

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
Кафедра Океанологии

Рабочая программа дисциплины
ТЕРМОГИДРОДИНАМИКА

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):

Океанология

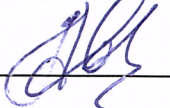
Уровень:

Магистратура

Форма обучения

Очная/ заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 Аверкиев А.С.

Председатель УМС

 И.И. Палкин

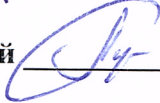
Рекомендована решением

Учебно-методического совета РГГМУ

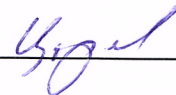
24 июня 2021 г., протокол № 9

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры

19 мая 2021 г., протокол № 9

Зав. кафедрой  Лукьянов С.В.

Авторы-разработчики:

 Царев В.А.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель

Целью дисциплины является формирование у студентов комплекса научных знаний о термогидродинамических процессах в океане на базе результатов современных теоретических и экспериментальных исследований.

Задачи

Основные задачи состоят в изучении материала, дающего четкое представление о физической сущности указанных процессов, о геофизических механизмах их формирования, о методах их математического описания и расчета, а также о требованиях, которые должны предъявляться к методам их экспериментального исследования.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина «Термогидродинамика» включена в ООП, является обязательной дисциплиной и относится к вариативной части дисциплин подготовки магистров по направлению 05.04.05 «Прикладная гидрометеорология, профилю «Океанология». Особенностью дисциплины является ее принадлежность как к системе географических наук, поскольку гидросфера является неотъемлемой частью географической оболочки Земли, так и к системе геофизических наук, поскольку она широко применяет методы математики, физики, математического и физического моделирования. Для полноценного усвоения дисциплины бакалаврам необходимо иметь знания по предметам «Физика», «Математика», «Вычислительная математика», «Гидродинамика», «Геофизическая гидродинамика», «Общая океанология», «Физика океана», «Взаимодействие океана и атмосферы», Дисциплина «Динамика океана» создает необходимую базу для успешного изучения других дисциплин по профилю «Океанология» при обучении в магистратуре.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование профессиональных компетенций раздела ПК-1 (Способен разрабатывать и реализовывать программы научных исследований по прикладной океанографии, охране морских вод и рациональному использованию ресурсов Мирового океана): ПК-1.2; ПК-1.4;

Таблица 3.

Общепрофессиональные компетенции

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Результаты обучения
ПК-1.2	Определяет цели, задачи и методы научных исследований по физической океанологии и взаимодействию океана и атмосферы, процессами в водах суши и антропогенным	Знать: основы базовых знаний математического цикла. Уметь: проводить формализацию и решение

	влиянием. ·	профессиональных задач. Владеть: методами решения математических задач
ПК-1.4	Осуществляет практические действия, направленные на выполнение этапов научных исследований, формулирует заключение и выводы по результатам исследований	Знать: основы базовых знаний математического цикла. Уметь: проводить формализацию и решение профессиональных задач. Владеть: методами решения математических задач.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет 7 зачетных единиц, _252 академических часа.

Таблица 4.

Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Всего часов	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
Объем дисциплины	252	
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:		
в том числе:	-	
лекции	42	14
занятия семинарского типа:	56	14
практические занятия	14	6
лабораторные занятия	42	8
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	154	224
в том числе:	-	
курсовая работа		
контрольная работа		40
<i>подготовка к практическим и лабораторным</i>	154	184
Вид промежуточной аттестации	экзамен	экзамен

4.2. Структура дисциплины

Таблица 5.

Структура дисциплины для очной формы обучения

№ п/п	Раздел и тема дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
			Лекции	Семинар. Лаборат. Практич.	Самост. работа	курсовой проект		
1	Основные уравнения термогидродинамики океана и методы их решения	2	4	0, 2,4	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
2	Поверхностные ветровые волны	2	4	0, 2,4	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
3	Приливные волны	2	6	0, 2,6	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
4	Ветровые колебания уровня	3	4	0, 2,4	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
5	Внутренние волны	3	4	0, 2,4	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
6	Конвекция в океане	3	4	0, 2,4	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
7	Распространение придонных плотностных потоков	4	4	0, 2,4	16		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
8	Волновые потоки влекомых наносов	4	4	0, 0,4	14		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
9	Эволюция нефтяного загрязнения	4	4	0,0,4	14		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
10	Термогидродинамика ледяного покрова в океане	4	4	0,0,4	14		ПК-1	ПК-1.2 ПК-1.4
	ИТОГО		42	0, 14, 42	154			

4.3. Содержание разделов тем дисциплины

Основные уравнения термогидродинамики океана и методы их решения

Уравнения движения в приближении Буссинеска. Уравнения движения в гидростатическом приближении. Уравнение движения для полных потоков. Уравнение неразрывности. Уравнения переноса соли и тепла. Уравнение состояния. Уравнение баланса энергии турбулентности. Приближения Колмогорова. Решение уравнений движения для полных потоков. Решение уравнений движения в гидростатическом приближении. Решение уравнений движения в приближении Буссинеска. Решение уравнений переноса тепла и соли. Решение уравнения баланса энергии турбулентности.

Поверхностные ветровые волны

Основные уравнения поверхностного ветрового волнения. Приближение коротких волн. Приближение длинных волн. Моделирование трансформации ветрового волнения в области прибрежной мелководной зоны. Основные уравнения, описывающие распространение ветровых волн в прибрежной зоне моря. Особенности задания граничных условий. Расчет поля установившегося ветрового волнения для акватории порта

Приливные волны

Потенциал приливо-образующих сил. Основные составляющие потенциала приливо-образующих сил. Формирование прилива в узких каналах, расположенных вдоль меридиана и параллели. Модель формирования приливов в океане. Исходная система уравнений. Методы конечно-разностного представления уравнений. Моделирование формирования приливов в шельфовом море. Граничные условия. Особенности формирования отраженной приливной волны. Особенности формирования приливов в окраинных морях по результатам моделирования.

Ветровые колебания уровня

Основные механизмы формирования течений и уровня под влиянием ветра. Двухмерные и трехмерные модели. Основные уравнения модели ветровых колебаний уровня и течений. Используемые граничные условия. Методы численной реализации модели. Способы графического представления результатов расчетов. Примеры расчетов ветровых течений и уровня в морях и заливах.

Внутренние волны

Теория гравитационных внутренних волн в двухслойном море. Дисперсионное соотношение Стокса. Баротропная и внутренняя моды, их свойства. Длинные и короткие внутренние волны, кинематика их движений. Разрыв горизонтальной скорости на внутренней поверхности раздела. Многослойные модели и соответствующие им внутренние моды. Применимость условия «твердой крышки». Гравитационные внутренние волны в непрерывно стратифицированном океане. Дисперсионное уравнение. Роль частоты плавучести и критерии существования внутренних волн. Возможность модового и лучевого описания внутренних волн. Методы расчета характеристик внутренних волн. Внутренние приливные волны, механизм их генерации и вырождения. Учет силы Кориолиса. Внутренние волны Кельвина и Свердруп. Зоны генерации внутренних приливных волн в Мировом океане.

Конвекция в океане

Природа конвекции и ее возникновение. Виды конвекции: охлаждения, осолонения, нагревания. Теория свободной ламинарной конвекции нагревания Число Рэлея. Стадии развития конвекции. Характер циркуляции в ячейках конвекции. Конвекция опускания из-за увеличения плотности воды и подъема из-за уменьшения плотности воды.

Гидравлическое и математическое моделирование конвекцию Энергетика конвекции. Турбулентная конвекция. Условия перехода к ней из ламинарной. Методы описания и ее распространение в океане. Конвекция на склоне дна. Конвективные термики и струи.

Внутриводная конвекция, ее природа и распространение в океане. Влияние на океанические процессы.

Распространение плотностных потоков

Природа образования придонных и глубинных вод и их географическое распространение. Особенности полей температуры и солености воды в области распространения придонных и глубинных вод. Внутритермоклинные вихри. Модель распространения придонных вод. Модель распространения глубинных вод. Образование глубинных и придонных вод в области заприпайных полыней.

Волновые потоки влекомых наносов

Основные соотношения, связывающие потоки влекомых наносов с характеристиками поверхностного волнения. Одномерная модель волнового потока влекомых наносов. Моделирование формирования профиля динамического равновесия. Двухмерная модель волновых потоков влекомых наносов. Моделирование заноса гидротехнических сооружений за счет волновых потоков влекомых наносов. Моделирование изменения рельефа морского дна для прибрежного мелководья под влиянием волновых потоков влекомых наносов.

Расчет волновых потоков влекомых наносов. Моделирование формирования рельефа морского дна динамического равновесия.

Эволюция нефтяного загрязнения

Физические характеристики нефти. Основные механизмы трансформации нефтяного загрязнения в море: испарение, эмульгирование, разложение бактериями. Влияние физических характеристик среды на влияющие факторы. Основные режимы распространения нефтяного загрязнения. Распространение нефтяного загрязнения в море под влиянием ветра.

Термогидродинамика ледяного покрова в океане

Общие закономерности изменения толщины льда за счет термических факторов. Уравнение Стефана. Модели роста толщины льда. Учет фазовых переходов в толще морского льда. Влияние снега и потоков тепла между водой и льдом. Температура льда. Таяние льда под воздействием солнечного, атмосферного и океанического тепла. Таяние льда в массивах.

Основные силы, действующие на льдину. Нормальные и касательные напряжения со стороны воздуха и воды. Уравнения движения льдины. Влияние формы и размера льдины на ее дрейф. Дрейф одиночной льдины и айсберга. Концентрация (сплоченность) льда. Математические модели дрейфа льда различной сплоченности. Ледовые сжатия и разрежения. Формирование и разрушение припая.

4.3. Практические и лабораторные занятия, их содержание

Таблица 8.

Содержание практических занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика практических занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Уравнение движения и неразрывности для полных потоков	2	2
2	Уравнение переноса тепла и соли.	2	2
3	Уравнение движения в гидростатическом приближении.	2	2
4	Расчет распространения длинных волн	2	2
5	Расчет распространения коротких волн.	2	2
6	Расчет распространения промежуточных волн	2	2
7	Расчет распространения волнения в акватории порта	2	2
8	Расчет приливной волны в канале, расположенном вдоль меридиана	2	2
9	Расчет приливной волны в канале, расположенном вдоль параллели.	2	2
10	Расчет приливной волны на шельфе	2	2
11	Расчет приливной волны в шельфовом море	2	2
12	Расчет штормового нагона на шельфе	2	2
13	Расчет бароклинной внутренней моды в двухслойном море	2	2
14	Расчет горизонтальной конвекции вдоль наклонного дна	4	2
15	Расчет распространения придонного плотностного потока в море	4	2
16	Расчет распространения нефтяного загрязнения	4	2
17	Расчет сезонного хода толщины ледяного покрова в море	4	2

Таблица 9.

Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных занятий	Всего часов	В том числе часов практической подготовки
1	Лабораторное моделирование волн в волновом лотке.	2	30
2	Моделирование формирования ветровых волн в круговом лотке	4	30
3	Моделирование формирования конвекции в лотке.	4	30
4	Моделирование внутренних волн в лотке	4	30

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Отсутствуют.

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

Электронные ресурсы, разработанные в рамках дисциплины, размещенные на сайте (<http://cloud.rshu.ru>):

- конспекты лекций;
- методические указания по выполнению лабораторных работ;

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 - 55;
- максимальное количество баллов за посещение лекционных занятий - 5;
- максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации - 30;
- максимальное количество дополнительных баллов - 15.

6.1. Текущий контроль

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

Текущий контроль реализуется при проверке отчетов по результатам выполнения лабораторных работ:

6.2. Промежуточная аттестация

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – **зачет (2-3 семестр), экзамен (4 семестр).**

Форма проведения **экзамена**: устно по билетам.

Перечень вопросов для подготовки к экзамену:

ПК-1

4 семестр:

1. Система уравнений длинных волн
2. Система уравнений коротких волн
3. Система уравнений промежуточных волн
4. Система уравнений модели ветровых течений в море
5. Поверхностные ветровые волны
6. Ветровые колебания уровня
7. Внутренние волны

8.Конвекция в океане

9. Распространение плотностных потоков

10.Волновые потоки влекомых наносов

Таблица 12.

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 ответ с примерами из экологических задач, с наводящими вопросами преподавателя, правильные ответы на большую часть дополнительных вопросов преподавателя	20
Полный исчерпывающий уверенный правильный ответ с примерами из экологических задач, без подсказок и наводящих вопросов преподавателя; правильные ответы на все дополнительные вопросы преподавателя	30
Итого	0-30

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 12.

Распределение баллов по видам учебной работы (2 и 3 семестр)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-5
Решение типовых научных задач	0-40
Тестирование	0-25
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 13

Распределение баллов по основным видам учебной работы (2 семестр)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-5
Типовая научная задача №1	0-10
Типовая научная задача №2	0-15
Тестирование	0-25
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-85

Таблица 14

Распределение дополнительных баллов (2 семестр)

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
--	-------

Дополнительное задание к типовой научной задаче №1	5
Дополнительное задание к типовой научной задаче №2	10
ИТОГО	0-15

Таблица 15

Распределение баллов по основным видам учебной работы (3 семестр)

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Посещение лекционных занятий	0-5
Типовая научная задача №3	0-15
Типовая научная задача №4	0-10
Тестирование	0-25
Промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-85

Таблица 16

Распределение дополнительных баллов (3 семестр)

Дополнительные баллы (баллы, которые могут быть добавлены до 100)	Баллы
Дополнительное задание к типовой научной задаче №3	10
Дополнительное задание к типовой научной задаче №4	5
ИТОГО	0-15

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

Таблица 17.

Балльная шкала итоговой оценки по дисциплине (2 и 3 семестр)

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 «Термогидродинамика».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

1. Динамика океана. Учебник под ред. Ю. П. Доронина. – Л.: Гидрометеиздат, 1980, 303 с.
2. Практикум по динамике океана. Под ред. А. В. Некрасова, Е. Н. Пелиновского. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. 318 с.
3. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. т.1-2,– М.: Мир, 1986. 416 с.
5. Боуден К. Физическая океанография прибрежных вод. Москва, Мир, 1988, 325 с.
6. Лакомб А. Физическая океанография. Москва, Мир, 1974, 495 с.
7. Фукс В. Р. Введение в теорию волновых движений в океане.— Л.: Изд.ЛГУ, 1982,— 200 с.
8. Доронин Ю.П., Хейсин Д.Е. Морской лед Ленинград, Гидрометеиздат. 1975, 320 с.

Дополнительная литература

1. Некрасов А. В. Приливные волны в окраинных морях. – Л.: Гидрометеиздат, 1975.
2. Коняев К. В., Сабинин К. Д. Волны внутри океана. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992.
3. Лопатухин Л. И. Ветровое волнение. Учебное пособие. – СПб.: СПбГУ, 2004.
4. Филлипс О.М. Динамика верхнего слоя океана Ленинград, Гидрометеиздат, 1980, 319 с.
5. Физика океана, т. 1. Гидрофизика океана; т. 2. Гидродинамика океана. М.: Наука, 1978.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети

"Интернет"

Конспекты лекций, методические материалы по выполнению лабораторных работ и вспомогательные информационные материалы, размещенные на сайте (<http://cloud.rshu.ru>)

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Операционные системы Windows 7,10;
2. Пакет прикладных программ Microsoft Office.
3. Пакет прикладных программ к лабораторным работам.

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. ЭБС Юрайт
2. Электронно-библиотечная система elibrary;

8.5. Перечень профессиональных баз данных:

1. Гидрометеорологическая информация открытого доступа. Режим доступа:
<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP-NCAR/.CDAS-1/>

2. Гидрометеорологическая информация Гидрометцентра РФ. Режим доступа:
<http://meteo.ru/data>

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.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная специализированной (учебной) мебелью.

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, укомплектована специализированной (учебной) мебелью, мультимедийным оборудованием, служащим для представления учебной информации

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации - укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет"

Помещение для самостоятельной работы студентов. Помещение оснащено: специализированной (учебной) мебелью, компьютерами с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ноутбук, проектор, переносной 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.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий в интерактивной системе (<http://cloud.rshu.ru>).

Рассмотрено и рекомендовано к использованию в учебном процессе на 2022/2023 учебный год без изменений.

Протокол заседания кафедры океанологии от 27.06.2022 №10