

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра океанологии

Рабочая программа по дисциплине

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования программы магистратуры по направлению подготовки

05.04.05 «Прикладная гидрометеорология»

Направленность (профиль):
**Геоинформационное обеспечение гидрометеорологической и
гидрографической деятельности в Арктике**

Квалификация:

Магистр

Форма обучения

Очная

Согласовано
Руководитель ОПОП



Завгородний В.Н.

Утверждаю

Председатель УМС  Палкин И.И.

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

Рассмотрена и утверждена на заседании
кафедры «08» июня 2021 г., протокол №6
Зав. кафедрой  Лукьянов С.В.

Автор-разработчик:

 Царёв В.А.

Рекомендована учёным советом института гидрологии и океанологии РГГМУ

Составил: Царев Валерий Анатольевич, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры океанологии РГГМУ.

Рецензент: Зимин Алексей Вадимович, канд. физ.-мат. наук, заведующий лабораторией Санкт-Петербургского филиала Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

1. Цели дисциплины

Цель дисциплины – формирование у магистров комплекса научных знаний об основных особенностях наиболее значимых океанологических процессах и существующих современных методах их исследования с помощью математического моделирования.

Основные задачи – изучение основных закономерностей формирования значимых океанологических процессов и ознакомление с методами их математического моделирования.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВПО

Дисциплина включена в ООП, является обязательной дисциплиной и относится к вариативной части дисциплин подготовки магистров по направлению 05.04.05. 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 аспирантами необходимо иметь знания по предметам «Физика», «Математика», «Вычислительная математика», «Гидродинамика», «Геофизическая гидродинамика», «Общая океанология», «Физика океана», «Динамика океана», «Взаимодействие океана и атмосферы», (полученные на предыдущих уровнях образования). Дисциплина «Океанологические процессы и их моделирование» создает необходимую базу для успешной работы над подготовкой диссертации.

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Дисциплина формирует следующие компетенции:

универсальные компетенции:

- УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях

общепрофессиональные компетенции:

- ОПК-1 - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

профессиональные компетенции:

ПК-1 – владеть методологическими основами и подходами к решению теоретических проблем океанологии;

ПК-2 – анализировать, обобщать и систематизировать с применением современных компьютерных технологий результаты научно-исследовательских работ, имеющих гидрометеорологическую направленность;

Магистр

должен знать закономерности формирования выделенных океанологических процессов и методы их математического моделирования,

уметь применять существующие модели для исследования данных процессов,

владеть навыками применения результатов моделирования для обеспечения морской деятельности в Арктике.

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 и содержании	Способен выделить основные идеи текста, работает с критической литературой	Владеет основными навыками работы с источниками и критической литературой	Способен дать собственную критическую оценку изучаемого материала
	не умеет	не выделяет основные идеи	Способен показать основную идею в развитии	Способен представить ключевую проблему в ее связи с другими процессами	Может соотнести основные идеи с современными проблемами
	не знает	допускает грубые ошибки	Знает основные рабочие категории, однако не ориентируется в их специфике	Понимает специфику основных рабочих категорий	Способен выделить характерный авторский подход
базовый	не владеет	плохо ориентируется в терминологии и содержании	Владеет приемами поиска и систематизации, но не способен свободно изложить материал	Свободно излагает материал, однако не демонстрирует навыков сравнения основных идей и концепций	Способен сравнивать концепции, аргументированно излагает материал
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит проблем	Выделяет конкретную проблему, однако излишне упрощает ее	Способен выделить и сравнить концепции, но испытывает сложности с их практической привязкой	Аргументированно проводит сравнение концепций по заданной проблематике
	не знает	допускает много ошибок	Может изложить основные рабочие категории	Знает основные отличия концепций в заданной проблемной области	Способен выделить специфику концепций в заданной проблемной области
продвинутый	не владеет	ориентируется в терминологии и содержании	В общих чертах понимает основную идею, однако плохо связывает ее с существующей проблематикой	Видит источники современных проблем в заданной области анализа, владеет подходами к их решению	Способен грамотно обосновать собственную позицию относительно решения современных проблем в заданной области
	не умеет	выделяет основные идеи, но не видит их в развитии	Может понять практическое назначение основной идеи, но затрудняется выявить ее основания	Выявляет основания заданной области анализа, понимает ее практическую ценность, однако испытывает затруднения в описании сложных объектов анализа	Свободно ориентируется в заданной области анализа. Понимает ее основания и умеет выделить практическое значение заданной области
	не знает	допускает ошибки при выделении рабочей области анализа	Способен изложить основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа	Знает основное содержание современных научных идей в рабочей области анализа, способен их сопоставить	Может дать критический анализ современным проблемам в заданной области анализа

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 час)

Вид учебной дисциплины	Всего Часов	Семестр
Общая трудоемкость дисциплины	144	3
Аудиторные занятия	56	3
Лекции	28	3
Лабораторные работы (ЛР)	28	3
Самостоятельная работа (СР)	88	3
Вид итогового контроля	экзамен	3

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	Семинары	Самост. раб. студ			
1	Основные уравнения	3	2	4	4	Расчетные задания	4	УК-1
2	Методы решения уравнений динамики океана	3	2	4	8	Расчетные задания	4	УК-1
3	Поверхностное ветровое волнение	3	2	4	8	Расчетные задания	4	ОПК-1
4	Ветровые течения и колебания уровня в морях и мелководных заливах	3	2	4	8	Расчетные задания	4	ОПК-1
5	Приливы в океане и в	3	2	4	8	Расчетные задания	4	ПК-1

	морях							
6	Волновые потоки влекомых наносов и изменение рельефа дна	3	2	4	8	Расчетные задания	4	ПК-1
7	Эволюция нефтяного загрязнения	3	2	4	8	Расчетные задания	4	ПК-2
8	Формирование залива морской воды в эстуарий	3	2	4	8	Расчетные задания	4	ПК-2
	ИТОГО		16	32	60		32	

4.2. Содержание разделов дисциплины

4.2.1 Основные уравнения

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.

4.2.2 Методы решения уравнений динамики океана

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.

4.2.3 Поверхностное ветровое волнение

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

4.2.4 Ветровые течения и колебания уровня в морях и мелководных заливах

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.

4.2.5 Приливы в океане и в морях

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.

4.2.6 Волновые потоки влекомых наносов и изменение рельефа дна

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 потоков. Моделирование формирования рельефа морского дна динамического равновесия.

4.2.7 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.

4.2.8 Формирование залива морской воды в эстуарий

Типы пространственного и вертикального распределений солёности в эстуариях и на взморье. Одномерные стационарные модели продольного распределения солёности. Особенности продольного распределения солёности в эстуарии и на взморье. Нестационарные модели. Сезонная изменчивость распределения солёности. Приливные колебания солёности.

Двухмерные плановые модели. Особенности пространственного распределения солёности в эстуарии и на взморье.

Двухслойные модели залива клина морской воды в эстуарии. Двухслойные модели распространения речной воды на взморье.

Профильные модели залива клина морских вод в эстуарий. Профильные модели распространения речных вод на взморье. Особенности вертикального распределения баротропной и бароклинной составляющих горизонтального градиента давления. Вертикальное распределение коэффициентов вертикальной турбулентной диффузии и вязкости. Особенности продольного распределения горизонтальной и вертикальной составляющих скоростей течения.

Трёхмерные модели. Особенности поведения клина морских вод в эстуарии. Особенности поперечной циркуляции в области клина. Трёхмерное распространение речной воды на взморье.

4.2.9 Распространение придонных и глубинных вод

Природа образования придонных и глубинных вод и их географическое распространение. Особенности полей температуры и солёности 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.

4.3 Семинарские, практические, лабораторные занятия, их содержание

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий	Форма проведения	Формируемые компетенции
1	1	Модель трансформации ветрового волнения в прибрежной зоне моря	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2
2		Модель формирования ветровых течений и	Практ.	УК-1

№ п/п	№ разде ла дисци плин ы	Тематика практических занятий	Форма проведени я	Форми руемые компет енции
		уровня в море		ОПК-1 ПК-1 ПК-2
3	1	Модель формирования ветровых течений и уровня в мелководном заливе	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2
4		Модель приливов в океане	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2
5	2	Модель приливов в море	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2
6	2	Модель литодинамических процессов в прибрежной зоне моря.	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2
7	2	Модель трансформации нефтяного пятна	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2
8	2	Профильная модель формирования залива морской воды в эстуарий	Практ.	УК-1 ОПК-1 ПК-1 ПК-2

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

Самостоятельная работа заключается:

- в выполнении домашних заданий;

5.1 Текущий контроль

(Указывается вид и формы текущего контроля по дисциплине)

отчеты по результатам выполнения домашних заданий

а) Образцы тестовых и контрольных заданий текущего контроля

1. С помощью модели рассчитать распространения ветрового волнения в мелководной зоне моря по результатам моделирования 2 Проанализировать особенности формирования ветровых течений и возмущения уровня моря в Геленджикской бухте. и т.д.

б) Примерная тематика рефератов, эссе, докладов не планируется

в) Примерные темы курсовых работ, критерии оценивания
не планируется

5.2 Методические указания по организации самостоятельной работы

(Указываются темы эссе, рефератов, курсовых работ и др. Приводятся контрольные вопросы и задания для проверки текущего контроля, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины)

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.
-

5.3. Промежуточный контроль _____ экзамен _____ **зачет/экзамен**

(Приводятся контрольные вопросы и задания для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины)

5.3 Перечень вопросов к зачету, экзамену

1. Система уравнений длинных волн;
- 2/ Система уравнений коротких волн;
3. Система уравнений промежуточных волн;
4. Система уравнений модели ветровых течений в море

Образцы тестов, заданий к зачету, билетов, тестов, заданий к экзамену
Экзамен не проводится

Экзаменационный билет №3.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный гидрометеорологический университет
Кафедра Океанологии
Курс Моделирование природных процессов

1. Уравнения движения в приближении Буссинеска.
2. Модель распространения поверхностных волн.

Заведующий кафедрой: _____ (Царев В.А..)

Экзаменационный билет №9.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный гидрометеорологический университет
Кафедра Океанологии
Курс Моделирование природных процессов

1. Уравнения движения для полных потоков.
2. Модель распространения длинных волн.

Заведующий кафедрой: _____ (Царев В.А.)

Экзаменационный билет №15.

**Министерство образования и науки Российской Федерации
Российский государственный гидрометеорологический университет**

**Кафедра Океанологии
Курс Моделирование природных процессов**

1. Уравнения движения в гидростатическом приближении.
2. Модель распространения влекомых наносов.

Заведующий кафедрой: _____ (Царев В.А.)

6. Учебно методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. *Айзатулин Т.А.* (ред.) Моделирование морских систем Л.: Гидрометеиздат. 1973.
2. *Боуден К.* Физическая океанография морских вод. М., «Мир», 322с
3. *Дымников В.П.* (ред). Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. Т.2. Математическое моделирование – М.Наука.2005.405с
4. *Вольцингер Н.Е.* Длинные волны на мелкой воде. Л., Гидрометеиздат.1985 г.160
5. *Вольцингер Н.Е., Клеванный К.А., Пелиновский Е.Н.* Длинноволновая динамика прибрежной зоны Л. Гидрометеиздат.1989. 272 с.

б) дополнительная литература:

1. *Андросов А.А., Н.Е.Вольцингер* Проливы Мирового океана. Общий Подход к моделированию – М., Наука, 2005.
2. *Марчук Г.И., Каган Б.А.* Динамика океанских приливов. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 360с.
3. *Марчук Г.И., Дымников В.П., Залесный В.Е.* Математические модели в геофизической гидродинамике и численные методы их реализации. Л.: Гидрометеиздат, 1987, 296 с.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Delphi, Surfer, Grafer

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

(По каждому виду учебной работы, предусмотренной рабочим учебным планом: лекции, практические, семинарские или лабораторные занятия, самостоятельная работа студента, текущий и промежуточный контроль)

Практические работы, выполнение домашних заданий

Практические занятия	Проработка рабочей программы, Выполнение расчетов. Анализ полученных результатов. Подготовка отчета.
Индивидуальные задания (сбор материалов, подготовка докладов)	Составление библиографии по теме. Знакомство с основной и дополнительной литературой. Изложение основных аспектов проблемы, анализ мнений авторов и формирование собственного суждения по теме.
Подготовка к зачету	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на лекции преподавателя и рекомендованную литературу. Получить зачеты по всем домашним заданиям

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

При осуществлении образовательного процесса студентами и профессорско-преподавательским составом используется следующее программное обеспечение:
Microsoft Office (Power Point, Word и т.д.), Delphi, Surfer, Grafer.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

(Указывается материально-техническое обеспечение данной дисциплины).

Программные средства ПК в среде “Windows (Delphi, Surfer, Grafer).

Презентации к лекциям.