

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ВОДОПОДГОТОВКА В ЭНЕРГЕТИКЕ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.01.09</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 3;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>108 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>5 семестр - 16 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 59,7 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> <b>Тестирование</b> <b>Лабораторная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	<b>5 семестр - 0,3 часа;</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Большакова Н.А.
	Идентификатор	R6946266-BolshakovaNA-3b257d4

Н.А. Большакова


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рогалев А.Н.
	Идентификатор	Rb956ba44-RogalevAN-6233a28b

А.Н. Рогалев

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение основных понятий, технологий и оборудования для подготовки добавочной воды на объектах энергетики

### Задачи дисциплины

- ознакомление с технологическими процессами и аппаратами, используемыми при подготовке добавочной воды на ТЭС;
- формирование навыков принимать и обосновывать конкретные технические решения при проектировании и эксплуатации установок по очистке добавочной воды на ТЭС.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен участвовать в проектно-конструкторской деятельности в сфере теплоэнергетики и теплотехники	ИД-2 <sub>ПК-1</sub> Знает устройство, принцип работы и определяет показатели функционирования оборудования тепловых и атомных электростанций	знать: - основные определения, закономерности, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке в энергетике; - основные физико-химические процессы при подготовке добавочной воды на ТЭС; - основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки при подготовке добавочной воды.  уметь: - принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплоэнергетика и теплотехника (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы высшей математики
- знать основы информационных технологий
- знать основы физики
- знать основы химии
- знать основы технической термодинамики
- знать основы материаловедения, технологии конструкционных материалов
- знать основы гидрогазодинамики
- знать основы экологии

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.



### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды	24	5	6	6	-	-	-	-	-	-	12	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды"</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды" материалу.</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр. 5-11, стр.12-33, стр. 31-47</p>
1.1	Введение. Использование воды на ТЭС	8		2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Технологические показатели качества воды	8		2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Типы и характеристики природных вод	8		2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
2	Предварительная очистка воды	14		6	2	-	-	-	-	-	-	6	-	
2.1	Предварительная очистка воды	14	6	2	-	-	-	-	-	-	6	-		

													необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Предварительная очистка воды" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Предварительная очистка воды" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], стр.4-16 [4], стр.48-103
3	Обессоливание	36	16	4	-	-	-	-	-	-	16	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Обессоливание"
3.1	Обработка воды методом ионного обмена	18	8	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Обессоливание" материалу. <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Обессоливание" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], стр.5-12 [3], стр.13-34 [4], стр. 104-166, стр. 167-181
3.2	Мембранные методы очистки воды	18	8	2	-	-	-	-	-	-	8	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Удаление из воды растворимых газов" <b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу
4	Удаление из воды растворимых газов	8	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	
4.1	Удаление из воды растворимых газов	8	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	

													"Удаление из воды растворимых газов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], стр.182-209
5	Экологические аспекты различных технологий обработки воды	8	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Экологические аспекты различных технологий обработки воды"
5.1	Экологические аспекты различных технологий обработки воды	8	2	2	-	-	-	-	-	-	4	-	<b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>42</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108.0</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0.3</b>	<b>59.7</b>		

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды

##### 1.1. Введение. Использование воды на ТЭС

Использование воды на ТЭС. Вода как теплоноситель, замедлитель и рабочее тело. Типичные схемы обращения воды на ТЭС. Загрязнение водного теплоносителя в трактах ТЭС. Расчет производительности водоподготовительной установки.

##### 1.2. Технологические показатели качества воды

Способы выражения концентраций. Жесткость, щелочность, рН, окисляемость, концентрации отдельных ионов, концентрация грубодисперсных примесей, сухой остаток, прокаленный остаток.

##### 1.3. Типы и характеристики природных вод

Примеси и естественный химический состав поверхностных и подземных природных вод. Загрязнение природных водоемов стоками промышленных, сельскохозяйственных и коммунальных предприятий.

#### 2. Предварительная очистка воды

##### 2.1. Предварительная очистка воды

Физико-химические процессы, протекающие в воде при коагуляции. Изменение химического состава воды при коагуляции. Принципиальные технологические схемы коагуляционных установок. Химические реакции, протекающие при известковании воды. Принципиальные технологические схемы установок для обработки воды методами осаждения. Осветительные фильтры насыпного и намывного типа. Требования, предъявляемые к фильтрующим материалам для фильтров насыпного и намывного типа. Стоки установок предварительной очистки воды. Микрофильтрация, ультрафильтрация.

#### 3. Обессоливание

##### 3.1. Обработка воды методом ионного обмена

Ионообменные материалы, применяемые на водоподготовительных установках. Основные закономерности ионного обмена. Технология катионирования. На-катионирование. Н-катионирование. Технология ионитного (химического) обессоливания воды. Процессы последовательного Н-ОН-ионирования воды. Принципиальные схемы ионитного обессоливания воды с одной и несколькими ступенями отдельного Н-ОН-ионирования. Процесс совместного Н-ОН-ионирования воды. Конструкции ФСД с регенерацией внутри и вне корпуса фильтра. Технология выносной регенерации. Технологии противоточного ионного обмена. Стоки ионообменных установок.

##### 3.2. Мембранные методы очистки воды

Процессы, протекающие в мембранных установках. Характеристики мембран. Нанофильтрация и обратный осмос. Электродеионизация. Вибрационное мембранное разделение.

#### 4. Удаление из воды растворимых газов

##### 4.1. Удаление из воды растворимых газов



Процессы абсорбции и десорбции газов. Технология деаэрации воды. Технология декарбонизации воды. Химические методы удаления из воды коррозионно-агрессивных газов. Каталитическое удаление кислорода.

### 5. Экологические аспекты различных технологий обработки воды

#### 5.1. Экологические аспекты различных технологий обработки воды

Стоки установок предварительной очистки воды. Стоки ионообменных установок. Стоки установок ультрафильтрации и обратного осмоса. Очистка нефтесодержащих сточных вод. Нейтрализация, концентрирование и обработка стоков на ТЭС.

### **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Оптимизация работы Н-катионитного фильтра;
2. Оптимизация работы цепочки ионитных фильтров;
3. Предварительная обработка в осветлителе для коагуляции и известкования;
4. Эксплуатация однокамерного осветлительного фильтра.

### **3.5 Консультации**

#### Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Предварительная очистка воды"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Обессоливание"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Удаление из воды растворимых газов"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Экологические аспекты различных технологий обработки воды"

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
<b>Знать:</b>							
основные показатели, характеризующие качество воды и их изменение по ступеням обработки при подготовке добавочной воды	ИД-2ПК-1	+					Тестирование/Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды
основные физико-химические процессы при подготовке добавочной воды на ТЭС	ИД-2ПК-1		+	+	+		Тестирование/Предварительная очистка воды
основные определения, закономерности, технологии и виды оборудования, применяемые в водоподготовке в энергетике	ИД-2ПК-1	+	+	+		+	Тестирование/Обессоливание
<b>Уметь:</b>							
принимать конкретные технологические решения при проектировании и эксплуатации установок подготовки добавочной воды на ТЭС	ИД-2ПК-1			+	+		Лабораторная работа/Водоподготовка в энергетике Тестирование/Обессоливание Тестирование/Удаление из воды растворимых газов

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Водоподготовка в энергетике (Лабораторная работа)
2. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды (Тестирование)
3. Обессоливание (Тестирование)
4. Предварительная очистка воды (Тестирование)
5. Удаление из воды растворимых газов (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет с оценкой (Семестр №5)*

Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач. Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки. Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам, либо наметил правильный путь его выполнения, либо по указанию преподавателя решил другую задачу из того же раздела дисциплины. Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы билета; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела программы.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Пильщиков, А. П. Очистка воды методом фильтрования : Учебное пособие по дисциплине "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы" для вузов по направлению "Теплоэнергетика" / А. П. Пильщиков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2004 . – 64 с. - ISBN 5-7046-1157-5 .;
2. Предварительная очистка воды в схемах водоподготовки : Учебное пособие по дисциплинам "Водоподготовка", "Химико-технологические процессы, аппараты и режимы", по направлению "Теплоэнергетика" / А. В. Богловский, А. С. Копылов, В. Ф. Очков, и др., Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2002 . – 79 с. - ISBN 5-7046-0864-7 .;
3. Стерман, Л. С. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС : учебник для вузов по специальности "Тепловые электрические станции" / Л. С. Стерман, В. Н. Покровский . – М. : Энергоатомиздат, 1991 . – 328 с. - ISBN 5-283-00041-9 .;

4. Копылов А.С. , Лавыгин В.М. , Очков В.Ф. - "Водоподготовка в энергетике",  
Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2016 - (310 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72208](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72208).

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. TBT Shell.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журнал Science - <https://www.sciencemag.org/>
12. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
13. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
14. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
15. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
16. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
17. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
18. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru; http://docs.cntd.ru/>
19. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
20. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
21. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>
22. Официальный сайт Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки - <https://obrnadzor>
23. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

### 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-407, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Учебные аудитории	В-210/2а,	стол, стул, тумба, стенд лабораторный

для проведения лабораторных занятий	Лаборатория теплотехнических измерений и приборов	
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-407, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-209/2, Кабинет сотрудников каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный, кондиционер
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-417, Помещение учебно-вспомогательного персонала каф. "ТОТ"	кресло рабочее, рабочее место сотрудника, стол, стул, шкаф для документов, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, многофункциональный центр, компьютер персональный, принтер, кондиционер

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Водоподготовка в энергетике

(название дисциплины)

## 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды (Тестирование)  
 КМ-2 Предварительная очистка воды (Тестирование)  
 КМ-3 Обессоливание (Тестирование)  
 КМ-4 Удаление из воды растворимых газов (Тестирование)  
 КМ-5 Водоподготовка в энергетике (Лабораторная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	6	10	13	15
1	Введение. Использование воды на ТЭС. Типы природных вод. Технологические показатели качества воды						
1.1	Введение. Использование воды на ТЭС		+		+		
1.2	Технологические показатели качества воды		+				
1.3	Типы и характеристики природных вод		+				
2	Предварительная очистка воды						
2.1	Предварительная очистка воды			+	+		
3	Обессоливание						
3.1	Обработка воды методом ионного обмена			+	+	+	+
3.2	Мембранные методы очистки воды			+	+	+	+
4	Удаление из воды растворимых газов						
4.1	Удаление из воды растворимых газов			+	+	+	+
5	Экологические аспекты различных технологий обработки воды						
5.1	Экологические аспекты различных технологий обработки воды				+		
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20

