

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)**

Институт прикладной математики, информатики, био- и нанотехнологий  
Кафедра химических технологий

Пикалов Евгений Сергеевич

## ВОДА И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

Методические рекомендации по самостоятельной работе студентов  
по дисциплине «Вода и очистка сточных вод» для студентов ВлГУ,  
обучающихся по направлению 18.04.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в  
химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

---

Владимир – 2015 г.

Данные методические указания включают рекомендации по содержанию и выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Вода и очистка сточных вод» для студентов направления 18.04.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.04.02. «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», рабочей программы дисциплины «Вода и очистка сточных вод».

Рассмотрены и одобрены на  
заседании УМК направления  
18.04.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы  
в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Протокол №7 от 05.02.2015 г.

**Рукописный фонд кафедры ХТ ВлГУ**

## **Общая схема самостоятельной работы студентов**

Самостоятельная работа студентов заключается в изучении теоретической части курса, выполнении заданий на практических занятиях, выполнении курсового проекта и подготовке к его защите, в подготовке к рейтинг-контролю знаний и сдаче зачета, а также в обработке экспериментальных данных, полученных при выполнении лабораторных занятий, составлении отчетов по лабораторным работам и подготовке к защите отчетов по ним.

**Рекомендации по использованию материалов учебно-методического комплекса дисциплины.** Для эффективного использования материалов УМКД следует изучать их последовательно и параллельно с тематикой проводимых аудиторных занятий. План изучения дисциплины и тематика занятий соответствуют, представленным в рабочей программе данного УМКД структуре и содержанию дисциплины.

Перед проведением каждой лабораторной работы рекомендуется повторить теоретический материал по тематике работы и изучить методику выполнения работы по рекомендациям, представленным в данном УМКД. Проводить обработку экспериментальных данных и оформлять отчет следует в соответствии с указаниями в этих рекомендациях. В них же указаны контрольные вопросы, по которым рекомендуется готовиться к защите отчетов по лабораторным работам.

Подготовку к каждому практическому занятию рекомендуется проводить по литературным источникам, указанным в методических указаниях к практическим занятиям, в которых представлены страницы, необходимые для изучения, и контрольные вопросы для обсуждения. Также рекомендуется приносить эти литературные источники с собой на занятия, так как сведения из них могут оказаться полезны при выполнении заданий.

Курсовое проектирование также рекомендуется выполнять по разделам по мере самостоятельного изучения теоретического курса и прохождения соответствующих тем на практических занятиях, руководствоваться методическими рекомендациями по выполнению курсовых проектов данного УМКД и литературными источниками из рекомендуемого списка.

Готовится к текущему контролю знаний рекомендуется по спискам вопросов для рейтинг-контролей, представленных в рабочей программе, и по заданиям для контроля, приведенным в фонде оценочных средств данного УМКД. Подготовку к зачету также рекомендуется проводить по списку вопросов, представленному в данном УМКД.

Кроме основной и дополнительной литературы при подготовке к текущему контролю знаний и защитах отчетов по лабораторным работам будет полезным изучать актуальную информацию, которая представляется в рекомендуемых в рабочей программе данного курса периодических изданиях и интернет-ресурсах.

**Рекомендации по планированию и организации времени, отведенного на изучение дисциплины.** Содержание курса представляет собой набор тематических разделов, рекомендуемое время на изучение которых указано в рабочей программе данного УМКД. Самостоятельное изучение теоретического материала рекомендуется проводить в соответствии с темами практических и лабораторных занятий, разбив необходимые для рассмотрения вопросы на части таким образом, чтобы изучать равное их количество каждый день с момента последнего аудиторного занятия и до времени проведения следующего. Также рекомендуется совмещать выполнение разделов курсового проекта и заданий по практическим и лабораторным занятиям. Предпочтительно, если студент будет совмещать самостоятельное изучение смежных тем разных дисциплин, изучаемых параллельно. На основании этих рекомендаций каждому студенту будет полезно спланировать самостоятельное изучение дисциплины и выполнение заданий, предусмотренных рабочей программой курса, с учетом своего свободного времени и индивидуальных особенностей при необходимости согласовав его с преподавателем и стараться придерживаться его для своевременного и успешного изучения дисциплины.

**Описание последовательности действий студента, или «сценарий изучения дисциплины».** Для успешного изучения дисциплины студентам рекомендуется придерживаться следующего плана изучения дисциплины:

- для получения базовых умений и навыков, выполнения экспериментальной части лабораторных работ и заданий на практических занятиях необходимо посещать аудиторные занятия в соответствии с расписанием и дополнять полученные на них знания самостоятельным углубленным изучением. А результаты самостоятельного изучения применять при дальнейшем изучении теории, для эффективного выполнения лабораторных работ и заданий на практических занятиях;

- для успешного выполнения курсового проекта следует выполнять его поэтапно и в соответствии с методическими рекомендациями по выполнению курсовых проектов данного УМКД;

- в соответствии со своими возможностями заранее готовится к проведению текущего контроля знаний и защите отчетов по лабораторным работам, которые проводятся в установленные сроки;

- в соответствии со своими возможностями заранее готовится к защите курсового проекта и сдаче зачета.

**Рекомендации по работе с литературой.** В первую очередь рекомендуется ознакомиться со списком литературных источников, представленным в рабочей программе данного УМКД и изучить содержание каждого из них, чтобы в дальнейшем облегчить поиск источников, необходимых для изучения или разъяснения тех или иных вопросов. Особое внимание

следует обратиться к источникам, указанным как основные. Изучение курса по литературным источникам следует проводить в соответствии с планом и содержанием данного курса. Использовать литературные источники вне рекомендуемого списка следует только по согласованию с преподавателем, так как возможно сильное различие точек зрения, изложенных в них. Не рекомендуется изучать темы заранее, а только параллельно с их изучением на аудиторных занятиях.

**Разъяснения по поводу работы с тестовой системой курса, по выполнению домашних заданий.** Тестовая система курса позволяет оперативно оценить текущий контроль знаний студентов и представляет собой часть рейтинг-контроля, проводимого в установленные в ВлГУ сроки. Вопросы для подготовки к рейтинг-контролю, примеры тестовых заданий и ключи к ним представлены в фонде оценочных средств данного УМКД. Тестовые задания представляют собой набор вопросов по темам, изученным на аудиторных занятиях или самостоятельно. Вопрос может быть напрямую рассмотрен при изучении курса или предполагать размышления на основе полученных знаний и навыков. К каждому вопросу дается четыре варианта ответов, один или несколько из которых могут являться правильными и должны быть отмечены любым удобным студенту образом.

Домашние задания представляют собой самостоятельное изучение теоретического материала, выполнение подготовительной части лабораторных работ и заданий практических занятий. Подготовка к лабораторной работе проводится в два этапа. На первом этапе следует изучить теоретические вопросы по тематике работы, методику ее проведения и подготовить черновик отчета. На втором этапе проводится обработка результатов эксперимента, оформляется чистовой вариант отчета и проводится подготовка к защите отчетов по лабораторной работе по контрольным вопросам. Рекомендуется подготовительную часть лабораторных работ проводить совместно со студентами, с которыми они выполняются. Подготовка к практическим занятиям заключается в изучении материала из рекомендуемых литературных источников по вопросам, предусмотренным для обсуждения. Курсовой проект рекомендуется выполнять поэтапно, после выполнения каждого этапа проверять результаты с руководителем и согласовывать с ним дальнейшие действия.

**Рекомендации по подготовке к зачету.** Начальным этапом подготовки к зачету является успешное изучение теоретического курса, своевременное выполнение лабораторных работ и защита отчетов по ним, а также своевременное выполнение и успешная защита курсового проекта. Это позволит получить высокие баллы при проведении рейтинг-контроля знаний и является условием допуска к сдаче зачета. Суммарный балл, набранный за три рейтинг-контроля учитывается при проставлении зачета. Подготовку рекомендуется проводить по

списку вопросов, которые приведены в данном УМКД. Каждый студент, исходя из своих возможностей, должен выбрать время необходимое ему для подготовки к зачету до дня, в который он будет проводится. На эти дни рекомендуется распределить материал, который следует повторить при подготовке. Причем каждый раз перед изучением последующего материала рекомендуется повторить материал, изученный ранее. Будет полезна и совместная с другими студентами группы подготовка, особенно по вопросам, представляющими наибольшую трудность.

**Разъяснения основных трудностей самостоятельной работы студента и пути их преодоления.** Для снижения трудности самостоятельного изучения теоретических вопросов они рассматриваются отдельно по каждому разделу лекционного курса и подобраны таким образом, чтобы тематика лекции была близкой к этим вопросам и обеспечивала студентам необходимые для их освоения основные знания. Результат самостоятельного освоения и преодоление возникших трудностей обеспечиваются на каждом лекционном занятии при проведении устного диалога с группой студентов для закрепления знаний, полученных на лекциях и самостоятельно, и для разъяснения сложных для восприятия вопросов. Трудности, возникающие при подготовке к выполнению лабораторных работ, преодолеваются при получении допуска к их выполнению, на котором детально разбирается план выполнения работы, устройство и принцип действия установки. Трудности, возникающие при обработке экспериментальных данных и при подготовке к защите отчетов по работам, преодолеваются непосредственно перед защитой при проверке отчетов, проводимой в форме устного диалога. Трудности, возникающие при выполнении практических заданий, преодолеваются путем обсуждения их с преподавателем и при проведении на занятиях общегрупповых диалогов. Трудности при выполнении курсового проекта решаются совместно с руководителем проекта и при необходимости с ведущим преподавателем на консультациях. Трудности при подготовке к зачету могут быть рассмотрены в индивидуальном порядке на беседах с ведущим преподавателем.

## **Методические рекомендации по изучению теоретического материала курса**

### **Раздел 1. Характеристика методов очистки сточных вод**

**Основные вопросы темы:** Классификация сточных вод по составу и источникам образования. Классификация методов очистки сточных вод. Методы интенсификации очистки сточных вод. Обработка осадков сточных вод. Технологические схемы очистки сточных вод.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить состав сточных вод от различных источников; изучить группы методов очистки сточных вод и способы их интенсификации; изучить технологию обработки осадков сточных вод; изучить общие принципы разработки технологических схем очистки сточных вод различных составов.

**Требования к уровню подготовленности студента:** основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии, процессы и аппараты защиты окружающей среды и экология; общие закономерности математики, физики и химии.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** Основные понятия данной темы: сточная вода, загрязнители, взвеси, растворенные примеси, гравитационное и центробежное осаждение, фильтрация, коагуляция, флокуляция, химическая и биохимическая очистки, механическое и термическое обезвоживание. К важным понятиям относятся всплывающие примеси, суспензии, эмульсии, усреднение, процеживание, флотация, электролиз, стабилизация, кондиционирование, уплотнение. Сведения по данной теме позволяют систематизировать знания о составе сточных вод и методах их очистки для выбора конкретных методов очистки и их последовательности для обработки сточных вод от конкретных источников. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учебное пособие - Владимир: изд-во ВлГУ, 2015 - 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ + доступ по интернет-ссылке: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учебное пособие - Владимир: изд-во ВлГУ, 2016 - 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

3. Пугачев Е.А. Процессы и аппараты обработки осадков сточных вод: монография - М.: АСВ, 2015 – 208 с. (доступ по интернет-ссылке: <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930937923.html>);

4. Жмаков Г. Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения: учебник - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 237 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=484753>).

**Обзор по рекомендуемой литературе:** Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на степень опасности и другие характеристики загрязнителей, закономерности и области применения методов очистки. Также следует обратить внимание на технологию и оборудование обработки осадков сточных вод и типовые схемы

очистки сточных вод различных промышленных предприятий и других антропогенных источников. Точки зрения разных авторов сходятся, могут отличаться только степень подробности изложения сведений, классификационные признаки и терминология, поэтому рекомендуется взять за основу пособия, изданные автором данного УМК. Тема имеет и практическое значение, так как дает знания по выбору методов очистки в зависимости от состава и расхода сточных вод, а также по общим принципам составления технологических схем очистки, с которых начинается любые расчеты и проектирования систем очистки сточных вод.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** Студенту следует знать состав сточных вод различных антропогенных источников; классификацию методов очистки и области их применения; технологию и оборудование обработки осадков сточных вод.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Какие отрасли промышленности являются основными источниками сточных вод? Какие загрязнители для них характерны?
2. По каким признакам классифицируют методы очистки сточных вод?
3. Какие методы применяют для очистки сточных вод от механических примесей?
4. Какие методы применяют для очистки сточных вод от растворенных примесей?
5. В чем особенности очистки сточных вод с преимущественно органическими примесями?
6. Каким образом проводят обработку осадков сточных вод?

## **Раздел 2. Механические методы очистки сточных вод**

**Основные вопросы темы:** Решетки и решетки-дробилки. Усреднители сточных вод. Песколовки и первичные отстойники. Отстойники для разделения суспензий и эмульсий. Нефтеловушки и маслоуловители. Тонкослойные отстойники. Гидроциклоны и отстойные центрифуги. Фильтры и фильтрующие центрифуги.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для первичной обработки сточных вод; изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для гравитационного и центробежного осаждения; изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружения для фильтрации.

**Требования к уровню подготовленности студента:** основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии, процессы и аппараты защиты окружающей среды и экология; общие закономерности математики, физики и химии.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** Основные понятия данной темы: усреднители, песколовки, горизонтальные и вертикальные отстойники, тонкослойные отстойники, нефтеловушки, отстойные и фильтрующие центрифуги, нутч-

фильтры. К важным понятиям относятся решетки, решетки-дробилки, радиальные отстойники, маслоуловители, гидроциклоны. Сведения по данной теме необходимы для выбора, расчета и понимания принципа работы основных типов оборудования и сооружений для очистки сточных вод от механических взвешенных примесей. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Механические и физические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учебное пособие - Владимир: изд-во ВлГУ, 2015 - 79 с. (наличие в библиотеке ВлГУ + доступ по интернет-ссылке: <http://e.lib.vlsu.ru/bitstream/123456789/4205/1/01415.pdf>);

2. Фирсова Л. Ю. Системы защиты среды обитания. Схемы, сооружения и аппараты для очистки газовых выбросов и сточных вод: учебное пособие - М.: Форум: НИЦ Инфра-М, 2013. - 80 с (доступ по интернет-ссылке: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=367411>);

5. Жмаков Г. Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения: учебник - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 237 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=484753>).

5. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>).

**Обзор по рекомендуемой литературе:** Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на конструкцию, принцип действия, а также расчетные зависимости производительности, основных размеров и параметров работы оборудования для очистки сточных вод от механических взвешенных примесей. У разных авторов может быть описание одних типов оборудования, но не быть описания других видов оборудования, но точки зрения у них одинаковые. Также может отличаться детальность и информативность описания, обозначения в формульных зависимостях. Тема имеет практическое значение, так как расчетные зависимости, понимание конструкции и принципа действия необходимо для расчета и проектирования очистных систем, а также будет полезным при освоении и эксплуатации оборудования, если оно встретится выпускникам в их научно-исследовательской работе или будущей профессиональной деятельности.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** Студенту следует знать конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для первичной обработки сточных вод; конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для гравитационного и центробежного осаждения; конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для фильтрации.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Какое оборудование применяется для первичной обработки сточных вод?
2. Как классифицируют отстойники?
3. В чем заключаются особенности тонкослойного отстаивания?
4. Какое оборудование и конструктивные приемы применяют для очистки сточных вод от всплывающих примесей?
5. Какое оборудование применяется для центробежной очистки сточных вод?
6. Какое оборудование применяется для фильтрации сточных вод?

### **Раздел 3. Физико-химические методы очистки сточных вод**

**Основные вопросы темы:** Коагуляция и флокуляция сточных вод. Флотация сточных вод. Адсорбционная очистка сточных вод. Ионный обмен. Промышленные иониты и адсорбенты. Методы химической нейтрализации сточных вод. Методы химического окисления сточных вод. Общие принципы биохимической очистки. Сооружения аэробной очистки. Сооружения анаэробной очистки. Биохимическая очистка в естественных условиях.

**Цель и задачи изучения темы:** изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для коагуляции и флокуляции; изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для флотации; изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружения для сорбционной очистки; изучить конструкцию и принцип действия оборудования и сооружения для химической и биохимической очистки.

**Требования к уровню подготовленности студента:** основные знания курсов процессы и аппараты химической технологии, процессы и аппараты защиты окружающей среды и экология; общие закономерности математики, физики и химии.

**Характеристика основного понятийно–терминологического аппарата:** Основные понятия данной темы: коагулянты, флокулянты, аппараты с неподвижным и плотно движущимся слоем реагента, адсорбенты, иониты, аэротенки, метантенки. К важным понятиям относятся аппараты с псевдооживленным слоем реагента флотация, активный ил, окситенки, септик-тенки. Сведения по данной теме необходимы для выбора, расчета и понимания принципа работы основных типов оборудования и сооружений для очистки сточных вод от растворенных примесей. Эти сведения широко освещены в литературных источниках. Для самостоятельного изучения рекомендуются:

1. Пикалов Е.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Физико-химические методы очистки промышленных выбросов в атмосферу и гидросферу: учебное пособие - Владимир: изд-во ВлГУ, 2016 - 87 с. (наличие в библиотеке ВлГУ);

2. Луканин А.В. Процессы и аппараты биотехнологической очистки сточных вод: учебное пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 244 с (доступ по интернет-ссылке: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=519990>);

3. Жмаков Г. Н. Эксплуатация оборудования и систем водоснабжения и водоотведения: учебник - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 237 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=484753>).

4. Таранцева К.Р., Таранцев К.В. Процессы и аппараты химической технологии в технике защиты окружающей среды: учеб. пособие - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 412 с (доступ по интернет-ссылке <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=429195>).

**Обзор по рекомендуемой литературе:** Особое внимание при изучении литературы по тематике данной лекции стоит обратить на на конструкцию, принцип действия, а также расчетные зависимости производительности, основных размеров и параметров работы оборудования для очистки сточных вод от растворенных примесей. Также следует обратить внимание на применяемые в промышленности реагенты (адсорбенты, коагулянты, иониты и др.), их особенности, селективность и способы регенерации. У разных авторов может быть описание одних типов оборудования, но не быть описания других видов оборудования, но точки зрения у них одинаковые. Также может отличаться детальность и информативность описания, обозначения в формульных зависимостях. Тема имеет практическое значение, так как расчетные зависимости, понимание конструкции и принципа действия необходимо для расчета и проектирования очистных систем, а также будет полезным при освоении и эксплуатации оборудования, если оно встретится выпускникам в их научно-исследовательской работе или будущей профессиональной деятельности.

**Краткие выводы по итогам изучения темы:** Студенту следует знать конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для коагуляции и флокуляции; конструкцию и принцип действия оборудования и сооружений для флотации; конструкцию и принцип действия оборудования и сооружения для сорбционной очистки; конструкцию и принцип действия оборудования и сооружения для химической и биохимической очистки.

**Контрольные вопросы для самопроверки знаний студента:**

1. Как и для чего проводят коагуляцию и флокуляцию сточных вод?
2. В чем заключаются особенности адсорбции и ионного обмена?
3. Как классифицируют аппараты для проведения адсорбции и ионного обмена?
4. Как классифицируют методы химической нейтрализации и химического окисления?

Какое оборудование используют в каждом из методов?

5. В чем заключаются особенности аэробной и анаэробной очисток?
6. Как классифицируют аппараты для биохимической очистки сточных вод?