

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра океанологии

Рабочая программа дисциплины
ФИЗИКА ОКЕАНА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.03.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
Прикладная океанология

Уровень:
Бакалавриат
Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 В.А. Царев

Председатель УМС

 Палкин И.И.

Рекомендована решением
Учебно-методического совета РГГМУ
24 июня 2021 г., протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
19 мая 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Лукьянов С.В..

Авторы-разработчики:

 Лукьянов С.В.

Санкт-Петербург 2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Главной целью дисциплины «Физика океана» является формирование у студентов комплекса научных знаний об основных физических процессах в океане и их взаимодействием с процессами в атмосфере на базе результатов современных теоретических и экспериментальных исследований.

Основные задачи дисциплины состоят в изучении важнейших физических процессов в океане и их взаимодействии с атмосферными процессами на основе современных теоретических исследований, натурных данных и результатов лабораторных экспериментов. Изложение материала осуществляется на физико-математической основе в тесной связи с изученными общеобразовательными и специальными дисциплинами: математикой, физикой, гидромеханикой и общей метеорологией. В свою очередь на материале данного предмета базируется большинство специальных дисциплин, изучаемых на старших курсах.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

Дисциплина «Физика океана» для направления подготовки 05.03.05 – Прикладная гидрометеорология по профилю подготовки «Прикладная океанология» относится к дисциплинам базовой части профессиональных дисциплин и изучается в 5 семестре для очной формы обучения, на 4 курсе для заочной формы обучения.

Параллельно с дисциплиной «Физика океана» изучаются «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии», «Статистические методы анализа гидрометизмерений» и др.

Дисциплина «Физика океана» является базовой для большинства специальных дисциплин, таких как: «Региональная океанология», «Промысловая океанология», «Инженерная океанология», «Динамика океана», «Моделирование природных процессов».

Для полного освоения данной дисциплины, обучающиеся должны обладать следующими знаниями и умениями:

- знать основы физических процессов, методы измерений характеристик и их обработки (дисциплина «Физика»)
- знать методы сбора, анализа и представления гидрометеорологической информации (дисциплина, «Методы и средства гидрометеорологических измерений»)
- уметь применять получаемую информацию для решения гидрометеорологических задач (дисциплины, «Информационно-измерительные системы в гидрометеорологии», «Статистические методы анализа гидрометизмерений»).

Изучение данной дисциплины основывается на знании студентами курсов «Физика», «Математика», «Общая химия», «Общая океанология», «Общая метеорология» и требующее определенных знаний по вычислительной математике и программированию. В свою очередь, она обеспечивает возможность изучения ряда дисциплин, среди которых – «Региональная океанология», «Инженерная океанология», «Промысловая океанология», «Морские прогнозы».

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате изучения дисциплины формируются следующие компетенции:

ОПК-2 - обладать способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественно-количественный анализ.

ОПК-3 - обладать способностью реализовывать задачи исследования, выполнять экспериментальные работы, проводить исследования с применением знаний фундаментальных и прикладных дисциплин в области наук о Земле, интерпретировать и представлять результаты исследования.

В результате изучения дисциплины **студент должен знать** физическую сущность процессов, протекающих в океане, о методы их математического описания и экспериментальной проверки. На основе приобретенных знаний он **должен уметь** провести наблюдение физического процесса, рассчитать его характеристики и параметры, проанализировать и критически оценить полученные результаты, использовать их в оперативной и в научной работе, применительно к задачам как теоретического, так и прикладного характера. **Должен иметь** представление о направлениях развития океанологии, о практических требованиях к океанологическим исследованиям.

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

Таблица 1.

Профессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Результаты обучения
ОПК-2. Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, проводить их качественно-количественный анализ	Знать: физическую сущность процессов, протекающих в океане, методы их математического описания и экспериментальной проверки. Уметь: провести наблюдение физического процесса, рассчитать его характеристики и параметры, проанализировать и критически оценить полученные результаты, использовать их в оперативной и в научной работе, применительно к задачам как теоретического, так и прикладного характера гидрологических характеристик. Владеть: основными методами анализа для оценки эволюции физических процессов в океане.
ОПК-3 Способен реализовывать задачи исследования, выполнять экспериментальные работы, проводить исследования с применением знаний фундаментальных и прикладных дисциплин в области наук о Земле, интерпретировать и представлять результаты исследования	Знать: основные физические процессы, определяющие распределение и изменчивость океанологических характеристик. Уметь: выполнять исследования в соответствии с требованиями методов измерений и анализа гидрометеорологических характеристик Владеть: навыками использования компьютерных средств для обработки и графического представления результатов измерений.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 академических часа, из них лекций - 14 часов, практик - 28 часов, самостоятельная работа - 88 часов, занятий в активной или интерактивной форме – 12 часов.

Вид итогового контроля – Экзамен в 5-ом семестре, для заочников на 4-ом курсе.

Таблица 2.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	144	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	56	16
в том числе:		
лекции	14	4
занятия семинарского типа:		
лабораторные занятия	42	12
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	88	128
в том числе:		
курсовая работа	88	-
контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации	Экзамен	Экзамен

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Строение и состав морской воды	4	2	-	12	Устный опрос.	ОПК-2	ОПК- 2.1
2	Статика и термодинамика океана	4	2	10	12	Устный опрос, выполнение лабораторной работы и практического задания.	ОПК-2	ОПК-2.2
3	Турбулентность и турбулентный обмен в океане	4	2	12	22	Устный опрос, выполнение лабораторных работ.	ОПК-2,3	ОПК-2.2 ОПК-3.1

4	Тепловые и соленостные процессы в океане. Влияние солнечной энергии.	4	4	10	24	Письменный опрос, выполнение лабораторной работы.	ОПК-2,3	ОПК-2.2 ОПК-3.1
5	Морской лед	4	4	10	18	Устный опрос, выполнение лабораторных работ.	ОПК-2,3	ОПК-2.2 ОПК-3.1
8	ИТОГО	4	14	42	88		ОПК-2,3	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-3.1

Таблица 4.

Структура дисциплины для заочной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Курс	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Практические занятия	СРС			
1	Строение и состав морской воды	4	0,5	-	20	Устный опрос.	ОПК-2	ОПК- 2.1
2	Статика и термодинамика океана	4	0,5	4	24	Устный опрос, выполнение лабораторной работы и практического задания.	ОПК-2	ОПК-2.2
3	Турбулентность и турбулентный обмен в океане	4	1	2	28	Устный опрос, выполнение лабораторных работ.	ОПК-2,3	ОПК-2.2 ОПК-3.1
4	Тепловые и соленостные процессы в океане. Влияние солнечной энергии.	4	1	4	28	Письменный опрос, выполнение лабораторной работы.	ОПК-2,3	ОПК-2.2 ОПК-3.1
5	Морской лед	4	1	2	28	Устный опрос, выполнение лабораторных работ.	ОПК-2,3	ОПК-2.2 ОПК-3.1
8	ИТОГО	4	4	12	128		ОПК-2,3	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-3.1

4.3. Содержание разделов дисциплины

1. Строение и состав воды.

Современные представления о строении молекулы воды и структуре воды, льда и водяного пара. Энергетические характеристики молекулы воды и ее различных фазовых преобразований. Водородные связи между молекулами H_2O . Ближняя и дальняя упорядоченность в расположении молекул воды в твердой, жидкой и газообразной фазах.

2. Статика и термодинамика океана.

Морская вода как термодинамическая система. Основные параметры ее состояния. Уравнение состояния морской воды и его различные выражения. Сравнение значений плотности воды, вычисленных по различным приближенным уравнениям состояния. Основные термодинамические процес-

сы. Первое и второе начала термодинамики применительно к процессам в океане и их математическое выражение. Основное уравнение термодинамики применительно к морской воде.

Теплофизические характеристики морской воды. Уравнения равновесия фаз воды. Изменение энтальпии при фазовых переходах воды. Влияние солёности на термодинамические процессы. Изэнтропический и адиабатический процессы. Потенциальная температура и плотность морской воды. Условия различной вертикальной плотностной стратификации океана и критерии устойчивости.

Общее уравнение движения морской воды. Напряжения. Их связь со скоростями течения. Уравнение сохранения массы морской воды. Уравнение, характеризующее изменение солёности воды. Механическая и внутренняя энергии объёма морской воды как термодинамической системы. Уравнение изменения энтропии морской воды и уравнение теплопроводности. Основные допущения и приближения, используемые при описании океанических процессов.

3. Турбулентность и турбулентный обмен в океане.

Определение турбулентности. Критерий Рейнольдса. Механизмы генерации турбулентного перемешивания в океане. Масштабы турбулентности. Влияние сдвига скорости и стратификации океана на условия существования турбулентности. Критерий Ричардсона. Анизотропность турбулентности в океане.

Осреднение уравнений термогидродинамики для турбулизированного океана. Принципы осреднения. Требования к масштабам осреднения. Уравнения турбулентного движения вод океана. Тензор турбулентных напряжений. Уравнения турбулентной теплопроводности и изменения солёности воды. Турбулентные потоки тепла и соли.

Параметрическое описание турбулентных потоков субстанций в океане. Тензоры коэффициентов турбулентной вязкости, температуропроводности и диффузии соли. Упрощение структуры тензоров. Коэффициенты горизонтального и вертикального турбулентного обмена. Соотношение между ними. Турбулентные числа Прандтля и Шмидта. Прямые и косвенные методы определения коэффициентов турбулентности.

Принципы спектральной теории турбулентности. Пространственные корреляционный и структурный тензоры поля пульсаций скорости течения. Пространственные корреляционная и структурная функции пульсаций температуры и солёности воды. Спектральные характеристики случайных полей в океане. Понятие об однородных и изотропных случайных полях. Локально-изотропные случайные поля океанологических характеристик. Гипотезы подобия Колмогорова о турбулентном режиме мелкомасштабной турбулентности. Результаты экспериментальных исследований характеристик турбулентности в океане. Спектры энергии турбулентности в различных пространственно-временных масштабах. Модель замороженной турбулентности.

Уравнение баланса энергии турбулентности для стратифицированного океана. Использование его для определения коэффициента турбулентности. Явление «отрицательной» вязкости в океане.

4. Тепловые и солёностные процессы в океане

Балансы тепла и соли на поверхности океана, в слое, всего моря, океана. Балансовые уравнения. Методы расчета потоков тепла и влаги между океаном и атмосферой.

Закономерности вертикального распространения тепла и соли в океане. Их описание посредством уравнений теплопроводности и диффузии соли. Влияние метеорологических факторов и турбулентного перемешивания на температуру и солёность верхнего слоя океана.

Условия возникновения свободной конвекции в верхнем слое океана. Число Рэлея. Интегральная модель конвекции. Понятие о вынужденной конвекции. Верхний квазиоднородный слой океана и теории его формирования в горизонтально однородном и неоднородном океане.

Вертикальная термохалинная структура океана. Поверхностный холодный слой («скин» слой). Суточный термоклин, сезонные термоклин и галоклин, главный термоклин. Понятие о мелкомасштабной структуре океана и причинах ее образования.

Теория изменения температуры и солёности морских течений. Стационарная и нестационарная их трансформация. Методы расчета.

Постановка общей задачи о расчете трехмерного термохалинного поля океана. Численные модели и принципы их реализации.

5. Морской лед.

Замерзание морской воды, возможность ее переохлаждения. Образование и рост кристаллов льда, их структура.

Фазовый состав морского льда. Соленость рассола и избирательность кристаллизации его солей. Миграция рассола. Соленость льда и ее изменение во времени.

Тепловые характеристики морского льда: теплоемкость, теплопроводность, теплота плавления. Их зависимость от температуры и солености льда. Радиационные свойства ледяного покрова: альbedo, поглощение льдом лучистых потоков тепла, радиационный баланс.

Общие закономерности термического роста толщины льда, влияние на него снега и притока тепла от воды. Температура морского льда. Поверхностное и боковое таяние льда. Методы расчета роста и таяния льда.

Механические свойства морского льда. Напряжения и деформации. Модули упругости и коэффициент Пуассона, практические методы их определения. Упругая и пластическая деформация льда. Явление релаксации. Пределы прочности льда и напряжения разрушения. Напряжения, действующие на лед в море. Поведение ледяного покрова под нагрузкой. Торошение льда. Расчет грузоподъемности ледяного покрова.

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 5.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Вычисление на ПЭВМ и сравнение уравнений состояния морской воды.	4	-
2	Вычисление на ПЭВМ и построение графиков плотностной стратификации океана.	6	2
3	Измерение вертикального профиля скорости течения и расчет характеристик турбулентности в однородной среде	6	2
4	Расчет вертикального профиля коэффициента турбулентности в стратифицированной среде.	6	4
5	Моделирование адвекции тепла течением	6	2
6	Определение характеристик верхнего квазиоднородного слоя.	4	4
7	Изучение структуры и текстуры образцов льда.	2	2
8	Измерение механических характеристик льда	2	2
9	Расчет нарастания и таяния ледяного покрова	6	2
	Итого	42	20

Таблица 6.

Содержание лабораторных занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Вычисление на ПЭВМ и сравнение уравнений состояния морской воды.	6	6
2	Вычисление на ПЭВМ и построение графиков плотностной стратификации океана.	6	9

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Электронные ресурсы, разработанные в рамках дисциплины, размещенные в облачном хранилище на mail.ru:

- презентации с лекционным материалом;
- методические указания по выполнению лабораторных работ.

Тест, размещенный в разделе Физика океана

moodle.rshu.ru: <http://moodle.rshu.ru/mod/folder/view.php?id=6370>

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале. Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр – 100:

- максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля - 70;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 5;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;
- максимальное количество дополнительных баллов - 10.

6.1. Текущий контроль

Типовые задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет**

Форма проведения зачета: устный опрос по билетам.

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

ОПК-2, ОПК-3.

1. Строение воды как физического тела
2. Уравнения состояния морской воды
3. Изменение энтальпии морской воды при ее фазовых переходах
4. Определение вертикальной плотностной стратификации вод океана.
5. Коэффициенты турбулентного обмена субстанциями.
6. Формирование верхнего квазиоднородного слоя (ВКС)
7. Термоклин и галоклин.
8. Принцип осреднения уравнений термогидродинамики для турбулентного океана.
9. Понятие о логарифмическом турбулентном пограничном слое у поверхности океана.
10. Турбулентные потоки тепла и соли у поверхности океана.
11. Структура морской воды и льда
12. Фазовый состав морского льда.
13. Теплофизические характеристики морского льда.
14. Механические свойства морского льда.
15. Закономерности термического роста толщины морского льда.

Таблица 7.

Критерии оценивания промежуточной аттестации в форме экзамен

Критерий	Баллы
Отсутствие ответа или ответ с грубыми ошибками, отсутствие ответов на дополнительные вопросы преподавателя	0
Неполный и неуверенный правильный ответ, с наводящими вопросами преподавателя или с незначительными ошибками; правильные ответы на некоторые дополнительные вопросы преподавателя;	10
Полный, но неуверенный правильный с наводящими вопросами преподавателя, правильные ответы на большую часть дополнительных вопросов преподавателя	20
Полный исчерпывающий уверенный правильный ответ без подсказок и наводящих вопросов преподавателя; правильные ответы на все дополнительные вопросы преподавателя	30
Итого	0-30

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 8.

Распределение баллов по видам учебной работы для очной формы обучения (4 семестр)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-5
Выполнение лабораторных заданий	0-35 (0-5 за одну лабораторную работу)
Выполнение практического задания	0-5
Выполнение заданий на интерактивной лекции	0-10
Тестирование	0-15
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 9.

Распределение баллов по видам учебной работы для заочной формы обучения (5 курс)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-5
Выполнение лабораторных заданий	0-25 (0-5 за одну лабораторную работу)
Выполнение практического задания	0-5
Выполнение заданий на интерактивной лекции	0-10
Тестирование	0-15
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 10.

Распределение дополнительных баллов

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
Участие в НИРС	0-5
Активность на учебных занятиях	0-5
ИТОГО	0-10

Минимальное количество баллов для допуска до промежуточной аттестации составляет 40 баллов при условии выполнения всех видов текущего контроля.

Таблица 11.

Критерии оценивания тестирования

Критерий	Баллы
Менее 50% правильных ответов	0
От 50% до 69 % правильных ответов	5
От 70% до 85 % правильных ответов	10
От 85% до 100 % правильных ответов	15
Итого	15

Таблица 12.

Балльная шкала итоговой оценки на экзамене

Оценка	Баллы
Отлично	85-100
Хорошо	65-84
Удовлетворительно	40-64
Неудовлетворительно	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендациях для обучающихся по освоению дисциплины «Физика океана».

Самостоятельная работа заключается:

- в подготовке отчетов по результатам выполнения домашних заданий

В отчете по результатам выполнения домашнего задания учащиеся указывают

- современное состояние моделирования рассматриваемого процесса;

- основные уравнения используемой модели;

- используемый алгоритм решения;

- программу;

- результаты расчетов в виде рисунков, графиков, таблиц;

- результаты проведенного анализа результатов.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы****Основная литература:**

1. Доронин Ю.П. Физика океана. Изд. РГГМУ, СПб, 2000 г., 305с.

2. Доронин Ю.П., Лукьянов С.В. Лабораторные работы по Физике океана. Изд. РГГМИ, СПб. 1993г., 86с.

Дополнительная литература:

Морской лед (Справочное пособие), ред. Фролов И.Е., Гаврило В.П. СПб., Гидрометеиздат, 1997 - гл.1,2.

8.3. Перечень программного обеспечения

- 1.Операционные системы Windows 7,10;

2. Пакет прикладных программ Microsoft Office.

3. Свободно распространяемый программный продукт Surfer? Grafer? для Windows.

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. Электронно-библиотечная система elibrary.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов практических занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебный процесс обеспечен аудиториями, комплектом лицензионного программного обеспечения, библиотекой РГГМУ.

Лабораторные бассейны с циркулирующей водой и измерительно-регистрирующей аппаратурой. Холодильная камера с измерительно-регистрирующим оборудованием для изготовления образцов льда и работы с ними.

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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий на платформах Discord или Skype.