность воды?
5. Назовите методы анализа качества воды.
6. Принцип проведения колориметрического метода.
7. На чём основаны электрохимические методы анализа качества воды?

Задание к лабораторной работе 2: определить такие показатели воды как цветность, мутность, прозрачность, запах, вкус.

Вопросы для защиты лабораторной работы 2:

1. Принцип определения прозрачности воды в лабораторных условиях.
2. Как определяют запах воды?
3. Назовите виды вкуса воды.
4. Какими терминами можно охарактеризовать мутность воды?
8. Назовите метод определения вкуса воды.

Задание к лабораторной работе 3: определить содержание карбонатов и гидрокарбонатов, рассчитать карбонатную жесткость и щелочность природной воды.

Вопросы для защиты лабораторной работы 3:

1. Что такое жесткость воды?
2. Чем обусловлена жесткость воды?
3. Что такое карбонатная и некарбонатная жесткость?
4. Назовите метод качественного химического анализа, который был использован при определении жесткости воды.

Задание к лабораторной работе 4: определить общую жесткость природной воды.

Вопросы для защиты лабораторной работы 4:

1. Что такое общая жесткость воды?
2. Какими единицами выражают величину общей жесткости?
3. Назовите способы определения общей жесткости.
4. Назовите классификацию воды по жесткости.

Задание к лабораторной работе 5: определить содержание ионов сульфата и хлорида в пробе воды.

Вопросы для защиты лабораторной работы 5:

1. От чего зависит содержание в воде хлоридов?
2. Какими единицами выражают количество хлоридов, содержащихся в воде?
3. Назовите способы определения хлорид-аниона.
4. О чем свидетельствует большое количество сульфатов в природной воде?
5. Что такое аргентометрия?
6. Порядок проведения анализа на содержание сульфат-аниона в воде.

Задание к лабораторной работе 6: определить содержание аммония, нитратов, нитритов, ортофосфатов в природной воде.

Вопросы для защиты лабораторной работы 6:

1. Порядок проведения анализа на нитрат-анионы.
2. Из каких веществ и в каком порядке готовят реактив на нитрат-анионы?
3. Признак, лимитирующий содержание аммонийных соединений в природных водах?
4. Как проводят визуальное колориметрирование?
5. Порядок проведения анализа на нитрит-анионы.
6. Чем обусловлено повышенное содержание фосфора в природной воде, и к чему это может привести?

Задание к лабораторной работе 7: определить содержание общего железа и алюминия в природной воде.

Вопросы для защиты лабораторной работы 7:

1. Порядок проведения анализа на содержание железа в воде.
2. Что подразумевает понятие «общее железо»?
3. Что такое визуальное колориметрирование?
4. Порядок проведения анализа на содержание алюминия в воде.

Порядок выполнения практических и лабораторных работ, дополнительные справочные сведения приведены в следующих учебно-методических пособиях:

1. Водоподготовка и очистка сточных вод: учебно-методическое пособие по лабораторным работам / Н.Р. Ахмедова. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. – 58 с.

2. Водоподготовка и очистка сточных вод: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование» / Н.Р. Ахмедова. – Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016 г. – 87 с.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является обязательной частью образовательного процесса. Наряду с изучением лекционного материала необходимо самостоятельно более подробно рассмотреть указанные в данном пособии темы.

Подготовка к практическим и лабораторным занятиям заключается в изучении теоретического материала с использованием учебно-методических пособий, справочной и нормативной документации в области водоснабжения и водоотведения.

После проработки теоретического материала, выполнения практической/лабораторной работы нужно ответить на вопросы. Ответы должны быть развернутыми, опираться на данные из нормативной документации, дополнительной литературы, материалов исследований и своего опыта.

При освоении данной дисциплины студент должен выполнить курсовую работу, пройти тестирование.

Курсовая работа состоит из трёх разделов:

Раздел 1. Условия объекта проектирования.

Раздел 2. Технологическая схема водоподготовки/очистки сточных вод.

Раздел 3. Расчет сооружений.

При выполнении курсовой работы следует придерживаться следующих правил:

- исходные данные должны полностью соответствовать варианту;
- все решения необходимо сопровождать пояснениями и подробными вычислениями.

Курсовую работу рекомендуется начинать выполнять сразу после прослушивания необходимого теоретического материала на лекциях, выполнения соответствующих заданий на практических занятиях.

Тестирование проводится на практических занятиях, каждый вариант теста включает в себя 30 вопросов.

Рекомендуемая литература

1. Водный кодекс Российской Федерации от 3 июня 2006 г № 74-ФЗ.
2. Федеральный закон 416-ФЗ от 07.12.2011 «О водоснабжении и водоотведении».
3. ГОСТ Р 59053-2020 Охрана окружающей среды. Охрана и рациональное использование вод. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 57164-2016 Вода питьевая. Методы определения запаха, вкуса и мутности.
5. ГОСТ 27065-86 Качество вод. Термины и определения.
6. ГОСТ 31868-2012 Вода. Методы определения цветности.
7. ГОСТ 18164-72 Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
8. ГОСТ 31954-2012 Вода питьевая. Методы определения жесткости.
9. СанПиН 2.1.3684-21 Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий.
10. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.
11. СП 30.13330.2020 «Внутренний водопровод и канализация зданий».
12. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения.
13. СП 32.13330.2018 «Канализация. Наружные сети и сооружения».
14. ИТС 8-2015 «Очистка сточных вод при производстве продукции (товаров), выполнении работ и оказании услуг на крупных предприятиях».
15. ИТС 10-2015 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов».

16. ИТС 10 — 2019 «Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений, городских округов».
17. Водоподготовка и очистка сточных вод: учебно-методическое пособие по лабораторным работам / Н.Р. Ахмедова. — Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016. — 58 с.
18. Водоподготовка и очистка сточных вод: учебно-методическое пособие по практическим занятиям для студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению подготовки «Природообустройство и водопользование» / Н.Р. Ахмедова. — Калининград: Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ», 2016 г. — 87 с.
19. Водные ресурсы и основы водного хозяйства: учебное пособие / В. П. Корпачев, И. В. Бабкина, А. И. Пережилин, А. А. Андрияс. — 3-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2022. — 320 с.
20. Оценка качества вод и их способности к обработке: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Г. А. Горелкина, А. А. Кадысева, О. В. Широченко. — Омск: Омский ГАУ, 2014. — 88 с.
21. Ушакова, И. Г. Научные и инженерные основы выбора методов очистки природных, сточных вод и обработки осадка: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Ю. В. Корчевская, Г. А. Горелкина. — Омск: Омский ГАУ, 2019. — 155 с.
22. Ушакова, И. Г. Основы биотехнологии в природообустройстве и водопользовании: учебное пособие / И. Г. Ушакова, Г. А. Горелкина, Ю. В. Корчевская. — Омск: Омский ГАУ, 2018. — 96 с.

Приложение А. Типовые экзаменационные вопросы

1. Параметры, характеризующие качество источников водоснабжения.
2. Источники водоснабжения. Способность водоемов к самоочищению.
3. Органолептические и санитарно-эпидемиологические показатели воды.
4. Загрязнение водных ресурсов, источники, классификация загрязнений.
5. Виды водопользования, их особенности.
6. Факторы формирования химического состава природных вод.
7. Требования к оборудованию для отбора проб.
8. Требования к оформлению результатов отбора проб и транспортировке.
9. Правила отбора проб для проведения анализов воды. Общие положения.
10. Нормы качества воды.
11. Методы обработки воды.
12. Технологические схемы. Понятие, классификация, принципы составления.
13. Способы улучшения качества природных вод: умягчение, обезжелезивание.
14. Основные технологические схемы очистки природных вод.
15. Сооружения для коагулирования в водоподготовке.
16. Отстойники, их устройство, расчет.
17. Кондиционирование, дегазация природных вод.
18. Дезинфекция природных вод.
19. Осветление и обесцвечивание.
20. Деманганация, дехлорирование.
21. Фильтрация. Основные понятия, основные стадии.
22. Фильтры. Классификация фильтров. Расчет фильтров.

23. Способы биологической очистки сточных вод.
24. Классификация сточных вод. Генезис их загрязнения.
25. Биологическая очистка сточных вод в аэротенках и на биофильтрах.

Расчет основных проектных параметров.

26. Методы и технологии очистки сточных вод предприятий пищевой промышленности.
27. Сооружения для физико-химической очистки сточных вод.
28. Методы и технологии очистки сточных вод.
29. Технологические схемы двухступенчатой очистки сточных вод.
30. Особенности сточных вод агропромышленных комплексов.
31. Состав, свойства и показатели сточных вод. Методы очистки сточных вод и обработки осадков. Условия спуска сточных вод.
32. Песколовки. Определение параметров.
33. Сооружения для обработки осадка сточных вод.
34. Сооружения для механической очистки сточных вод.
35. Горизонтальные отстойники, их устройство и расчет.
36. Первичные и вторичные отстойники.

Локальный электронный методический материал

Наталья Равиловна Ахмедова

ВОДОПОДГОТОВКА И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Редактор И. Голубева

Уч.-изд. л. 2,4. Печ. л. 2,4

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