

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

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



Согласовано
Учебно-методической комиссией
факультета

« 07 » 11 2019 г. / 13
протокол № 13
[Handwritten signature]

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Взаимодействие океана и атмосферы»

по направлению подготовки 05.03.04 « Гидрометеорология»
уровня высшего образования бакалавриат
с присвоением квалификации «бакалавр»

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 «Гидрометеорология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*).

© 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

А. Цели:

– формирование базовых представлений о закономерностях процессов и явлений в атмосфере, их влиянии на океан, о процессах взаимодействия на границе океан-атмосфера в разных пространственно-временных масштабах и их роли в моделировании океана, прогнозе состояния его отдельных компонентов

Б. Задачи:

– изучение основных процессов взаимодействия океана и атмосферы в различных масштабах, географических особенностей их проявления в разных районах океанов и в морях;

– дать представление об основных методах исследования процессов взаимодействия океана и атмосферы;

– показать практическую важность взаимодействия океана и атмосферы для решения задач прогноза изменений климата, рационального использования природных ресурсов и охраны водной и воздушной сред

2. Место дисциплины в структуре ООП

А. Информация об образовательном стандарте и учебном плане:

- дисциплина включена в образовательный стандарт МГУ им. М.В. Ломоносова, ИБ – интегрированный магистр МГУ, учебный план бакалавриата;
- направление подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология»;
- профиль подготовки «Океанология», квалификация бакалавр.

Б. Информация о месте дисциплины в образовательном стандарте и учебном плане:

- вариативная часть профессионального цикла ООП;
- блок дисциплин – «Профессиональный»;
- модуль «Взаимодействие океана и атмосферы»;
- обязательный курс;
- 4 курс;
- 8 семестр

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

– дисциплины блока «Математический и естественнонаучный», дисциплины модуля «Землеведение», отдельные разделы дисциплины «Океанология», дисциплины «Физическая метеорология» и «Динамическая метеорология».

Изучение данной дисциплины способствует написанию выпускной работы.

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
---	---

<p>Владение методами исследования взаимодействия океана с атмосферой, водами суши, криосферой и литосферой (СПК- 3.Б формируется частично)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - знать особенности взаимодействия гидросферы с атмосферой на различных пространственно-временных масштабах; - уметь использовать теоретические знания для анализа и интерпретации данных о параметрах взаимодействия океана и атмосферы, результатов математического моделирования, данных, доступных через сеть Интернет в международных климатических базах данных, при решении задач прогноза изменений климата, рационального использования природных ресурсов и охраны водной и воздушной сред; - владеть современными методами океанологических исследований и математического моделирования, знанием основных принципов численного моделирования процессов взаимодействия, методиками расчетов основных параметров взаимодействия океана и атмосферы (потоков импульса, тепла, пресной воды, основных газов)
--	---

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Общая аудиторная нагрузка – 36 часов, в т.ч. лекции – 36 часов и семинары – 12 часов.

Объем самостоятельной работы студентов – 60 академических часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая СРС и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа		СРС	
				лекции	семинары		
1	Океан и атмосфера как компоненты глобальной климатической системы	8	1	2	2	5	Устный опрос
2	Радиационной баланс поверхности океана	8	2–3	6	2	5	Устный опрос
3	Структура планетарного пограничного слоя атмосферы и океана	8	4-5	6	2	5	Контрольная работа
4	Газообмен	8	6–7	6	2	5	Устный опрос
5	Системы и модели термодинамического взаимодействия	8	8–9	6	2	5	Устный опрос
6	Синоптическая и климатическая изменчивость основных характеристик взаимодействия океана и атмосферы	8	10–12	10	2	7	Устный опрос
	Промежуточная аттестация					28	Экзамен
	Итого			36	12	60	

5. Содержание дисциплины

Содержание лекций

Раздел 1. Океан и атмосфера как компоненты глобальной климатической системы. Взаимодействие звеньев системы. Прямые и обратные связи. Масштабы процессов взаимодействия океана и атмосферы. Основные энергетические потенциалы Земли. Оценки энергий для внешних и внутренних источников. Баланс энергии на внешней границе атмосферы. Солнечная постоянная, ее вариации. Преобразование радиации в атмосфере. Роль облачности, аэрозолей, CO₂ в поглощении, рассеянии и отражении радиации.

Темы семинарских занятий:

1. Дать оценку энергий для внешних и внутренних источников
2. Оценить роль облачности, аэрозолей, CO₂ в поглощении, рассеянии и отражении радиации

Раздел 2. Радиационный баланс поверхности океана. Альbedo системы Земля – атмосфера и распределение суши и океанов. Обмен энергией на границе атмосфера–океан. Радиационный обмен. Поток лучистой энергии и его трансформации. Радиационная энергетика облачной атмосферы. Лед и облачный покров как энергетические экраны. Термодинамически и оптически активные компоненты атмосферы. Их регулирование океаном. Понятие о радиационном равновесии. Механизмы теплового саморегулирования системы. Тепловой баланс системы Земля–атмосфера. Сравнение теплового баланса и температуры планет.

Радиационный баланс океана. Длинноволновая и коротковолновая радиация в океане. Альbedo поверхности океана. Методы оценки радиационных потоков на поверхности воды. Тепловой баланс океана. Контактный теплообмен и обмен скрытым теплом водяного пара. Соотношение Боуэна. Расчет составляющих теплового баланса. Проблема построения климатологией взаимодействия океана и атмосферы. Основные источники данных о состоянии границы раздела – попутные наблюдения, спутниковые измерения и реанализы. Проблемы случайных ошибок и оптимальной интерполяции.

Основные методы коррекции оценок теплового баланса. Глобальное распределение потоков тепла через поверхность океана.

Цикл трансформации энергии. Понятие природной тепловой машины. Коэффициент полезного действия. Конвективные ячейки разных масштабов как результат тепло и влагообмена в системе океан - атмосфера, влияние силы Кориолиса: радиус деформации и другие масштабы локализации движений во вращающейся системе. Лабораторные опыты и математические модели конвекции. Критерии подобия.

Темы семинарских занятий:

1. Дать определение радиационного баланса поверхности океана
2. Показать механизмы теплового саморегулирования системы
3. Написать соотношение Боуэна
4. Изучить методы оценки радиационных потоков на поверхности воды

Раздел 3. Структура планетарного пограничного слоя атмосферы и океана. Его составные части. Математические модели. Передача механического воздействия ветра водной поверхности через давление и напряжение сдвига. Механизмы возникновения разного вида волн (капиллярных, гравитационных, потенциально-вихревых). Возникновение орбитальных движений под действием пульсирующего давления. Резонансный, индуцированный и модуляционный механизм взаимодействия при передаче энергии волнам. Последствия условия прилипания на границе вода – воздух.

Модели с переменной вязкостью. Эффект сложения скоростей. Роль волнового переноса. Вертикальные движения в области барических систем и вблизи берега.

Баланс турбулентной энергии в приводном слое воздуха. Слой постоянства потоков. Параметризации потоков тепла, влаги и импульса на поверхности океана. Обмен энергией в условиях сильных штормов и при штиле. Нетурбулентные механизмы обмена энергией. Зависимость потоков на поверхности от характеристик ветрового волнения.

Свободная (термическая) конвекция в атмосфере и термохалинная конвекция в океане. Особенности конвективного теплообмена на разных широтах. Вынужденная конвекция. Формирование ветрового перемешанного слоя. Роль волнения. Коэффициенты обмена. Вертикальный перенос свойств. Модель процесса при ограниченной глубине места.

Динамические процессы в пограничном слое океана. Слой Экмана. Экмановская накачка тепла. Апвеллинг. Уровень под действием атмосферного давления и ветра. Анемобарические волны.

Морской лед как продукт взаимодействия атмосферы и океана.

Темы семинарских занятий:

1. Назвать основные составные части планетарного пограничного слоя атмосферы и океана
2. Перечислить механизмы возникновения разного вида волн

Раздел 4. Газообмен. Лабораторные опыты и математические модели. Зависимость обмена от молекулярных свойств газа. Глобальный обмен кислородом и углекислым газом. Обмен влагой, солями и взвесями. Динамические процессы в пограничном слое океана. Слой Экмана.

Наблюдения и модели. Понятие эффективного вертикального потока массы. Его географическое распределение. Изотопное фракционирование при испарении.

Пленки загрязнения на поверхности океана, их влияние на физику процессов в пограничном слое океан–атмосфера. Географическое распределение и тенденции изменений, мониторинг.

Темы семинарских занятий:

1. Описать зависимость газообмена от молекулярных свойств газа
2. Дать характеристику глобального обмена кислородом и углекислым газом
3. Дать определение эффективного вертикального потока масс
4. Объяснить изотопное фракционирование при испарении
5. Оценить влияние пленки загрязнения на поверхности океана на физику процессов в пограничном слое

Раздел 5. Системы и модели термодинамического взаимодействия. Балансовое уравнение толщины и температуры верхнего перемешанного слоя.

Универсальные кривые сезонного термоклина в безразмерных координатах. Их использование в модели взаимодействия и оперативных прогнозах параметров верхнего слоя океана. Примеры моделирования.

Схема крупномасштабного взаимодействия и энергоактивные зоны. Схема взаимодействия при урагане. Баланс энергии в циркуляционных системах океана. Основы крупномасштабного районирования океана по циклам взаимодействия.

Временные циклы взаимодействия. Устойчивость и колебательные процессы. Моделирование вековых колебаний в системе льды–океан–атмосфера. Явление Эль-Ниньо – Южное Колебание и его прогноз. Северо-Атлантическое колебание и его роль в климате Европы. Возможности климатических изменений при антропогенном воздействии на процессы обмена.

Темы семинарских занятий:

1. Написать балансовое уравнение толщины и температуры верхнего перемешанного слоя
2. Нарисовать универсальные кривые сезонного термоклина в безразмерных координатах
3. Привести примеры моделирования температуры воды
4. Показать схему крупномасштабного взаимодействия
5. Описать понятия устойчивость и колебательные процессы
6. Описать явление Эль-Ниньо – Южное Колебание

Раздел 6. Синоптическая и климатическая изменчивость основных характеристик взаимодействия океана и атмосферы. Понятие о циклогенезе в средних широтах. Обмен энергией на океанских фронтах. Крупномасштабные закономерности изменчивости характеристик энергообмена (тропики, средние широты, полярные области), ее региональные особенности в океанах и морях.

Темы семинарских занятий:

1. Описать понятие о циклогенезе в средних широтах
2. Привести характеристику обмена энергией на океанских широтах
3. Описать крупномасштабные закономерности изменчивости характеристик энергообмена

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Самостоятельная работа студентов проводится с целью закрепления и углубления знаний по изучаемой дисциплине. Она предусматривает:

- изучение разделов дисциплины с использованием предлагаемой преподавателем учебной и научной литературы;
- подготовку к семинарам, тематическим дискуссиям; ответы на вопросы для самопроверки; повторение учебного материала и т.д.;
- поиск литературы и других информационных источников; составление библиографии по заданной теме, подготовку аналитических обзоров.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Примерный перечень вопросов к устным опросам:

1. Масштабы процессов взаимодействия океана и атмосферы
2. Изменчивость уровня моря в зависимости от атмосферного давления
3. Дать определение природной тепловой машины
4. Описать цикл трансформации энергии
5. Показать влияние ветровых волн на альбедо океана
6. Особенности конвективного теплообмена на разных широтах
7. Изучить динамические процессы в пограничном слое океана
8. Показать роль волнового переноса
9. Описать параметризацию потоков тепла, влаги и импульса на поверхности океана
10. Дать определение энергоактивных зон

Примерный перечень вопросов к контрольным работам:

1. Понятие природной тепловой машины
2. Свободная (термическая) конвекция в атмосфере и термохалинная конвекция в океане
3. Явление Эль-Ниньо – Южное Колебание и его прогноз

4. Северо-Атлантическое колебание и его роль в климате Европы
5. Морской лед как продукт взаимодействия атмосферы и океана
6. Радиационный баланс океана

8. Формы и содержание промежуточной аттестации

Устный экзамен

Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Передача энергии ветра волнам. Теории процесса и их применимость к разным стадиям развития волн.
2. Балансовое уравнение переноса. Примеры источников и стоков. Способы их задания и расчета.
3. Структуры морских течений, вызываемых ветром при разных условиях взаимодействия.
4. Учет взаимодействия океана и свободной атмосферы в модели ИОРАН.
5. Бюджет энергии в верхнем квазиоднородном слое океана. Поток плавучести и импульса.
6. Структура планетарного пограничного слоя атмосферы.
7. Радиационный обмен в системе океан-атмосфера, трансформация и поглощение потоков лучистой энергии.
8. Вертикальные движения воды в зонах барических атмосферных систем.
9. Тепловые машины атмосферы и океана. Формирование фронтальных систем.
10. Причины возникновения холодной пленки на поверхности океана. Ее динамика, физические, химические и биологические характеристики, антропогенные загрязнения.
11. Процессы солеобмена на границе океана и атмосферы.
12. Теплообмен с атмосферой моря конечной глубины.
13. Процессы газообмена океана и атмосферы. Кислород и углекислый газ.
14. Структура деятельного слоя океана. Ее сезонные, синоптические и суточные изменения.
15. Генерация и распространение планетарных волн.
16. Балансовое уравнение переноса. Задание граничных условий.
17. Динамика волн на границе волнового поля.
18. Свободная конвекция на поверхности океана.
19. Влияние загрязнений морской поверхности на радиационный обмен.
20. Вынужденная конвекция на поверхности океана.
21. Влияние загрязнений морской поверхности на массообмен океана и атмосферы.
22. Модели формирования верхнего квазиоднородного слоя океана.
23. Численное моделирование процессов взаимодействия. Критерии устойчивости. Феномен схемной вязкости.
24. Влияние ледяного покрова на процессы теплообмена. Проникновение радиации через лед.
25. Крупномасштабное взаимодействие океана и атмосферы на примере северной части Атлантического океана.

Шкала и критерии оценивания результатов обучения (РО)

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: устный)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематиче-

<i>опрос)</i>				ские знания
Умения (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 непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (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:

1. Лаппо С.С., Гулев С.К., Рождественский А.Е. Крупномасштабное тепловое взаимодействие в системе океан-атмосфера и энергоактивные области Мирового океана. Л.: Гидрометеоиздат, 1990
2. Полонский А.Б. Роль океана в изменениях климата. Киев: Наукова думка, 2007
3. География. Общество, окружающая среда. Т.6. Динамика и взаимодействие атмосферы и гидросферы //Ред. Н.И.Алексеевский, С.А.Добролюбов. М.: Городец, 2004.

б) дополнительная:

1. Краус Е. Взаимодействие океана и атмосферы. Л.: Гидрометеоиздат, 1976
2. Гилл А. Динамика атмосферы и океана. В 2-х томах. М.: Мир, 1986
3. Перри А.Х., Уокер Дж. М. Система океан-атмосфера. Л.: Гидрометеоиздат, 1979

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, ArcGis;
- Intel Fortran для обработки данных наблюдения и моделирования;
- библиотека IMSL;
- операционные системы Windows 7 и Linux;
- Microsoft Office, Open Office;
- Matlab for Windows and Linux;
- программа для интерактивного исследования, анализа и визуализации океанографических данных Ocean Data View;
- единая государственная система информации об обстановке в Мировом океане <http://www.esimo.ru/index.jsp>;
- модели циркуляции в океане и атмосфере http://stommel.tamu.edu/~baum/ocean_models.html;
- океанологические данные и их типы <http://www.nodc.noaa.gov/General/getdata.html>;
- данные спутниковой альтиметрии <http://www.aviso.oceanobs.com/en/data/index.html>;
- построение карт изменений климата <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/maps/>.

