

**Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Географический факультет**

«Утверждено»  
Декан географического факультета,  
член-корр. РАН С.А. Добролюбов



Согласовано  
Учебно-методической комиссией  
факультета

« 20 » 12 2018 г.  
протокол № 15  
*[Handwritten signature]*

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Океанография шельфа»**

по направлению подготовки 05.04.04 «Гидрометеорология»  
уровня высшего образования магистратура  
с присвоением квалификации «магистр»

**Направленность (профиль):**  
Океанология

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.04.04 «Гидрометеорология» направленность (профиль) «Океанология» в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины

**Цель курса:** дать общее представление об особенностях структуры и динамики вод в прибрежной зоне морей и океанов и факторах их вызывающих.

### **Задачи курса:**

- ознакомить магистрантов с основными закономерностями протекания различных физических процессов в прибрежной зоне и географическими особенностями их проявления в разных районах Мирового океана;
- дать представление об основных методах исследования структуры и динамики вод в прибрежной зоне;
- ознакомить магистрантов с существующими численными моделями прибрежной циркуляции вод;
- показать практическую важность изучения структуры и динамики вод в прибрежной зоне для решения задач рационального использования природных ресурсов и охраны водной среды, а также регионального прогноза погоды.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

### *А. Информация об образовательном стандарте и учебном плане*

Дисциплина включена в образовательный стандарт МГУ имени М.В.Ломоносова ИМ (интегрированный магистр МГУ), учебный план магистратуры, направление подготовки 05.04.04 «Гидрометеорология», профиль подготовки «Океанология», квалификация магистр.

### *Б. Место дисциплины в образовательном стандарте и учебном плане:*

- вариативная часть профессионального цикла ООП;
- блок дисциплин – «Профессиональный»;
- модуль «Океанография прибрежных вод»;
- обязательный курс;
- курс 1;
- семестр 1

### *В. Перечень дисциплин, которые должны быть освоены для начала данной дисциплины:*

– математика, физика, гидрология, климатология с основами метеорологии, дифференциальные уравнения, математический анализ, теория вероятности и математическая статистика, океанология, теоретическая механика и гидромеханика, технические средства и методы наблюдений в океанологии.

Изучение данной дисциплины необходимо для освоения последующих дисциплин: «Спутниковая океанология», «Биохимические барьеры в шельфовой зоне моря», курсы по выбору, прохождение практик, подготовка магистерской диссертации.

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций и получение следующих результатов обучения:

Компетенции выпускников образовательной программы	Планируемые результаты обучения по дисциплине
Способность создавать математические модели профессиональных задач, учитывать ограничения и границы применимости моделей, интерпретировать полученные количественные результаты (ОПК-1.М формируется частично)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> особенности создания математических моделей природных процессов, протекающих в Мировом океане, их ограничения и границы применимости;</li> <li>- <b>уметь</b> адаптировать и применять математические модели для расчетов и диагноза природных процессов в океанах и морях;</li> <li>- <b>владеть</b> современными методами обработки результатов математического моделирования</li> </ul>
Способность разрабатывать физико-математические модели гидрометеорологических процессов (циркуляции атмосферы, гидрологических процессов вод суши или океана), выполнять гидрометеорологические расчеты и прогнозы (в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры) (ПК-5.М формируется частично)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> особенности математического моделирования ветрового волнения, нагонов, циркуляции вод и термохалинной структуры вод в морях и океанах;</li> <li>- <b>уметь</b> адаптировать и применять численные океанические модели для расчета и прогноза термохалинной структуры и циркуляции вод в морях и океанах;</li> <li>- <b>владеть</b> современными методами обработки результатов моделирования</li> </ul>
Способность адаптировать и использовать математические модели для моделирования ветрового волнения, штормовых нагонов, термохалинной структуры и циркуляции вод в морях и океанах (СПК-1.М формируется частично)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> особенности математического моделирования ветрового волнения, нагонов, циркуляции вод и термохалинной структуры вод в прибрежной зоне морей и океанов;</li> <li>- <b>уметь</b> адаптировать и применять численные океанические модели для расчета термохалинной структуры и циркуляции вод в прибрежной зоне;</li> <li>- <b>владеть</b> современными методами обработки результатов моделирования</li> </ul>
Владение методами океанографического анализа водных масс, их классификации, районирования акваторий и поиска основных географических закономерностей формирования структуры вод Мирового океана (СПК- 4.М формируется частично)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> особенности структуры и динамики вод в прибрежной зоне, реакцию прибрежных вод на различные внешние природные воздействия;</li> <li>- <b>уметь</b> применять различные методы для выделения водных масс;</li> <li>- <b>владеть</b> методическими основами выполнения полевых исследований в шельфовой зоне</li> </ul>

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц.

Общая аудиторная нагрузка – 56 часа, в т.ч. лекции – 14 часов, семинары – 42 часа.

Объем самостоятельной работы студентов – 88 академических часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	семестр	неделя	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)
-------	--------------------------	---------	--------	---	--

				Контактная работа		СРС	Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лек-ции	семи-нары		
1	Введение	1	1	1	-	2	-
2	Раздел 1. Поверхностные волны	1	1	1	3	4	-
3	Раздел 2. Приливы и приливные течения	1	2	1	3	6	-
4	Раздел 3. Прибрежные захваченные волны	1	3, 4	2	6	6	-
5	Раздел 4. Сейши в бухтах и заливах	1	5	1	3	6	-
6	Раздел 5. Прибрежная циркуляция и ветровые течения	1	6, 7	2	6	6	Контрольная работа по разделам 1-5
7	Раздел 6. Прибрежный апвеллинг	1	8, 9	2	6	6	-
8	Раздел 7. Термохалинная структура вод и плотностные течения	1	10	1	3	6	-
9	Раздел 8. Особенности океанологических процессов над бровкой шельфа	1	11	1	3	6	-
10	Раздел 9. Взаимодействие вод шельфа с окружающими водами	1	12	1	3	6	Контрольная работа по разделам 6-9
11	Раздел 10. Математическое моделирование термохалинной структуры, циркуляции вод и ветрового волнения в прибрежной зоне	1	13, 14	2	6	6	-
	Промежуточная аттестация					28	<b>Экзамен</b>
	Итого			<b>14</b>	<b>42</b>	<b>88</b>	

## 5. Содержание дисциплины

### Введение

Определение шельфа. Практическая значимость прибрежной зоны. Судходство. Портовые сооружения. Добыча полезных ископаемых. Рыболовство. Туризм. Рекреационная зона.

Факторы, обуславливающие отличие прибрежных вод от вод открытых частей океанов. Наличие берега. Мелководность. Речной сток. Материковый склон и бровка шельфа. Особенности прибрежных метеорологических условий.

### Раздел I. Поверхностные волны

Краткие сведения. Генерация поверхностных волн. Их свойства. Основные параметры волн. Длина. Скорость распространения. Период. Высота. Амплитуда. Частота. Волновое число. Волны на глубокой воде. Скорость распространения на глубокой воде. Волны на воде конечной глубины. Скорость распространения на мелкой воде. Перенос массы в волнах (стоксов перенос). Энергия волнового движения на глубокой воде и воде конечной глубины. Групповая скорость. Статистические методы описания волнения.

Изменение параметров волн, входящих на мелководье. Изменение скорости и длины волн. Рефракция. Закон Снеллиуса. Изменение высоты волн. Волны на прибрежных течениях. Диссипация энергии волн. Изменение формы волн.

Разрушение волн. Крутизна волн. Два типа условий, при которых волны разрушаются. Типы бурунов. Сливающийся. Скользящий. Опрокидывающийся.

Прибойные биения. Волновой нагон. Разрывные течения. Механизм их образования. Их характеристика.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Расчет параметров поверхностных волн для разной глубины моря. Найти параметры поверхностных волн, изменяющиеся при выходе на мелководье.

**Раздел II. Приливы и приливные течения**

Основные особенности приливов. Приливообразующие силы. Статический прилив. Гармонические составляющие. Динамические уравнения приливов.

Классификация приливов.

Влияние трения на приливы. Эффекты, связанные с уменьшением глубины. Совместное влияние силы Кориолиса и трения. Влияние мелководья на составляющие прилива.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Дать оценку влияния мелководья на приливы и приливные течения.

**Раздел III. Прибрежные захваченные волны**

Радиус деформации Россби. Принцип сохранения потенциальной завихренности. Краевые волны. Волны Кельвина. Волны Пуанкаре. Топографические волны Россби. Шельфовые волны.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Знакомство с формулами расчета баротропного и первого бароклинного радиуса деформации Россби. Сравнение разных видов захваченных волн.

**Раздел IV. Сейши в бухтах и заливах**

Основные понятия. Важность изучения сейш. Стоячие волны. Узловые линии. Механизмы генерации. Методы изучения. Формула Мериана. Моды колебаний. Нулевая мода Гельмгольца. Парадокс гавани.

Влияния вращения Земли и трения о дно на сейшевые колебания.

Экспериментальные исследования сейшевых колебаний. Классификация водоемов по характеру сейшевых колебаний.

Влияние сейш на формирование спектра длинных волн.

Экстремальные сейшевые колебания. Абики. Риссага. Механизм формирования экстремальных сейшевых колебаний. Двойной резонанс.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Расчет периода сейшевых колебаний уровня моря в прямоугольном бассейне. Обзор методов расчета сейшевых колебаний

**Раздел V. Прибрежная циркуляция и ветровые течения**

Основные причины, вызывающие циркуляцию вод в прибрежной зоне. Ветер, приливы, захваченные волны, речной сток, выход океанских течений на шельф. Пространственно-временная изменчивость прибрежных течений. Время установления прибрежной циркуляции.

Ветровые течения. Поверхностные течения, генерируемые ветром. Две составляющие дрейфа – течение, вызванное касательным напряжением ветра, и волновое течение (стоксов перенос). Применение теории Экмана для мелководья и при наличии берега. Пограничные слои.

Штормовые нагоны. Модели штормовых нагонов.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Оценка влияния глубины моря, широты места, величины вертикального коэффициента турбулентной вязкости на вертикальную структуру течений. Выделение факторов, влияющих на высоту нагона.

#### **Раздел VI. Прибрежный апвеллинг**

Понятие апвеллинга. Апвеллинг в открытых частях океана и в прибрежной зоне. Его значение. Классификация прибрежного апвеллинга по механизмам образования. Классификация апвеллинга по временным масштабам. Круглогодичный, сезонный, синоптический и мезомасштабный.

Географическое распространение прибрежного апвеллинга. Натурные исследования прибрежного апвеллинга. Поверхностный экмановский слой. Промежуточный слой. Придонный экмановский слой. Поверхностное вдольбереговое струйное течение. Подповерхностное противотечение. Фронт апвеллинга. Поперечная двухячеистая структура циркуляции. Пространственная неоднородность. Локальные центры. Филаменты.

Механизмы формирования структуры прибрежного апвеллинга. Модели прибрежного апвеллинга.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Выделение районов распространения сезонного и квазистационарного прибрежного апвеллинга в Мировом океане. Рассмотреть методы расчета вертикальных скоростей прибрежного апвеллинга.

#### **Раздел VII. Термохалинная структура вод и плотностные течения.**

Тепловой баланс прибрежных вод и его сравнение с океанским. Температурные изменения, связанные с колебаниями теплового баланса. Формирование сезонного термоклина. Формирование стратификации.

Определение эстуария. Классификация эстуариев. Солевой баланс. Примеры эстуариев. Взаимодействие вод эстуария с прибрежными водами. Шлейфы вод пониженной солености. Динамика шлейфов.

Прибрежные термохалинные фронты. Неустойчивость фронтов. Перемешивание поперек фронтов.

Перемешивание вод на шельфе. Время перемешивания.

Плотностные течения.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Объяснить различия теплового баланса прибрежных вод от теплового баланса вод открытых частей морей и океанов.

#### **Раздел VIII. Особенности океанологических процессов над бровкой шельфа.**

Морфометрическая характеристика. Изменчивость водных масс. Апвеллинг над бровкой шельфа. Вихри. Инерционные колебания. Внутренние волны. Волны Кельвина. Топографические волны. Перемешивание.

*Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Выявить причины возникновения надкромочной шельфа: апвеллинга, волн Кельвина, топографических волн.

### **Раздел IX. Взаимодействие вод шельфа с окружающими водами.**

Морская и прибрежная границы шельфа. Механизмы взаимодействия. Нелинейность. Эффекты пограничных слоев, связанные с трением. Неустойчивость течений. Стратификация. Подводные каньоны. Шлейфы речных вод. Концепция узкого шельфа. Определение эстуария. Классификация эстуариев

#### *Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Обсудить механизмы взаимодействия вод шельфа с окружающими водами. Выделить критерии классификации эстуариев.

### **Раздел X. Математическое моделирование термохалинной структуры, циркуляции вод и ветрового волнения в прибрежной зоне**

Исходные уравнения. Начальные условия. Граничные условия.  $\sigma$  – координаты.

Разностные схемы. Расчетные сетки. Криволинейная ортогональная сетка. Триангуляция области. Неструктурированная сетка.

Численные модели. Океанические модели ROMS, FVCOM, POM, NEMO. Трехмерные модели река–море ELCIRC и SELFE. Спектральные модели ветрового волнения WAM, WAVEWATCH III, SWAN. Модель штормовых нагонов ADCIRC.

#### *Тема семинарского занятия*

Обсуждение понятий и определений. Проведение тестовых численных расчетов ветрового волнения с использованием модели SWAN. Проведение тестовых численных расчетов штормовых нагонов с использованием океанической модели ADCIRC.

## **6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

Учебная внеаудиторная работа студентов выполняется в часы, отведенные им для самостоятельной работы, и проводится с целью закрепления и углубления знаний по изучаемой дисциплине. Она предусматривает:

- изучение отдельных разделов дисциплины с использованием предлагаемой преподавателем учебной и научной литературы;
- подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских занятиях по желанию студента;
- поиск литературы и других информационных источников в библиотеках и Интернете; составление библиографии по заданной теме: подготовка аналитических обзоров, справок;
- написание научных статей и докладов; участие в научно-исследовательской работе, в разработке проектов, направленных на решение практических задач;
- участие в конференциях, олимпиадах, конкурсах, специальных творческих заданий, написание эссе по проблемным вопросам;
- подготовка к аудиторным занятиям, тематическим дискуссиям; ответы на вопросы для самопроверки; повторение учебного материала и т.д.;
- проведение численных расчетов на компьютерах.

## **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

*Примерный перечень вопросов к контрольной работе по разделам 1-5*

1. Как влияет трение о дно на приливы?



2. Какие параметры поверхностных волн изменяются при входе их на мелководье?
3. Назовите механизм образования разрывных течений?
4. Назовите механизмы формирования различных типов захваченных волн
5. При каких условиях происходит разрушение поверхностных волн в прибрежной зоне?
6. Чем отличаются механизмы формирования сейшевых колебаний в замкнутых водоемах от полузамкнутых?
7. Что понимается под рефракцией поверхностных волн?
8. Вычислить скорость и длину волны с периодом 10 с и высотой 2 м в море с глубинами 100 и 2.5 м
9. В чем заключаются различия между волнами Стокса и кноидальными волнами?
10. Что такое мода Гельмгольца?
11. Объясните принцип сохранения потенциальной завихренности
12. С помощью комплексных чисел решите задачу ветровых течений Экмана для моря конечной глубины
13. Перечислите факторы, влияющие на величину нагона

*Примерный перечень вопросов к контрольной работе по разделам 6-9*

1. Назовите типы прибрежных фронтов
2. Назовите механизмы формирования прибрежного апвеллинга
3. Назовите области сезонного и круглогодичного прибрежного апвеллинга в Мировом океане
4. Определение эстуария. Классификация эстуариев
5. Чем отличается тепловой баланс прибрежных вод от вод открытого моря?
6. Механизмы взаимодействия вод шельфа с окружающими водами
7. Апвеллинг над кромкой шельфа

## **8. Формы и содержание промежуточной аттестации**

Устный экзамен

*Примерный перечень вопросов к экзамену:*

1. Влияние мелководья на приливы и приливные течения
2. Волновой нагон. Разрывные течения
3. Географическое распространение прибрежного апвеллинга
4. Изменение параметров поверхностных волн, входящих на мелководье
5. Прибрежный апвеллинг. Классификация. Структура
6. Прибрежные захваченные волны
7. Прибрежные термохалинные фронты
8. Разрушение поверхностных волн
9. Рефракция поверхностных вод. Закон Снеллиуса
10. Сейши. Механизмы генерации. Экстремальные сейшевые колебания
11. Факторы, обуславливающие отличие прибрежных вод от вод открытых частей океанов
12. Штормовые нагоны. Модели штормовых нагонов

### **Шкала и критерии оценивания результатов обучения (РО)**

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды)	Отсутствие	Фрагмен-	Общие, но не струк-	Сформиро-

<i>оценочных средств: практические контрольные задания)</i>	знаний	тарные знания	турированные знания	ванные систематические знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) основная литература:

Боуден К. Физическая океанография прибрежных волн: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 324 с.

Вольцингер Н.Е., Клеванный К.А., Пелиновский Е.Н. Длинноволновая динамика прибрежной зоны. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 271 с.

Коровин В.П. Океанологические наблюдения в прибрежной зоне моря. – СПб: РГГМУ, 2007. – 434 с.

Рабинович А.Б. Длинные гравитационные волны в океане: захват, резонанс, излучение. – СПб: Гидрометеиздат, 1993. – 326 с.

### б) дополнительная литература:

Вольцингер Н.Е., Пясковский Р.В. Теория мелкой воды: океанологические задачи и численные методы. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 208 с.

Леонтьев И.О. Динамика прибойной зоны. – М.: ИОАН СССР, 1989. – 184 с.

Sorensen R.M. Basic Coastal Engineering. 3-d Ed. – Springer Science + Business Media, 2006. – 324 p.

### в) программное обеспечение, Интернет-ресурсы, профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

– пакеты программ для работы с картами и визуализации данных наблюдений: Golden Software Surfer, Grapher, MapViewer, Didger, ArcGis;

– Intel Fortran, Intel C++ для обработки данных наблюдения и моделирования;

– библиотеки IMSL и NAG;

– операционные системы Windows 7 и Linux;

– Microsoft Office, Open Office;

– Matlab for Windows and Linux;

– <https://odv.awi.de/>. Программа для интерактивного исследования, анализа и визуализации океанографических данных Ocean Data View;

- <http://www.teos-10.org/>. Программа для расчета физических свойств морской воды по уравнению состояния TEOS-2010;
- <http://www.esimo.ru/index.jsp>. Единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане;
- <http://www.nodc.noaa.gov/General/getdata.html>. Океанологические данные и их типы;
- <http://www.es.flinders.edu.au/~mattom/ShelfCoast/newstart.html>. Shelf and Coastal Oceanography;
- <http://www.aos.princeton.edu/WWWPUBLIC/htdocs.pom/>. POM (Princeton Ocean Model);
- <http://www.stccmop.org/CORIE/modeling/elcisc/>. ELCIRC (3D numerical circulation model for coastal margins);
- [http://www.stccmop.org/knowledge\\_transfer/software/selfe](http://www.stccmop.org/knowledge_transfer/software/selfe). SELFE (Open-source community-supported modeling system for estuarine and ocean system);
- <http://www.mi.uib.no/BOM>. BOM (Bergen Ocean Model);
- <http://swanmodel.sourceforge.net/>. SWAN (Simulating Waves Nearshore);
- <http://www.adcirc.org/>. ADCIRC (Coastal Circulation and Storm Surge Model);
- <http://fvcom.smast.umassd.edu/fvcom/>. FVCOM (The Unstructured Grid Finite Volume Community Ocean Model);
- <http://slosh.nws.noaa.gov/>. SLOSH (The Sea, Lake and Overland Surges from Hurricanes);
- <http://www.myroms.org/index.php>. ROMS (Regional Ocean Modeling System).

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

– учебная аудитория с доской, мультимедийным проектором, компьютерами и доступом в Интернет

Программа одобрена на заседании кафедры океанологии.  
 Протокол №533 от 27 ноября 2018 г.

Зав. кафедрой океанологии,  
 профессор, д.г.н., член-корр. РАН –

С.А. Добролюбов

### Разработчик(и):

Архипкин В.С.

доцент, к.г.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
 географический факультет,  
 кафедра океанологии

### Эксперт:

Самборский Т.В.

доцент, к.г.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,

географический факультет,  
кафедра океанологии