

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова
Географический факультет**

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
член-корр. РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
КЛИМАТОЛОГИЯ С ОСНОВАМИ МЕТЕОРОЛОГИИ**

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направления подготовки:
**05.03.02 «География», 05.03.03 «Картография и геоинформатика», 05.03.04
«Гидрометеорология», 05.03.06 «Экология и природопользование»**

Направленности (профили) ОПОП:
все направленности (профили)

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 13, дата 20 декабря 2021 г.)

Москва 2021

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «География» «Картография и геоинформатика», «Гидрометеорология», «Экология и природопользование».

ОС МГУ утверждены решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована без разрешения факультета.

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП — относится к базовой части ОПОП, является обязательной для освоения.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях географии, математики, физики и химии в объеме средней школы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
Для направления подготовки 05.03.02 «География» ПК-1 (формируется частично) Способность формулировать задачи научного исследования в области гидрометеорологии, реферировать научные труды, составлять аналитические обзоры накопленных сведений в мировой науке	Использует базовые знания в области климатологии и метеорологии для решения научно-исследовательских задач	Знать: строение атмосферы, состав атмосферного воздуха, пространственно-временное распределение на Земном шаре метеорологических величин, физические механизмы изменений климата, современные подходы к прогнозу погоды и климата; Уметь: иметь представления о климатической системе, взаимоотношении глобального и локальных климатов, процессах климатообразования, системах классификации климатов, изменениях климата в прошлом, закономерностях современного потепления климата, прогнозируемых изменениях климата; Владеть: стандартными метеорологическими приборами и навыками простейших метеорологических наблюдений; методами анализа первичной метеорологической информации с использованием ежедневных синоптических карт и спутниковых снимков, информацией, содержащейся в базах данных.
Для направления подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология» ПК-2 (формируется частично) Владение методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств		

<p>Для направления подготовки 05.03.06 «Экология и природопользование» ПК-3 (формируется частично) Способность применять методы организации гидрометеорологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, оценивать влияние гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли хозяйства (в соответствии с направленностью (профилем) программы бакалавриата)</p>		
<p>05.03.03 «Картография и геоинформатика» ПК-1 (формируется частично) Способность формулировать задачи научного исследования в области гидрометеорологии, реферировать научные труды, составлять аналитические обзоры накопленных сведений в мировой науке</p>		

4. Объем дисциплины (модуля) 3 з.е., в том числе 72 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 36 академических часов на самостоятельную работу обучающихся.

5. Формат обучения не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.).

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы*</i>			Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>	
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Всего	Работа с литературой (включая подготовку к контрольной работе)	Всего
Темы 1-4	31	12	11	23		8
Темы 5-8	31	12	11	23		8
Темы 9-12.	32	12	12	24		8
Текущая аттестация: Контрольная работа	10		2	2		8
Промежуточная аттестация:	4	Устный экзамен			4	
Итого	108	36	36	72		36

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Тема 1. Определение задач климатологии и метеорологии.

Климатология и метеорология. Погода и климат. Климатическая система «атмосфера – океан –суша – криосфера - биосфера». Прогноз погоды и климата. Экстремальные гидрометеорологические явления.

Тема 2. Состав и строение атмосферы.

Атмосфера: состав, плотность, давление, температура. Газовые и аэрозольные примеси в воздухе, озон. Водяной пар в воздухе. Фазовые переходы. Основные слои атмосферы и их особенности. Воздушные массы и фронты.

Тема 3. Радиация в атмосфере.

Основы теории радиации. Распределение энергии в спектре Солнца.

Пропускание радиации и отражение. Суммарная радиация, Альбедо.

Светимость Солнца и солнечная активность. Солнечная постоянная.

Парниковый эффект.

Радиационный баланс земной поверхности.

Радиационный баланс на внешней границе атмосферы.

Тема 4. Термический режим. Тепловой баланс.

Термический режим.

Поток явного тепла. Коэффициент турбулентности.

Уравнение теплового баланса деятельного слоя земной поверхности.

Тема 5. Вода в атмосфере. Облака. Осадки.

Вода в атмосфере.

Испарение. Поток скрытого тепла.

Облака. Осадки.

Тема 6. Комфортность погоды и климатических условий. Городская климатология.

Понятие комфортности. Индексы комфортности/дискомфортности погоды и климата. Современные методы моделирования комфорта.

Городская климатология.

Климатические ресурсы.

Тема 7. Барическое поле и циркуляционные системы атмосферы. Турбулентность.

Барическое поле и ветер. Порывистость ветра. Турбулентность.

Силы, действующие в атмосфере: сила тяжести, сила горизонтального барического градиента, отклоняющая сила вращения Земли, сила трения. Геострофический ветер, градиентный ветер.

Циркуляционные системы атмосферы. Циклоны и антициклоны. Фронты в атмосфере. Условия погоды на фронтах.

Общая циркуляция атмосферы. Муссоны. Пассаты. Ураганы. Циклогенез внетропической зоны. Сезонные изменения циркуляции и нерегулярные осцилляции: Северо-Атлантическое колебание, Осцилляция Маддена-Джулиана, Южное колебание.

Местные ветры. Бризы. Горно-долинные ветры. Ледниковые ветры. Фен. Бора. Шквалы. Смерч.

Тема 8. Классификации климатов.

Классификации климатов Алисова, Кеппена и Берга.

Тропические климаты.

Климаты внетропических широт.

Тема 9. Моделирование. Прогноз погоды. Реанализ.

Технология прогнозирования погоды.

Моделирование климата.

Базы данных реанализа.

Тема 10. История климата Земли в последние ~0.5 млрд. лет. Современное глобальное потепление.

Изменение климата на протяжении истории Земли.

Климат плейстоцена и голоцена. Астрономическая теория: «Мир 41» и «Мир 100».

События Дансгора – Оэшгера и Хайнрика.

Климат голоцена.

Климат последнего тысячелетия.

Климат в последние ~150 лет.

Тема 11. Концептуальный подход к пониманию причин изменений климата.

Примеры изменений, происходящих в климатической системе.

Понятие о динамической системе. Стационарное состояние. Устойчивость/неустойчивость системы к малым возмущениям, структурная неустойчивость. Бистабильная система. Явление «переворот». Белый и красный шум.

Интерпретация изменений климата с позиции динамики сложных систем.

Тема 12. Прогноз климата на 21 век. Парижский протокол. Геоинжиниринг.

Социально-экономические сценарии и эмиссии парниковых газов. Сценарии SRES, RCP SSP. Прогноз климата на 21 век.

Прогноз климатически обусловленных природных ресурсов.

Киотский и Парижский протоколы. Углеродная нейтральность.

Геоинжиниринг.

Содержание семинаров

На семинарах проводится обсуждение вопросов в соответствии с вышеперечисленными темами и разделами дисциплины, а также выполняются задачи метеорологического (лабораторного) практикума

Во время семинаров студенты выполняют практические работы по следующим темам.

1. Организация метеорологических наблюдений в России и на земном шаре. Знакомство со структурой метеорологической сети, объемом и сроками метеорологических наблюдений. Ознакомление с работой метеорологической станции.

2. Знакомство с измерениями и выполнение измерений метеорологических величин в лабораторных условиях: атмосферного давления, температуры, влажности воздуха, ветра, облачности, радиации, осадки и снежного покрова.

3. Приземная карта погоды, техника ее составления и анализа. Разновидности приземных карт погоды, проведение изобар, выделение центров циклонов и антициклонов, «поднятие» явлений погоды и проведение атмосферных фронтов.

4. Электронные базы климатических данных. Климатические справочники, атласы. Составление графиков годового хода основных метеорологических элементов и анализ построенных графиков. Исследование межгодовой изменчивости. Исследование особенностей будущего климата (на основе прогностических данных).

7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю):

Текущая аттестация. Контрольная работа

Примерный перечень вопросов для контрольной работы

1. Структура метеорологической сети, объемы и сроки метеорологических наблюдений.
2. Методы измерений, осуществляемые на метеорологических станциях и определение атмосферного давления, температуры, влажности воздуха, ветра, облачности, радиации, осадки и снежного покрова.
3. Приземные карты погоды, техника составления и анализа.
4. Климатические справочники, атласы. Составление графиков годового хода основных метеорологических элементов и анализ построенных графиков.
5. Электронные базы климатических данных. Исследование межгодовой изменчивости. Исследование особенностей будущего климата (на основе прогностических данных).

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – экзамен (в устной форме).

Примерный перечень вопросов для экзамена

1. Состав воздуха у земной поверхности и его изменения с высотой. Водяной пар и его распределение в атмосфере.
2. Внетропические циклоны и антициклоны: возникновение, эволюция, перемещение. Погода в циклонах и антициклонах.
3. Распределение озона в атмосфере. Стратосферный озон.
4. Бора, горный ветер и фен: общие черты циркуляционных систем и различия
5. Температура воздуха, географическое распределение температуры, суточный и годовой ход температуры.
6. Прогнозируемое состояние климата и окружающей среды в XXI в.
7. Строение атмосферы: основные слои и их характеристики.
8. Прямая, рассеянная, суммарная радиация, отраженная и поглощенная радиация.

9. Атмосферный аэрозоль. Ядра конденсации.
10. Характеристика климатов экваториального пояса по классификации Б.П.Алисова.
11. Барометрическая формула. Барическая ступень. Вертикальный барический градиент.
12. Характеристика климатов тропического пояса по классификации Б.П.Алисова.
13. Солнечная постоянная. Солнечная постоянная при разном состоянии солнечной активности. Инсоляция на внешней границе атмосферы.
14. Характеристика климатов умеренного пояса по классификации Б.П.Алисова.
15. Северо-Атлантическая осцилляция.
16. Характеристика субэкваториальных климатов по классификации Б.П.Алисова. Циркуляционная система муссона Гвинейского залива.
17. Эль-Ниньо Южное колебание
18. Малый ледниковый период: генезис события и состояние природной среды в эту эпоху
19. Характеристика субэкваториальных климатов по классификации Б.П.Алисова. Циркуляционная система индийского муссона.
20. Теплое событие средневековья: генезис и состояние природной среды в эту эпоху
21. Распространение радиации в атмосфере: рассеяние и поглощение, уравнение Бугера – Ламберта – Бера.
22. Классификация климатов В.Кеппена: принципы построения.
23. Излучение земной поверхности, нисходящее излучение атмосферы, парниковый эффект.
24. Снежный покров, морской лед: их роль в климатической системе. Снеговая линия.
25. Радиационный баланс земной поверхности и его географическое распределение.
26. Глобальное потепление и изменения климатически обусловленных природных ресурсов в XX и XXI вв.
27. Тепловой баланс земной поверхности.
28. Молодой Дриас: генезис события и состояние природной среды в эту эпоху.
29. Облака. Облачные системы фронтов. Облака вертикального развития. Грозовая деятельность.
30. Особенности климата плиоцена («Мир 41») и плейстоцена («Мир 100»)
31. Баланс сил в горизонтальной плоскости, действующих на воздух в пограничном слое атмосферы. Сходимость/расходимость воздушных течений и вертикальные движения в циклонах и антициклонах.
32. Глобальное потепление и рост уровня Мирового океана в XX и XXI вв.
33. Турбулентный поток явного тепла у земной поверхности и его географическое распределение.
34. Виды прогнозов погоды. Предел детерминированной предсказуемости и практическая предсказуемость.
35. Испарение от подстилающей поверхности в атмосферу. Транспирация. Поток скрытого тепла у земной поверхности и его географическое распределение.

36. Колебания климата в плейстоцене.
37. Географическое распределение значений годовой амплитуды температуры воздуха. Континентальность климата.
38. Осцилляция Маддена-Джулиана
39. Осадки, их образование, географическое распределение сумм осадков.
40. Принципы прогнозирования климатов будущего. Сценарии SRES и RCP+SSP.
41. Туман, дымка, мгла, смог: условия образования.
42. Технология прогнозирования погоды
43. Скорость и направление ветра. Суточный ход ветра. Порывистость ветра. Турбулентность.
44. Стратегия адаптации к климатическим изменениям и идеи геоинжиниринга для управления глобальным климатом.
45. Силы в горизонтальной плоскости, действующие на воздух в свободной атмосфере. Геострофический ветер.
46. Антропогенная обусловленность и естественные факторы изменений климата XX и XXI вв.
47. Сравнительная характеристика природно-климатических условий голоцена и позднплейстоценовой ледниковой эпохи
48. Циркуляционные системы разного масштаба. От общей циркуляции до мелкомасштабной турбулентности.
49. Воздушные массы и фронты. Фронт и струйное течение.
50. Микроклимат леса, горной территории и большого города.
51. Схема общей циркуляции атмосферы. Сезонный ход системы циркуляции.
52. Характеристика климатов субарктического и субантарктического поясов по классификации Б.П.Алисова.
53. Циклогенез в тропических широтах: волны в атмосфере, депрессии, штормы, ураганы. Погода в урагане (тайфуне).
54. Циклы Дансгора – Оешгера и события Хайнриха.
55. Внетропические циклоны и антициклоны: возникновение, эволюция, перемещение. Погода в циклонах и антициклонах.
56. Характеристика климатов арктического и антарктического поясов по классификации Б.П.Алисова.
57. Пассаты. Пассатная инверсия. Внутритропическая зона конвергенции (ВЗК). Погода зон пассатов и ВЗК.
58. Глобальное потепление и изменения криосферы в XX и XXI вв.
59. Местные ветры: бризы и горно-долинные ветры.
60. Географическое распределение суммарной радиации.
61. Уравнение Шварцшильда
62. Понятие о термическом комфорте населения
63. Циркуляционная система тропического муссона юго-восточной Азии.
64. Климат города. Городской остров тепла.

Шкала и критерии оценивания

Оценка	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
РО и соответствующие виды оценочных средств				
Знания (виды оценочных средств: устный опрос, тестирование)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: практические 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
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: практические задания)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература

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

Константинов П.И. Инновационная практика по метеорологии и климатологии. 2014.

Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. 5, 6, 7-е изд. перераб. и доп. Изд. МГУ, 2010

Сорокина В.Н., Гущина Д.Ю. География климатов. Изд-во МГУ. 2006.

Сорокина В.Н., Суркова В.Н. и др. Руководство к лабораторным занятиям по метеорологии и климатологии. Изд. МГУ, 2011

- Перечень лицензионного программного обеспечения
Геоинформационная система «Метео» (ГИС) Научно-производственного центра (НПЦ) «Мэп Мейкер».
- Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем
Электронные базы климатической и метеорологической информации Росгидромета <https://www.meteorf.ru/>

Климатическая доктрина Российской Федерации (<http://kremlin.ru/acts/6365>).

- Описание материально-технической базы
Учебная аудитория с подключением к интернету, оснащенная мультимедийным проектором; технические средства для осуществления практических работ метеорологического практикума

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель: Кислов Александр Викторович, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии географического факультета

11. Разработчик программы: Кислов Александр Викторович, профессор, заведующий кафедрой метеорологии и климатологии географического факультета