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

**Географический факультет**

«Утверждено»

Чл.-корр. РАН С.А. Добролюбов

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

Согласовано

Учебно-методической комиссией

факультета

«\_\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2017 г.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

# «Климат: прошлое, настоящее, будущее»

Межфакультетский курс

**1.Цели и задачи освоения дисциплины**

**Целями** освоения дисциплины является развитие представлений о климате, его изменениях, реакции окружающей среды на изменения климата, о роди климата в формировании среды обитания человека.

Задачи освоения дисциплины:

* дать представления о методах климатологии как научно-прикладной дисциплины, находящейся на стыке географии, геофизики, астрономии, математики.
* Дать представление об антропогенном изменении климата
* Дать представление о методах глобального мониторинга и описать основные источники климатической информации
* Дать представление о методах моделирования климата и охарактеризовать прогноз климата на 21 век.

**2.Место дисциплины в структуре ООП**

Изучение курса "Климат: прошлое, настоящее, будущее" базируется на том общенаучно-культурном уровне, который характерен для студентов МГУ.

**3.Требования к результатам освоения дисциплины**

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

***Знать:***

* основные характеристики климата;
* особенности получения информации климатического характера
* основы физики климатических изменений
* особенности реакции окружающей среды и климатически зависимых отраслей экономики на изменения климата

***Уметь:***

* Диагностировать состояние климата
* Оценивать климатически обусловленные природные ресурсы

***Владеть:***

* Информацией о состоянии климата и изменениях климата

**4.Структура и содержание дисциплины**

**Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая аудиторная нагрузка – 30 часов.

**5. Содержание дисциплины**

**Введение.** Цель курса и его содержание. Современные методы исследования в данной области. Возможности мониторинга изменений климата. Методы палеоклиматических реконструкций. Последствия изменений климата: природная среда, природные ресурсы и экономика, экология и здоровье, цивилизации. Деятельность экспертов Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – Отчеты IPCC. Сайты.

**Тема 1.** Глобальный климат и климатическая система. Глобальные изменения климата в прошлом и настоящем. Солнечная радиация, приходящая к Земле. Бюджет энергии и углового момента планеты Земля. Парниковый эффект. Изменения климата и углеродный цикл. Роль биоты.

**Тема 2.** Климаты прошлого. Дивергенция климатов на планетах Марс, Земля, Венера. Экзопланеты. Проблема внеземной жизни как проблема климатологии.

**Тема 3.**Основные моды изменчивости климатической системы. Теория Миланковича. События Хайнриха и Дансгора-Оешгера. Изменения углеродного цикла. Физика изменений состояния климатической системы на различных масштабах изменчивости.

**Тема 4.**Современные изменения климата. Маленький ледниковый период и средневековое потепление. Климат 20-21 веков. Антропогенное влияние на климат. Реакция окружающей среды на изменения климата.

**Тема 5.**Модели климата. Математическое (компьютерное) моделирование климата. Сценарии климатических воздействий. Прогноз климата для различных сценариев. Подходы к прогнозированию климатически обусловленных природных ресурсов. Международные протоколы и «геоинженеринг»: технологии «спасения» климата

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

Самостоятельная работа студентов организуется с использованием предлагаемой преподавателем учебной и научной литературы по темам разделов дисциплины.

Самостоятельная работа студентов заключается в проработке материала лекций.

Учебная внеаудиторная деятельность, выполняемая в часы, отведенные студенту для самостоятельной работы, проводится с целью закрепления и углубления знаний по дисциплине.

**7. Формы и содержание промежуточной аттестации**

**Зачет**

***Примерный перечень вопросов к зачету***

1. Общие закономерности изменений климата за 0,5 млрд. лет
2. Общие закономерности изменений климата в кайнозойской эре
3. Изменения климата в плиоцене – плейстоцене
4. Изменения климата в голоцене
5. Изменения климата за последние ~1,5 тыс. лет
6. Изменения климата за последние 100 лет
7. Изменения климата в будущем (21 век)
8. Коллапс древней цивилизации Аккад и изменения климата
9. Распреснение Северной Атлантики и изменения климата
10. Антропогенно обусловленные изменения концентрации в атмосфере парниковых газов
11. Связь солнечной активности и светимости. Минимум Маундера.
12. Парниковый эффект и климат
13. Метод климатического прогноза
14. Геоинженеринг: воздействие на стратосферный аэрозоль
15. Геоинженеринг: воздействие на содержание СО2 в атмосфере
16. Геоинжиниринг для борьбы с потеплением климата
17. Изменения климата и изменение уровня океана
18. Изменения климата и изменение горного оледенения
19. Изменения климата и ледниковый покров Антарктиды
20. Изменения климата и ледниковый покров Гренландии
21. Эволюция ледниковых щитов в последние ~30 тыс. лет
22. События Дансгора – Оешгера (DO)
23. События Хайнриха (H)
24. Вулканизм и климат
25. Событие «маленький ледниковый период» (LIA)
26. Событие «средневековая аномалия климата» (МСА)
27. Ледниковые и межледниковые стадии
28. 100 000-летний цикл климата
29. 41 000 и 20 000 - летние циклы Миланковича
30. Прогноз изменений уровня океана в 21 веке
31. Прогноз изменений температуры Мирового океана и ледового режима в 21 веке
32. Прогноз изменений климата и изменения состояния многолетнемерзлых пород
33. Изменения климата и тропические ураганы (тайфуны)
34. Подходы к моделированию климата
35. Роль антропогенных и естественных факторов в изменении климата 20-21 века
36. Особенности климата конца 21 века (результаты прогноза)
37. Потеплении климата 21 века: потенциальные изменения с/х России
38. Потеплении климата 21 века: потенциальные изменения в ЖКХ России
39. Потеплении климата 21 века: потенциальные изменения в строительном комплексе Арктики
40. Потеплении климата 21 века: потенциальные изменения в судоходстве в Арктике

**9. Примерный перечень лекций.**

Лекция 1

* Традиционная климатология как часть метеорологии. Классификации климата.
* Представления о глобальных изменениях климата. Геология. Четвертичная геология и палеогеография. Оледенения. Морские террасы и уровень мирового океана. Морские отложения.
* Глобальное потепление – основной современный природный процесс. Изменения в океане, ледниках и др.
* Новая климатология – синтетическая наука. Задачи: мониторинг, теория, прогноз.
* Энергетика климатической системы. Солнечная радиация. Парниковый и альбедный эффекты.
* Последствия изменений климата: природные ресурсы и экономика, экология и здоровье, цивилизации и изменения климата.

Лекция 2

* Изменчивость: представлены все масштабы
* Определение понятия *климат*
* Подходы к моделированию климата.
* Структура климатической системы: Атмосфера

Лекция 3

* Структура климатической системы: Мировой океан
* Структура климатической системы: Криосфера
* Совместное функционирование климатической системы и углеродного цикла
* Роль Биоты. Гипотеза Геи. «Мир маргариток».

Лекция 4

* Климат – планетарный режим - планеты: различия и сходства.
* Зависимость инсоляции от расстояния до Солнца. Эволюция светимости. Дивергенция климатов на планетах Марс, Земля, Венера.
* Комфортность для жизни. Жидкая вода (Земля). Возможность жизни кроме Земли в Солнечной системе. Марс. Энцелад.
* Экзопланеты.

Лекция 5

* Методы палеореконструкций.
* Долгопериодные крупные колебания климата на протяжении истории Земли.
* Плиоцен (~38 - 4 млн лет назад).
* Плейстоцен: оледенения/межледниковья, морские изотопные стадии.
* Позднеплейстоценовое похолодание. События DO и Н. LGM и стадия «низкого стояния Мирового океана».
* Завершение оледенения: события OD, YD, B/A, H1, ACR.
* Голоцен.

Лекция 6

* Климатическое событие «Молодой Дриас» (YD)
* Голоцен: общий ход температуры
* Климат последних двух тысяч лет: Средневековая теплая эпоха – Малый ледниковый период
* Проявление в разных регионах и глобальный взгляд
* Причины изменений климата, происходивших за последние 2000 лет в доиндустриальную эпоху

Лекция 7

* Схема моделирования климата, структура компьютерной модели.
* Подходы к моделированию атмосферы и океана: уравнения Навье – Стокса и уравнения Рейнольдса
* Уравнения атмосферной (океанской) циркуляции и численные методы решения
* Модель поверхности суши.
* Качество моделирования

Лекция 8

* Моделирование климата: ансамбли, верификация (реанализ).
* Международные проекты по моделированию климата – СМIP, PMIP, AMIP
* Пример обращения к выходным модельным файлам
* Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) – 5-й Отчет Межправительственной группы экспертов

Лекция 9

* Изменение климата: контроль внешних факторов и статистическое приспособление
* Осциллятор. Притягивающие множество. Устойчивость/неустойчивость
* Зависимость динамики от параметров: бифуркации, гистерезис, структурная неустойчивость. Теория катастроф.
* Шум. Явление «переброса». Стохастический резонанс. Эффекты синхронизации.

Лекция 10

* Эмпирические данные о колебаниях в плейстоцене. Температура. СО2. Спектры.
* Астрономическая теория.
* Обратные связи Т с СО2.
* Переброс – стохастический резонанс – запаздывающий осциллятор – основа концепции
* Моделирование событий «mid-Holocene» LGM. CMIP5.
* Моделирование изменений климата за период плейстоцена

Лекция 11

* Климат последних двух тысяч лет: Средневековая теплая эпоха – Малый ледниковый период
* Изменения (и изменчивость) климата в индустриальную эпоху
* Изменения СО2
* Роль различных факторов в изменениях климата
* Моделирование изменений климата в индустриальную эпоху

Лекция 12

* Воспроизводимость климата при моделировании: глобальный и региональный аспект
* Сценарии: концентрации, выбросы парниковых газов, аэрозолей, солнечной радиации и др.
* Климат 21 века

Лекция 13

* Климатически обусловленные природные ресурсы: прогноз на 21 век
* Уязвимость и риски климатических изменений
* Международные протоколы: киотский и парижский. Геоинженеринг: технологии «спасения» климата

**10.Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

*а) основная литература:*

Кислов А.В. Климатология с основами метеорологии. *Москва*, *Академия,* 2016. 240 с.

*б) дополнительная литература:*

Кислов А.В., Суркова Г.В. Климатология. *Москва*, *ИНФРА-М,* 2016. 324 с

*в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы*

<http://www.meteoinfo.ru/> - сайт ФГБУ “Гидрометцентр России”.

<http://www.ipcc.ch/> - сайт Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

<https://www.climate.gov/> - сайт NOAA (USA)

**10. Материально-техническое обеспечение дисциплины.**

Учебная аудитория с мультимедийным проектором для проведения лекционных и семинарских занятий с доступом в Интернет.

**Программа одобрена на заседании кафедры метеорологии и климатологии**

Протокол № 608 от 18 апреля 2017 г.

Зав. кафедрой метеорологии и климатологии

д.г.н., профессор А.В. Кислов \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

**Разработчик***:*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кислов А.В. | д.г.н.,  профессор | МГУ имени М.В.Ломоносова,  географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии |

**Эксперт:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Семенов Е.К. | д.г.н., профессор | МГУ имени М.В.Ломоносова,  географический факультет, кафедра метеорологии и климатологии |