

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра гидрофизики и гидропрогнозов

Рабочая программа по дисциплине

**ФИЗИКА ВОД СУШИ**

Основная профессиональная образовательная программа  
высшего образования программы бакалавриата по направлению подготовки

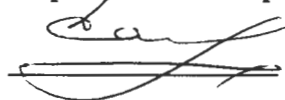
**05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»**

Направленность (профиль):  
**Прикладная гидрология**

Квалификация:  
**Бакалавр**

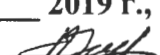
Форма обучения  
**Очная/заочная**

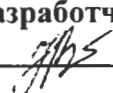
Согласовано  
Руководитель ОПОП  
«Прикладная гидрология»

 Сакович В.М.

Утверждаю  
Председатель УМС  И.И. Палкин

Рекомендована решением  
Учебно-методического совета  
« 11 » сентябрь 2019 г., протокол № 7

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры  
23 сентябрь 2019 г., протокол № 5  
Зав. кафедрой  Хаустов В.А.

Автор-разработчик:  
 Викторова Н.В.

## 1. Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Физика вод суши» – формирование у студентов комплекса научных знаний о физических свойствах воды, льда, снега, а также о физике процессов протекающих в них.

Основные задачи дисциплины «Физика вод суши» связаны с освоением студентами:

- основных физических свойств воды, льда, снега и почвогрунтов;
- сущности физических процессов, протекающих в этих средах;
- уравнений, описывающих физические процессы, и методов решения этих уравнений при различных граничных условиях.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Физика вод суши» для направления 05.03.05 – «Прикладная гидрометеорология», профиль – Прикладная гидрология, относится к дисциплинам базовой части.

Для освоения данной дисциплины, обучающиеся должны освоить разделы дисциплин: «Математика», «Физика», «Теоретическая механика», «Физика атмосферы».

Параллельно с дисциплиной «Физика вод суши» изучаются: «История», «Иностранный язык», «Математика», «Физика», «Электротехника и электроника», «Методы и средства гидрометеорологических измерений», «Безопасность жизнедеятельности», «Механика жидкости и газа (Гидромеханика)», «Физическая культура».

Дисциплина «Физика вод суши» является базовой для освоения профессиональных дисциплин, в частности, дисциплин: «Гидрология суши», «Гидротехника и мелиорация», «Гидрологические прогнозы», «Математическое моделирование гидрологических процессов» и др.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Компетенция
ОПК-1	Способность представить современную картину мира на основе знаний основных положений, законов и методов естественных наук, физики и математики
ОПК-3	Способность анализировать и интерпретировать данные натурных и лабораторных наблюдений, теоретических расчетов и моделирования

Ключевой компетенцией, формируемой в процессе изучения дисциплины, является **ОПК-3**.

В результате освоения компетенций в рамках дисциплины «Физика вод суши» обучающийся должен:

Знать:

- структуру воды в трех ее агрегатных состояниях;
- основные физические свойства воды, водяного пара, льда, снега и снежного покрова;
- основные положения теплообмена;
- аналитические и численные методы решения уравнения теплопроводности;
- методы гидротермических расчетов водоемов и водотоков;
- основные факторы формирования ледяного и снежного покрова;
- методы ледотермических расчетов водоемов и водотоков;
- методы измерения и расчета испарения с поверхности воды, снега, льда и почвы;
- основные понятия и виды передвижения влаги в почве; методы решения уравне-

ния влагопереноса в почве;

- акустические и электромагнитные явления в воде, снежном и ледяном покровах.

Уметь:

- использовать полученные знания для решения практических гидрологических задач;
- выполнять инженерные расчеты с привлечением современных вычислительных средств.
- анализировать результаты наблюдений;

Владеть:

- терминологией;
- аналитическими, численными и графическими методами решения дифференциальных уравнений, описывающих физические процессы, протекающие в водотоках и водоемах.

Основные признаки проявленности формируемых компетенций в результате освоения дисциплины «Физика вод суши» сведены в таблице.

### Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания

Этап (уровень) освоения компетенции	Основные признаки проявленности компетенции (дескрипторное описание уровня)				
	1.	2.	3.	4.	5.
минимальный	не владеет	слабо ориентируется в терминологии	способен решать практические задачи	владеет основными навыками работы с литературой по профессиональным вопросам	способен дать критическую оценку методов решения
	не умеет	испытывает затруднения при выборе методов решения	испытывает затруднения при реализации инженерных расчетов	способен выявить проблему	ориентируется в предметной области
	не знает	допускает грубые ошибки в интерпретации данных наблюдений	знает основные закономерности физических процессов, но не ориентируется в их специфике	способен анализировать данные, но испытывает затруднения при выявлении закономерностей	способен дать анализ результатов
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии	владеет основными методами решения практических задач	способен к поиску решения, но не демонстрирует навыков сравнительного анализа методов решения задач	способен предложить пути решения задач
	не умеет	владеет стандартными методами решения	способен выполнить инженерные расчеты с привлечением вычислительных средств	способен выявить проблему в ее связи с другими процессами	свободно ориентируется в предметной области
	не знает	допускает много ошибок в интерпретации данных наблюдений	может изложить основные закономерности физических процессов, но не ориентируется в их специфике	способен анализировать данные, выявлять отклонения	способен дать анализ результатов, с указанием путей решения проблемы
продвинутый	не владеет	владеет терминологией	владеет различными методами решения практических задач	способен к поиску новых решений практических задач решения	способен предложить свои способы решения практических задач
	не умеет	владеет широким спектром стандартных методов решения	способен выполнить инженерные расчеты с привлечением новых технологий	способен выявить проблему в ее связи с другими процессами, определить ее источник	свободно ориентируется в предметной области, умеет выделить ее практическое значение
	не знает	допускает ошибки в интерпретации данных наблюдений	знает основные закономерности физических процессов, способен интерпретировать данные наблюдений	способен анализировать данные, выявлять закономерности и отклонения	способен дать критический анализ результатов, с указанием путей и методов решения проблемы

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>216</b>	<b>216</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>98</b>	<b>18</b>
в том числе:		
лекции	32	6
практические занятия	18	–
лабораторные работы	48	12
<b>Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>118</b>	<b>198</b>
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>Экзамен (1 сем.); Экзамен (2 сем.)</b>	<b>Экзамен</b>

#### 4.1. Структура дисциплины

##### Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаб. работ.	Самост. работа			
1	Молекулярная физика воды в трех ее агрегатных состояниях	3	2	6	2	0	Тест, доклады на семинарах, расчетно-графические задания	2	ОПК-1, ОПК-3
2	Основные физические свойства воды, льда, снега, водяного пара	3	2	8	2	0	Тест, доклады на семинарах, расчетно-графические задания	2	ОПК-1, ОПК-3
3	Основные положения теплообмена	3	6	2	6	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. работа			
4	Стационарное температурное поле	3	4	2	6	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
5	Нестационарное температурное поле	3	4	2	6	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
6	Гидротермический расчет водоемов и водотоков	3	4	4	8	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
7	Таяние снежного покрова	3	2	4	0	0	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
8	Ледотехнический расчет водоемов и водотоков	3	4	2	4	1	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
9	Испарение с поверхности воды, снега, льда и почвы	3	4	2	2	0	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
10	Вода в почвогрунтах	3	2	2	0	0	Тест, доклад на семинаре	1	ОПК-1, ОПК-3
11	Акустические, оптические и электромагнитные явления в воде	3	2	2	0	0	Тест, доклад на семинаре	1	ОПК-1, ОПК-3
	<b>ИТОГО</b>	3	36	36	36	9		20	

### Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. работа			
1	Молекулярная физика воды в трех ее агрегатных состояниях	3				10	Тест		ОПК-1, ОПК-3
2	Основные физические свойства воды, льда, снега, водяного пара	3		2		12	Тест, расчетно-графические задания		ОПК-1, ОПК-3
3	Основные положения теплообмена	3	2			12	Тест, расчетно-графическая работа		ОПК-1, ОПК-3
4	Стационарное температурное поле	3	1			12	Тест		ОПК-1, ОПК-3
5	Нестационарное температурное поле	3	1	2		12	Тест, расчетно-графическая работа		ОПК-1, ОПК-3
6	Гидротермический расчет водоемов и водотоков	3				12	Тест		ОПК-1, ОПК-3
7	Таяние снежного покрова	3		2		11	Тест		ОПК-1, ОПК-3
8	Ледотехнический расчет водоемов и водотоков	3		2		10	Тест, расчетно-графическая работа		ОПК-1, ОПК-3
9	Испарение с поверхности воды, снега, льда и почвы	3		2		11	Тест, расчетно-графическая работа		ОПК-1, ОПК-3
10	Вода в почвогрунтах	3				11	Тест		ОПК-1, ОПК-3
11	Акустические, оптические и электромагнитные явления в воде	3				8	Тест		ОПК-1, ОПК-3
	<b>ИТОГО</b>	3	4	10		121			

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Молекулярная физика воды в трех ее агрегатных состояниях

Определение дисциплины «Физика атмосферы, океана и вод суши» как научной дисциплины, ее задачи и место среди наук о Земле и связь с другими науками. Научное и прикладное значение вопросов, освещаемых ею, в отраслях хозяйственной деятельности страны: тепло- и гидроэнергетике, водоснабжении, сельскохозяйственном производстве, воздушном и водном транспорте и др. Перспективы ее развития. Связь между процессами и явлениями, наблюдаемыми в водах суши. Широкое использование законов физики (механики, термодинамики и др.) для описания этих процессов.

Общие сведения. Фазовые состояния воды. Их взаимосвязь при изменении температуры и давления. Гипотезы строения молекул воды. Гипотезы структуры воды в трех ее фазовых состояниях. Виды льда.

### Основные физические свойства воды, льда, снега, водяного пара

Вода. Плотность. Зависимость ее от температуры, солености и давления. Тяжелая вода. Вязкость. Поверхностное натяжение. Испарение воды и конденсация водяного пара. Кристаллизация воды. Характерные температуры: наибольшей плотности, замерзания (дистиллированной и соленой воды), переохлажденной воды. Тепловые характеристики: теплота кристаллизации, теплота испарения, теплоемкость, теплопроводность. Электропроводность. Аномальные свойства воды,

Лед. Плотность, возгонка льда и снега. Сублимация водяного пара. Тепловые характеристики: теплота плавления, теплота возгонки, теплоемкость, температуропроводность. Механические характеристики: сжимаемость, модуль упругости, сдвига, коэффициент Пуассона, прочность, предел прочности. Пластичность. Электропроводность.

Снег. Классификация снега и снежного покрова. Его формирование и плотность. Водные, тепловые, механические, электрические и акустические свойства снега. Физико-механические процессы, происходящие в снежном покрове, его таяние. Роль термического режима снежного покрова в образовании лавин.

Водяной пар. Плотность. Тепловые характеристики. Парциальное давление и давление водяного пара в воздухе.

### Основные положения теплообмена

Теплота. Температурное поле. Градиент температуры. Тепловой поток. Коэффициент теплопроводности воды, льда, снега, почвы. Теплопередача и теплоотдача: теплопроводностью, конвекцией, лучистым теплообменом, изменением агрегатного состояния вещества. Количественная оценка конвективной теплоотдачи, лучистого теплообмена (излучение, отражение, поглощение и пропускание лучистой энергии), передачи теплоты при изменении агрегатного состояния вещества (испарения и замерзания воды, таяния льда). Количественная оценка теплопередачи.

Дифференциальное уравнение теплопроводности в декартовых и цилиндрических координатах и с источником теплоты. Уравнение Лапласа. Условия однозначности.

Методы определения коэффициентов тепло- и температуропроводности твердых тел (льда, снега) и жидкости.

### Стационарное температурное поле

Теплопроводность плоского тела. Однослойное плоское тело. Многослойное плоское тело. Теплопроводность плоского тела с внутренним источником теплоты. Теплопровод-



ность цилиндрической стенки. Теплопередача при цилиндрической стенке. Двумерное температурное поле. Методы решения уравнения теплопроводности для этого поля: аналитический, графический, метод релаксаций, метод электротепловой аналогии.

### **Нестационарное температурное поле**

Методы решения уравнения теплопроводности для одномерного температурного поля: аналитический, численный (графическая и табличная формы решения уравнения в конечных разностях). Метод решения уравнения теплопроводности для двумерного температурного поля (метод конечных разностей).

Изучение температурных полей на моделях. Моделирование температурных полей в средах без источников теплоты и средах, меняющих агрегатное состояние. Критерий подобия Фурье, Био и др.

### **Гидротермический расчет водоемов и водотоков**

Дифференциальное уравнение температурного поля турбулентного потока. Тепловой баланс водоема. Анализ составляющих теплового баланса: суммарная солнечная радиация, эффективное излучение, конвективный теплообмен, теплоотдача излучением, теплоотдача при испарении, теплообмен с дном, приход тепла с промышленными водами, с осадками, с грунтовыми водами и др. Оценка средней температуры водоема (метод изоклин). Применение метода суперпозиции для оценки температуры воды по глубине водоема. Оценка средней температуры воды водотока. Физическая сущность конвективных течений в водоемах, уравнения их описывающие. Гидротермический расчет водохранилищ-охладителей. Молекулярный и конвективный перенос растворенного вещества.

### **Таяние снежного покрова**

Водоудерживающая способность снежного покрова и его водопроницаемость. Таяние снега – процесс нагревания и собственно таяния. Уравнение теплового баланса снежного покрова для этих периодов и его составляющие. Расчет запаса воды в снежном покрове к началу снеготаяния, с момента начала снеготаяния, слоя воды в процессе таяния и времени схода снега на участке. Впитывание талой воды почвой и стекание по ее поверхности.

### **Ледотехнический расчет водоемов и водотоков**

Формирование ледяного покрова и расчет его толщины. Факторы, определяющие площадь полыньи нижнего бьефа ГЭС и ее шугопродуцирующей части. Зажорные явления на реках и расчет расхода шуги. Оценка количества льда в зажоре.

Несущая способность ледяного покрова. Разрушение и таяние ледяного покрова. Затормозные явления на реках. Механизм образования затора. Типы заторов. Расчет напряженного состояния затора, толщины и количества льда в нем. Методы борьбы с заторами и зажорами льда на реках.

Статическое давление ледяного покрова на гидротехнические сооружения. Навалы льда. Динамические нагрузки льда на гидротехнические сооружения, их расчет. Вредные последствия от зажорных, заторных и других явлений на реках. Определение временного сопротивления льда в лабораторных условиях: на сжатие, изгиб, растяжение. Наледи, физическая сущность их формирования и разрушения. Методы борьбы с наледными явлениями и использование наледей в хозяйственной деятельности.

## Испарение с поверхности воды, снега, льда и почвы

Физика процесса испарения с водной поверхности, с почвы и снежного покрова. Факторы, его определяющие: температура поверхности, с которой происходит испарение, влажность и температура воздуха, скорость ветра и др. Измерение испарения с помощью приборов. Методы расчета испарения с поверхности воды: метод водного, теплового баланса, турбулентной диффузии, эмпирических формул. Методы расчета испарения с поверхности снега и льда. Методы расчета испарения почвенной влаги. Транспирация.

### Вода в почвогрунтах

Основные понятия. Виды почвенной влаги. Силы, действующие на почвенную влагу. Передвижение влаги в почве. Уравнение неразрывности влагопереноса. Дифференциальное уравнение передвижения влаги в зоне аэрации. Методы решения этого уравнения. Впитывание влаги в почву и ее фильтрация. Определение коэффициента влагопроводности.

Промерзание и оттаивание влажного почвогрунта. Процесс инфильтрации воды в мерзлые почвы. Дифференциальные уравнения тепло- и влагообмена в почве при инфильтрации талой воды в мерзлую почву. Мерзлотное пучение некоторых почв и грунтов. Термический и химический осмос.

### Акустические, оптические и электромагнитные явления в воде

Общие сведения о звуке. Волновое уравнение распространения звука. Скорость распространения звука. Отражение, преломление и поглощение звуковой волны водой. Ультразвук и его применение. Примеры применения ультразвука в гидрологии: эхолотирование, измерение скорости течения и др.

Оптические свойства воды. Отражение, преломление, поглощение и рассеяние видимых лучей водой. Прозрачность и цвет воды.

Оптические методы исследования жидкости. Поляризованный свет и двойное лучепреломление. Закон упругости. Понятие о методе поляризационного моделирования. Оптически активные жидкости. Устройство для изучения водных потоков. Примеры изучения движения потока поляризационно-оптическим методом.

Свойства воды после магнитной обработки. Электрические явления в жидкостях: электроосмос, электрофорез, электрический потенциал протекания и седиментации, двойной электрический слой.

Примеры использования человеком электрических явлений в воде.

### 4.3. Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1, 2, 3	Решение задач, предусматривающих применение законов теплообмена: Фурье, Ньютона и др.	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
2	2, 3, 4	Расчет стационарных температурных полей	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
3	2, 3, 5	Расчет одномерного нестационарного температурного поля методом конечных разностей	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
4	3, 5	Расчет скорости промерзания (оттаивания) почвогрунта	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3

<b>№ п/п</b>	<b>№ раздела дисциплины</b>	<b>Тематика занятий</b>	<b>Форма проведения</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
5	2, 8	Расчет нарастания толщины ледяного покрова без и при наличии снежного покрова	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
6	2, 7	Расчет запасов влаги в снежном покрове	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
7	5, 8	Расчет хода средней температуры воды водоема за безледоставный период	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
8	2, 3, 5	Расчет тепловых процессов по модели	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
9	9	Расчет испарения с поверхности водоема	лабораторные работы	ОПК-1, ОПК-3
10	1, 2	Молекулярная физика в трех ее агрегатных состояниях.	семинар	ОПК-1, ОПК-3
11	1, 2	Физические свойства воды и их роль в термических, динамических и других процессах, протекающих в реках и водоемах	семинар	ОПК-1, ОПК-3
12	1, 2, 3	Физические свойства льда и их роль в термических, механических и других процессах, протекающих в ледяном покрове рек и водоемов, ледниках, наледях	семинар	ОПК-1, ОПК-3
13	1, 2, 3	Физические свойства снега и их роль в термических, механических и других процессах, протекающих в снежном покрове	семинар	ОПК-1, ОПК-3
14	1-9	Проблемы, возникающие в связи с воздвижением ГЭС на реке (на примере Красноярской ГЭС)	семинар	ОПК-1, ОПК-3
15	1-9	Проблемы, возникающие в устье реки при уменьшении стока реки (на примере Каховской ГЭС - Днепровского Лимана)	семинар	ОПК-1, ОПК-3
16	1-9	Проблемы, возникающие в связи с воздвижением гидротехнических сооружений по защите Санкт-Петербурга от наводнений.	Семинар, выездное занятие на гидротехнические сооружения	ОПК-1, ОПК-3
17	2, 3, 9	Физика испарения с поверхности воды, льда (снега), почвы и методы его измерения и расчета. Испарение как главная составляющая уравнения водного баланса.	семинар	ОПК-1, ОПК-3

**5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов и оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

**5.1. Текущий контроль**

**а). Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля**

**Задание 1. КАКИМ УРАВНЕНИЕМ ОПИСЫВАЮТСЯ КРИВЫЕ ПЕРЕХОДА ВЕЩЕСТВА ИЗ ОДНОЙ ФАЗЫ В ДРУГУЮ?**

- A. Уравнение Фурье
- B. Уравнение Клайперона-Клаузиуса
- C. Уравнение Обербека-Буссинеска
- D. Уравнение Лапласа

**Задание 2. КАКОЕ КОЛИЧЕСТВО ТЕПЛОТЫ ВЫДЕЛИТСЯ ПРИ ИСПАРЕНИИ 1 КГ ВОДЫ?**

- A. 0 Дж
- B.  $335 \cdot 10^3$  Дж
- C.  $2500 \cdot 10^3$  Дж
- D.  $2833 \cdot 10^3$  Дж/кг

**Задание 3. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ДЛЯ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ КООРДИНАТАХ ВЫГЛЯДИТ СЛЕДУЮЩИМ ОБРАЗОМ:**

- A.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} \right)$
- B.  $\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = 0$
- C.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$
- D.  $\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left( \frac{\partial^2 t}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial t}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right)$

**б). Примерная тематика докладов на семинарах**

- Молекулярная физика в трех ее агрегатных состояниях.
- Физические свойства воды и их роль в термических, динамических и других процессах, протекающих в реках и водоемах
- Физические свойства льда и их роль в термических, механических и других процессах, протекающих в ледяном покрове рек и водоемов, ледниках, наледях
- Физические свойства снега и их роль в термических, механических и других процессах, протекающих в снежном покрове
- Проблемы, возникающие в связи с воздвижением ГЭС на реке (на примере Красноярской ГЭС)
- Проблемы, возникающие в устье реки при уменьшении стока реки (на примере Каховской ГЭС - Днепровского Лимана)
- Проблемы, возникающие в связи с воздвижением гидротехнических сооружений по защите Санкт-Петербурга от наводнений.

- Физика испарения с поверхности воды, льда (снега), почвы и методы его измерения и расчета. Испарение как главная составляющая уравнения водного баланса.

### **в). Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания**

Общая тема курсового проекта по дисциплине: «Проектирование гидро- и ледотермического режима водных объектов».

В качестве конкретной могут служить следующие темы курсового проекта:

Исследование закономерностей испарения с водной поверхности водоема и расчет его величины.

Исследование закономерностей испарения с поверхности снега и льда и расчет его величины.

Анализ процессов, определяющих величину шугопродуцирующей площади полыньи нижнего бьефа ГЭС и ее расчет.

Исследование закономерностей роста толщины ледяного покрова водоема и расчет ее величины.

Исследование закономерностей, определяющих термический режим малопроточного водоема за безледоставный период и расчет температуры воды.

Исследование воздействия сплошного и раздробленного ледяного покрова на гидротехническое сооружение и расчет давления льда на него.

### **Критерии выставления оценки:**

Оценка качества выполненного курсового проекта проводится в два этапа. На первом этапе, на основании анализа пояснительной записки руководитель принимает решение о допуске студента к защите. Проект допускается к защите, если содержание проекта соответствует выданному заданию, представлены все разделы пояснительной записки, оформление соответствует требованиям стандартов. При нарушении этих формальных требований пояснительная записка с замечаниями руководителя возвращается студенту для доработки и устранения недостатков.

На втором этапе (по результатам защиты, собеседования с руководителем) оценка курсовой работы выставляется по четырехбалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

*Оценка «Отлично».* Работа выполнена самостоятельно в соответствии с заданием и в полном объеме. Полный объем подразумевает, что пояснительная записка содержит: введение; физико-географическое описание объекта; существующие методы расчета; расчет характеристики; расчет характеристик; список использованных источников. Полученные результаты интерпретированы применительно к исследуемому объекту; ответы на вопросы удовлетворяют и руководителя; качество оформления пояснительной записки и иллюстративных материалов отвечает предъявляемым требованиям.

*Оценка «Хорошо».* Работа выполнена самостоятельно в соответствии с заданием, но не в полном объеме. Дополнительным основанием для снижения оценки могут служить: ошибки решения; нечеткое представление сущности и результатов исследований при защите; затруднения при ответах на вопросы; низкий уровень оформления пояснительной записки и иллюстративных материалов или отсутствие последних.

*Оценка «Удовлетворительно».* Работа выполнена самостоятельно в соответствии с заданием, но в существенно неполном объеме. Дополнительным основанием для снижения оценки могут служить: явные ошибки в работе; неспособность студента правильно объяснить суть задачи и неверные ответы на вопросы по содержанию проделанной работы.

*Оценка «Неудовлетворительно».* Работа не выполнена, выполнена не самостоятельно, и (или) объем и содержание пояснительной записки не удовлетворяют описанным выше критериям. Выставление этой оценки осуществляется при отсутствии пояснительной записки, при несамостоятельном выполнении работы (т.е. при неспособности студента пояснить ее

основные положения), и в случае фальсификации результатов.

## **5.2. Методические указания по организации самостоятельной работы**

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу, презентации лекций и практических работ. Освоение материалом и выполнение практических работ проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем.

Студенты выполняют курсовую работу, пользуясь списком примерных тем курсовых работ и методическими указаниями. Курсовая работа может быть выполнена на другую тему по согласованию с преподавателем. Выполнение работы проходит при регулярных, по возможности, консультациях с преподавателем.

Приступая к выполнению проекта, студент, прежде всего, должен ознакомиться с имеющейся по исследуемому вопросу научной литературой, а затем собрать все необходимые сведения об объекте исследования. Содержание курсового проекта должно отвечать следующей приближенной схеме: оглавление, введение, физико-географическое описание объекта, существующие методы расчета, исходные данные, расчет характеристики, заключение, список использованной литературы, приложение (если оно имеется).

## **5.3. Промежуточный контроль: экзамен**

### **Перечень вопросов к экзамену**

1. Физические свойства воды и диаграмма ее агрегатных состояний
2. Физические свойства льда
3. Физические свойства снега и снежного покрова
4. Закон теплопроводности. Использование его для решения практических задач
5. Теплопередача и теплоотдача теплопроводностью, конвекцией, испарением, лучистым теплообменом, изменением агрегатного состояния вещества. Их количественная оценка
6. Количественная оценка теплоотдачи при конвекции и испарении с поверхности воды и снега
7. Количественная оценка теплоты при изменении агрегатного состояния воды
8. Основные функциональные зависимости температурного поля. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности для твердого тела
9. Уравнение теплопроводности с источником теплоты. Пример источника и стока теплоты
10. Условия однозначности при решении уравнения теплопроводности
11. Начальные и граничные условия интегрирования уравнения теплопроводности
12. Стационарные и нестационарные температурные поля. Графическое изображение температурных полей (одномерного и плоского)
13. Стационарное температурное поле и дифференциальное уравнение его описывающее. Вывод этого уравнения
14. Методы решения уравнений стационарной теплопроводности: аналитический, графический
15. Пример аналитического решения уравнения теплопроводности
16. Вывод дифференциального уравнения теплопроводности для потока жидкости, его частные случаи
17. Нестационарное температурное поле, уравнение его описывающее (для твердого тела и потока). Частные случаи этих уравнений
18. Расчет одномерного температурного поля при граничных условиях второго рода (метод конечных разностей)

19. Расчет температурного поля в двухслойной среде (например, снеговой ледяной покров) методом конечных разностей при неустановившемся режиме
20. Метод теплового моделирования, его преимущества и недостатки. Вывод критерия Фурье
21. Моделирование температурных полей турбулентного потока
22. Расчет средней по глубине температуры воды неподвижного водоема (метод изоклин)
23. Уравнение теплового баланса для открытых водоемов и метод его решения (метод суперпозиции)
24. Уравнение теплового баланса для рек и каналов. Составляющие теплового баланса
25. Уравнение теплового баланса для открытого водоема. Составляющие этого уравнения и методы их вычисления
26. Гидротермический расчет водохранилищ-охладителей.
27. Конвективные течения в водоемах. Необходимость их учета в гидротермических расчетах. Покажите необходимость учета конвективных течений в устьях рек, впадающих в море
28. Молекулярный и конвективный перенос вещества в потоке
29. Формирование, рост и разрушение ледяного покрова
30. Ледяной покров рек, озер и водохранилищ и расчет его толщины. Важность знания этой характеристики
31. Расчет полыньи и количества шуги, образующейся в ней. Необходимость учета длины полыньи на примере Красноярской ГЭС и способы ее уменьшения
32. Зажорообразование и расчет количества льда в зажоре
33. Затонные и зазорные явления на реках. Методы борьбы с ними
34. Статические и динамические нагрузки от ледяного покрова. Необходимость их учета на примере сооружений по защите г. Санкт-Петербурга от наводнений
35. Наледи, их образование и разрушение
36. Экспериментальные методы определения испарения с почвы
37. Определение испарения с водной поверхности с помощью испарителей.
38. Вода в почво-грунтах. Дифференциальное уравнение влагопереноса в почве
39. Задача Стефана для промерзающих (оттаивающих) грунтов
40. Снеготаяние. Процессы, протекающие в снежном покрове в период снеготаяния
41. Роль физико-механических процессов в изменчивости свойств снежного покрова
42. Физико-механические и тепловые процессы, протекающие в снежном покрове, и их роль в образовании лавин
43. Акустические явления в воде. Ультразвук и его применение в гидрологии
44. Оптические свойства и явления в воде
45. Химический и электрический осмос. Явление мерзлотного выпучивания свай на водонасыщенных постах
46. Электрические (магнитные) явления в почво-грунтах и воде, примеры их использования на практике

## Образцы билетов к экзамену

Российский государственный гидрометеорологический университет

Кафедра гидрофизики гидропрогнозов

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине «Физика воды вод суши».

1. Физические свойства воды и диаграмма ее агрегатных состояний
2. Расчет средней по глубине температуры воды неподвижного водоема (метод изоклин)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Хаустов В.А.

Российский государственный гидрометеорологический университет

Кафедра гидрофизики гидропрогнозов

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

по дисциплине «Физика воды вод суши».

1. Физико-механические и тепловые процессы, протекающие в снежном покрове, и их роль в образовании лавин
2. Количественная оценка теплоты при изменении агрегатного состояния воды

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Хаустов В.А.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

1. Винников С.Д., Викторова Н.В.. Физика вод суши. – СПб.: Изд. РГГМУ, 2009. – 430 с. – Электронный библиотечный ресурс: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-504191603.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-504191603.pdf).
2. Мишон В.М. Практическая гидрофизика. – Л.: Гидрометеоиздат, 1983. – 176 с.

### б) дополнительная литература:

1. Пехович А.И. Основы гидроледотермики. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 199 с.
2. Одрова Т.Е. Гидрофизика водоемов суши. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 311 с. – Электронный библиотечный ресурс: [http://elib.rshu.ru/files\\_books/pdf/img-228165655.pdf](http://elib.rshu.ru/files_books/pdf/img-228165655.pdf)
3. Донченко Р.В. Ледовый режим рек СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 247 с.
4. Синюков В.В. Вода известная и неизвестная. – М.: Изд. «Знание», 1987. – 175 с.

### в) Программное обеспечение:

windows 7 48130165 21.02.2011  
office 2010 49671955 01.02.2012



#### г) Интернет-ресурсы:

1. Молекулярная физика воды. Режим доступа: [http://www.o8ode.ru/article/water/molekularnaa\\_fizika\\_vody.htm](http://www.o8ode.ru/article/water/molekularnaa_fizika_vody.htm)
2. Тяжелая вода. Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/oleg/>
3. Физические свойства воды, льда и снега. Режим доступа: <http://www.o8ode.ru/article/krie/>

#### д) Профессиональные базы данных:

- Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных. Режим доступа: <http://meteo.ru/>
- База данных Web of Science
- База данных Scopus

#### е) Информационные справочные системы

- ЭБС «ГидроМетеоОнлайн». Режим доступа: <http://elib.rshu.ru/>
- Национальная электронная библиотека (НЭБ). Режим доступа: <https://нэб.рф>
- ЭБС «Znanium». Режим доступа: <http://znanium.com/>
- ЭБС «Перспектив Науки». Режим доступа: <http://www.prospektnauki.ru/>
- Электронно-библиотечная система elibrary. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
- Электронная библиотека РГО. Режим доступа: <http://lib.rgo.ru/dsweb/HomePage>
- Государственная публичная научно-техническая библиотека СО РАН. Режим доступа: <http://www.spsl.nsc.ru>
- Российская государственная библиотека. Режим доступа: <http://www.rsl.ru/>

### 7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекции	<p>Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</p> <p>Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</p> <p>Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе.</p> <p>Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом (семинарском) занятии.</p>
Практические (семинарские) занятия	<p>Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме.</p> <p>Подготовка доклада с выделением основных положений и терминов освещаемой темы, изложением основных аспектов проблемы, анализом мнений авторов и формирование собственного суждения по исследуемой теме. Подготовка вопросов для обсуждения с аудиторией. Подготовка презентации к докладу.</p>

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лабораторные занятия	<p>Внимательно слушать объяснения и рекомендации преподавателя о методах решения поставленной задачи, порядке выполнения работы.</p> <p>В рабочей тетради указывать расчетные формулы, применяемые при решении задачи, отражать промежуточные результаты вычислений.</p> <p>По мере необходимости визуализировать результаты расчетов в виде графиков.</p> <p>Провести анализ полученных результатов и записать в выводах по проведенной работе.</p>
Подготовка к экзамену	<p>При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, вопросы для подготовки к экзамену и т.д.</p>

**8. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Тема (раздел) дисциплины	Образовательные и информационные технологии	Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем
Молекулярная физика воды в трех ее агрегатных состояниях	<p>Образовательные технологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• интерактивное взаимодействие педагога и аспиранта;</li> <li>• сочетание индивидуального и коллективного обучения;</li> <li>• занятия, проводимые в форме диалога, дискуссии;</li> <li>• технология развития критического мышления</li> </ul> <p>Информационные технологии:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• проведение занятий с использованием слайд-презентаций;</li> <li>• организация взаимодействия педагога с аспирантом посредством электронной информационно-образовательной среды</li> <li>• использование профессиональных баз данных и информационно-справочных систем</li> </ul>	<p>Программное обеспечение:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows</li> <li>• Microsoft Office</li> </ul> <p>Информационно-справочные системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ЭБС «ГидроМетеоОнлайн»</li> <li>• Национальная электронная библиотека (НЭБ)</li> <li>• ЭБС «Znanium»</li> <li>• ЭБС «Прспект Науки»</li> <li>• Электронно-библиотечная система eLibrary</li> <li>• ЭБС «Юрайт»</li> </ul> <p>Профессиональные базы данных:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных</li> <li>• База данных Web of Science</li> <li>• База данных Scopus</li> </ul>
Основные физические свойства воды, льда, снега, водяного пара		
Основные положения теплообмена		
Стационарное температурное поле		
Нестационарное температурное поле		
Гидротермический расчет водоемов и водотоков		
Таяние снежного покрова		
Ледотехнический расчет водоемов и водотоков		
Испарение с поверхности воды, снега, льда и почвы		
Вода в почвогрунтах		
Акустические, оптические и электромагнитные явления в воде		

## **9. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

**Учебная аудитории для проведения занятий лекционного типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

**Учебная аудитории для проведения занятий семинарского типа** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

**Учебная аудитории для проведения лабораторных занятий** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации: портативным компьютером (ноутбуком), переносным экраном, мультимедиа-проектором.

**Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

**Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации** – укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

**Помещение для самостоятельной работы** – укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации. Самостоятельная работа проводится в читальном зале библиотеки, а также в Бюро гидрологических прогнозов, укомплектованного: компьютерами, копировально-множительной техникой, мультимедиа оборудованием (переносные проектор, экран).

## **10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2019/2020 учебный год с изменениями (см. лист изменений)

Протокол заседания кафедры гидрофизики и гидропрогнозов от 30.05.2019 г. № 9.

### Лист изменений

Изменения, внесенные протоколом заседания кафедры гидрофизики и гидропрогнозов от 30.05.2019 г. № 9:

1. Пункт 6.1 «Структура учебной дисциплины»: добавлена таблица 2019 год набора:

Объем дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения 2019 год набора	Очная форма обучения 2019 год набора
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателям (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:</b>	<b>28</b>	<b>16</b>
в том числе:		
лекции	28	8
практические занятия	14	8
лабораторные занятия	14	
<b>Самостоятельная работа (СРС) – всего:</b>	<b>88</b>	<b>128</b>
в том числе:		
курсовая работа	30	30
контрольная работа	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации (зачет/экзамен)</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>

3. Пункт 4.1. «Содержание учебной дисциплины»: добавлена таблица 2019 год набора:

### Очное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. работа			
1	Молекулярная физика воды в трех ее агрегатных состояниях	3	2	0	2	0	Тест, доклады на семинарах, расчетно-	2	ОПК-1, ОПК-3

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. работа			
							графические задания		
2	Основные физические свойства воды, льда, снега, водяного пара	3	2	2	2	0	Тест, доклады на семинарах, расчетно-графические задания	2	ОПК-1, ОПК-3
3	Основные положения теплообмена	3	2	2	0	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
4	Стационарное температурное поле	3	4	0	0	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
5	Нестационарное температурное поле	3	2	2	2	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
6	Гидротермический расчет водоемов и водотоков	3	4	2	2	2	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
7	Таяние снежного покрова	3	2	0	2	0	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
8	Ледотехнический расчет водоемов и водотоков	3	4	2	0	1	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
9	Испарение с поверхности воды, снега, льда и почвы	3	2	2	0	0	Тест, доклад на семинаре, расчетно-графическая работа	2	ОПК-1, ОПК-3
10	Вода в почвогрунтах	3	2	0	2	0	Тест, доклад на семинаре	1	ОПК-1, ОПК-3

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. работа			
11	Акустические, оптические и электромагнитные явления в воде	3	2	2	2	0	Тест, доклад на семинаре	1	ОПК-1, ОПК-3
<b>ИТОГО</b>		3	28	14	14	80		20	

### Заочное обучение

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерактивной форме, час.	Формируемые компетенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. работа			
1	Молекулярная физика воды в трех ее агрегатных состояниях	3	2			12	Тест		ОПК-1, ОПК-3
2	Основные физические свойства воды, льда, снега, водяного пара	3		2		12	Тест, расчетно-графические задания		ОПК-1, ОПК-3
3	Основные положения теплообмена	3	2			12	Тест, расчетно-графическая работа		ОПК-1, ОПК-3
4	Стационарное температурное поле	3		2		12	Тест		ОПК-1, ОПК-3
5	Нестационарное температурное поле	3	2			10	Тест, расчетно-графическая работа		ОПК-1, ОПК-3
6	Гидротермический расчет водоемов и водотоков	3				12	Тест		ОПК-1, ОПК-3
7	Таяние снежного покрова	3		2		12	Тест		ОПК-1, ОПК-3
8	Ледотехнический расчет водоемов и	3				12	Тест, расчетно-		ОПК-1, ОПК-3

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.				Формы текущего контроля успеваемости	Занятия в активной и интерак- тивной форме, час.	Формируе- мые компе- тенции
			Лекции	Семинар, практич.	Лаборат.	Самост. ра- бота			
	водотоков						графическая работа		
9	Испарение с по- верхности воды, снега, льда и почвы	3		2		12	Тест, рас- четно- графическая работа	ОПК-1, ОПК-3	
10	Вода в поч- вогрунтах	3	2			10	Тест	ОПК-1, ОПК-3	
11	Акустические, оптические и элект- ромагнитные явле- ния в воде	3				12	Тест	ОПК-1, ОПК-3	
	<b>ИТОГО</b>	3	8	8		128			