



МИНОБРНАУКИ РОССИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО «ИГУ»)

Географический факультет

Кафедра метеорологии и физики околоземного космического пространства

УТВЕРЖДАЮ
декан географического факультета,
доц. С.Ж. Вологжина

« 15 » мая 2023 г.



Рабочая программа дисциплины (модуля)

Наименование дисциплины (модуля): **НАУКИ ОБ АТМОСФЕРЕ И КЛИМАТЕ**

Научная специальность: **1.6.18 Науки об атмосфере и климате**

Форма обучения: **очная**

Согласовано с УМК
географического факультета
протокол № 7 от « 15 » мая 2023 г.
Председатель УМК С.Ж. Вологжина /Вологжина С.Ж./

Программа рассмотрена на заседании кафедры
метеорологии и физики околоземного космического
пространства
« 15 » мая 2023 г. Протокол № 6
Зав. кафедрой И.В. Латышева /Латышева И.В./

Иркутск 2023 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)
2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)
3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы
4. Содержание дисциплины (модуля)
 - 4.1 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)
 - 4.2 Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий
 - 4.3 Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ.
5. Примерная тематика рефератов (при наличии)
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):
 - а) основная литература;
 - б) дополнительная литература;
 - в) программное обеспечение;
 - г) интернет-ресурсы, базы данных, информационно-справочные и поисковые системы
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).
8. Образовательные технологии
9. Фонды оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
 - 9.1 Оценочные средства текущего контроля
 - 9.2 Оценочные средства для промежуточной аттестации

1. Цели и задачи дисциплины:

подготовить аспиранта по программе «Науки об атмосфере и климате» с базой знаний об атмосфере, ее составе, происхождении, происходящими в ней физическими и химическими процессами, формирующими погоду и климат различных территорий мира.

Задачи дисциплины:

- дать аспирантам теоретическую подготовку в области синоптической метеорологии, физической метеорологии, динамической метеорологии, агрометеорологии и климатологии;
- рассмотреть динамические законы атмосферы, лежащие в основе методов прогнозирования метеорологических параметров;
- получить представление о климатических и агроклиматических ресурсах;
- развить способности к самостоятельной исследовательской деятельности.

2. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

знать:

основные тенденции крупномасштабных и региональных изменений климата; знать, понимать, излагать и критически анализировать базовую информацию в гидрометеорологии; суть физических законов, действующих в системе Земля-атмосфера.

уметь:

самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность с использованием современных методов исследования и информационных технологий; готовить научные отчеты, публикации, информационные обзоры;

владеть:

владеть базовыми знаниями в области информатики и современных геоинформационных технологий;

3. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего академических часов	Курсы		
				3
Аудиторные занятия (всего)	2			2
В том числе:				
Лекции	2			2
Самостоятельная работа (всего)	70			70
В том числе:				
<i>Другие виды самостоятельной работы:</i>	70			70
Самостоятельное изучение отдельных вопросов дисциплины с последующим обсуждением наиболее сложных моментов с преподавателем				
Форма промежуточной аттестации (экзамен)	экзамен			
Общая трудоемкость часы	72			72
зачетные единицы	2			2

4. Содержание дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Общая метеорология

Состав атмосферного воздуха и его изменение с увеличением высоты. Водяной пар, газовые примеси, аэрозоли. Антропогенные изменения локального соотношения газовых и аэрозольных компонент. Уравнение статики. Барометрическая формула и ее применение. Строение атмосферы: основные слои и их особенности. Атмосфера как оптическая мутная среда. Уравнение переноса излучения. Основные законы излучения. Рассеяние и поглощение радиации в атмосфере. Рассеяние по Рэлею и Ми. Солнечная постоянная. Распределение энергии в солнечном спектре. Прямая и рассеянная радиация. Прозрачность атмосферы. Земное излучение и излучение атмосферы. Радиационный баланс земной поверхности. Окно прозрачности 8–12 мкм. Парниковый эффект. Солярный климат верхней границы атмосферы (ВГА). Планетарное альbedo. Уходящее длинноволновое излучение. Радиационный баланс на ВГА. Тепловой баланс системы Земля - атмосфера. Тепловой баланс земной поверхности. Методы расчета турбулентных потоков явного и скрытого тепла в приземном слое атмосферы. Основы теории подобия Монина-Обухова. Испарение, транспирация, суммарное испарение. Методы измерений и расчетов испарения с естественных поверхностей. Распределение влажности с увеличением высоты в приземном слое и в свободной атмосфере. Суточный и годовой ход влажности воздуха. Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере. Облака, микроструктура и водность. Классификации облаков и туманов. Образование осадков. Географическое распределение. Типы годового хода осадков. Химический состав осадков, диффузия атмосферных примесей в пограничном слое и трансграничный перенос. Кислотные дожди. Искусственное воздействие на облака и осадки. Снежный покров: физические свойства, географическое распределение. Климатическое значение. Барическое поле и ветер. Линии тока и траектории частиц воздуха. Характеристики поля ветра: дивергенция, вихрь, циркуляция скорости. Геострофический ветер. Термический ветер. Воздушные массы: термодинамическая и географическая классификация, трансформация, особенности погоды. Орографически и термически возбужденные местные циркуляции: фены, подветренные волны, бризы, вихревые цепочки, горно-долинные ветры. Аэрозоли. Распределение с увеличением высоты. Озон в тропосфере и стратосфере.

Раздел 2. Динамическая метеорология

Уравнения движения, сохранения массы и притока тепла в локальных декартовых координатах. Критерии подобия. Системы упрощенных уравнений, некоторые виды стационарных течений: геострофический поток, потоки Куэтта и Пуазейля. Уравнения гидротермодинамики в сферических координатах. Уравнения гидротермодинамики в системе координат, связанных с давлением. Уравнения гидротермодинамики в орографических координатах (система координат). Уравнения гидротермодинамики для турбулентной атмосферы. Уравнение переноса атмосферных примесей. Пограничные слои в атмосфере, изменение ветра с увеличением высоты в планетарном пограничном слое. Инерционные волны в баротропной атмосфере (волны Россби). Гравитационно-инерционные волны в геострофическом потоке (волны Пуанкаре и Кельвина). Внутренние гравитационные волны, адаптация полей ветра и давления. Гидродинамическая неустойчивость зонального потока (баротропный и бароклинный случаи). Уравнение энергии, переходы одних видов энергии в другие. Кинетическая и доступная потенциальная энергия общей циркуляции атмосферы. Цикл Лоренца. Численный анализ синхронных метеорологических полей (методы полиномиальной интерполяции, последовательных коррекций, оптимальной интерполяции). Согласование начальных данных для прогностических моделей, четырехмерное усвоение данных. Постановка задачи численного прогноза погоды, проблема предсказуемости. Общие сведения о методах численного решения уравнений гидротермодинамики (конечно-разностные, полулагранжевы и спектральные подходы). Общие сведения о параметризации физических процессов в моделях прогноза (подсеточной турбулентности, радиационных потоков, крупномасштабной конденсации, конвекции). Прогностические модели и системы усвоения

данных в Гидрометцентре РФ. Методы статистической интерпретации численных прогнозов погоды.

Раздел 3. Синоптическая метеорология

Принципы использования спутниковой информации и радиолокации об облачности для определения характера воздушных масс. Облачность в области фронтов. Пространственная структура фронтальных разделов. Наклон фронтальной поверхности. Вертикальные движения на фронтах. Принципы анализа положения фронтов у поверхности Земли и на высотах. Использование данных метеорологических спутников для анализа фронтов. Влияние орографии на атмосферные фронты. Высотные фронтальные зоны и струйные течения. Условия погоды. Прогноз перемещения фронта. Фронтотенез и фронтотиз. Фронтотенетические и фронтотитические поля воздушных течений. Внетропические циклоны и антициклоны. Возникновение, эволюция и прогноз перемещения. Атмосферная циркуляция в умеренных широтах: центры действия атмосферы, циклоническая деятельность, струйные течения.. Методология краткосрочного прогноза температуры, осадков, облачности, ветра и опасных погодных явлений. Прогноз синоптического положения. Система сбора и обработки метеорологической информации. Численный анализ метеорологических полей. Технология АРМС (автоматического рабочего места синоптика). Краткие характеристики основных гидродинамических моделей, используемых в ведущих мировых метеорологических центрах. Применение методов математической статистики для составления прогноза метеорологических величин. Методы прогноза погоды на основе статистических методов. Среднесрочные и долгосрочные прогнозы погоды. Естественные синоптические периоды, элементарные синоптические процессы и их связь с высотными деформационными полями. Принципы составления прогнозов на 3-е суток и на естественный синоптический период с использованием карт гидродинамического прогноза барического поля на 1-5 дней и аналогов. Построение адаптивных статистических моделей прогноза. Метод прогноза минимальной и максимальной температуры воздуха по дням до 7-ми суток. Основные принципы составления прогноза погоды на месяц и на сезон. Статистические методы долгосрочного прогноза погоды.

Раздел 4. Климатология

Климат, как статистический режим. Масштабы климата: макроклимат, мезоклимат (местный климат), микроклимат. Климат приземного слоя воздуха. Климат свободной атмосферы. Климатообразующие факторы. Классификация климатов Алисова, Кеппена, Будыко, Берга. Моделирование климата. Постановка задачи численного моделирования. Иерархия климатических моделей: энергобалансовые модели, модели общей циркуляции атмосферы и океана, модели промежуточной сложности. Внетропические муссоны. Атмосферная циркуляция в тропиках: пассаты, муссоны, внутритропическая зона конвергенции, ЭНИК, тропические циклоны Атмосферные примеси в тропосфере и стратосфере. Изменения климата в современную эпоху: проявления в термическом режиме, режиме увлажнения и поведения оледенения, изменения уровня Мирового океана и др. Методология построения доказательств антропогенного воздействия на состояние глобального климата. Основы теории колебаний климата в плейстоцене и голоцене. Астрономическая теория климата.

Раздел 5.

Погода и состояние сельскохозяйственных культур. Климат почвы и его влияние на сельскохозяйственные культуры. Влияние агроклиматических условий на продуктивность сельского хозяйства. Агроклиматическое районирование России. Методы прогноза урожайности основных сельскохозяйственных культур.

4.2. Разделы и темы дисциплины (модуля) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Виды занятий в часах			
		Лекции	Практ. занятия	Самостоятельная работа	Всего

1.	Установочная лекция	2			2
2.	Общая метеорология			15	15
3.	Динамическая метеорология			15	15
4.	Синоптическая метеорология			20	20
5.	Климатология			10	10
6.	Агрометеорология			10	10
	ИТОГО	2		70	72

4.3. План самостоятельной работы аспирантов

№	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Общая метеорология	Работа с литературой, информацией	Подготовиться к беседе по разделу.	Основная и дополнительная литература, Интернет-ресурсы	15
2	Динамическая метеорология	Работа с литературой, информацией	Подготовиться к беседе по разделу.	Основная и дополнительная литература, Интернет-ресурсы	15
3	Синоптическая метеорология	Работа с литературой, информацией	Подготовиться к беседе по разделу.	Основная и дополнительная литература, Интернет-ресурсы	20
4	Климатология	Работа с литературой, информацией	Подготовиться к беседе по разделу.	Основная и дополнительная литература, Интернет-ресурсы	10
5	Агрометеорология	Работа с литературой, информацией	Подготовиться к беседе по разделу.	Основная и дополнительная литература, Интернет-ресурсы	10

Методические указания по организации самостоятельной работы аспирантов

Для выполнения всех перечисленных самостоятельных работ аспиранту предоставляется возможность использования одного из трех компьютерных классов во внеучебное время (предварительная запись у дежурных в классе, все компьютеры подключены к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду университета), фондов стационарной библиотеки в 6-м корпусе и фундаментальной библиотеки ИГУ, читальных залов Института академии наук (согласно заключенным с ними Договорами), индивидуальных консультаций с преподавателями факультета (согласно графику еженедельных консультаций).

Результаты самостоятельной познавательной деятельности аспирантов проверяются в результате беседы по каждой из тем. Вопросы в соответствии с программой.

5. Примерная тематика рефератов:

Выполнение реферата не предусмотрено.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература

1. Синоптическая метеорология: учеб. пособие / И. В. Латышева, К. А. Лощенко; рец.: В. К. Аргучинцев, В. Л. Потемкин; Иркутский гос. ун-т, Географ. фак. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2014. - 109 с. (19 экз.)
2. Авиационная метеорология: учеб. пособие/ И. В. Латышева, К. А. Лощенко ; рец.: В. К. Аргучинцев, В. Л. Потемкин; Иркутский гос. ун-т, Географ. фак. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2013. - 175 с. (31 экз.)
3. Мордвинов В. И. Теория климата : учеб. пособие / В. И. Мордвинов, И. В. Латышева, Е. В. Девятова ; рец.: В. К. Аргучинцев, В. Л. Макухин ; Иркутский гос. ун-т, Географ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 187 с. (29 экз.)
4. Кочугова Е. А. Методы и средства гидрометеорологических наблюдений : учеб.-метод. пособие / Е. А. Кочугова ; Иркутский гос. ун-т, Географ. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 120 с. (57 экз.)

б) дополнительная литература

1. Семенченко Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М.: Аспект Пресс, 2002. – 416 с. (29 экз.).
2. Аргучинцев В. К. Динамическая метеорология [Текст] : учеб. пособие / В. К. Аргучинцев ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - 159 с. (56 экз.).
3. Мордвинов В. И. Численные методы анализа и прогноза погоды : учеб. пособие / В. И. Мордвинов ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2009. - 143 с. (54 экз.).
4. Региональная синоптика: учеб. пособие / Д. Ф. Хуторянская; Иркутский гос. ун-т, Географ. фак. - Иркутск: Изд-во ИГУ, 2012. - 227 с. (51 экз.)
5. Агрометеорология: Учеб. пособие/ И. В. Латышева; Фед. агентство по образованию; Иркут. гос. ун-т. – Иркутск: Изд-во ИГУ, 2005. – 142 с. (32 экз.)

в) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. База данных ВИНТИ РАН - <http://www2.viniti.ru/>;
2. Библиотека климатических данных (IRILDEO) - <http://ingrid.Idgo.colombia.edu/>;
3. Всемирный центр метеорологических и океанографических данных (NOAA) - <http://www.ncdc.noaa.gov>;
4. Гидрометеорологические данные по России ВНИИГМИ-МЦД - <http://www.meteo.ru>;
5. Карты погоды, архив - <http://www.wetterzentrale.de>;
6. Данные вертикального зондирования атмосферы - <http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>;
7. Международный центр распространения климатических данных (DDC-IPCC) - <http://www.ipcc-data.org>;
8. Институт глобального климата и экологии им. Академика Ю.А. Израэля <http://www.igce.ru/journals/fac>
9. Сибирское отделение РАН - <http://www.sbras.ru>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Мобильный мультимедиа комплекс, географические карты, помещение для выполнения самостоятельных работ представлено дисплейным классом с доступом в Интернет и ЭИОС (электронно-информационную образовательную среду)

8. Образовательные технологии:

В процессе преподавания дисциплины «Науки об атмосфере и климате» применяются следующие виды образовательных технологий: развивающее и проблемное обучение, проектные методы обучения.

9. Фонды оценочных средств:

9.1. Оценочные средства для входного контроля (специальные не предусмотрены, но может проводиться беседа по вопросам программы).

9.2. Оценочные средства текущего контроля (ТК)

Проверка заданий для самостоятельной работы в виде составленных аннотаций на прочитанный материал, подготовленных конспектов, литературных обзоров осуществляется во время аудиторных занятий. Основными оценочными средствами для текущего контроля являются подготовка к собеседованию по темам.

9.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации.

Формой итоговой аттестации является экзамен.

Процедура оценивания результатов промежуточной аттестации: экзамен проводится в форме собеседования, в ходе которого аспиранты отвечают на вопросы; в спорных случаях учитываются результаты текущего контроля

Примерный перечень вопросов:

1. Определение давления и температуры из кинетической теории газов. Основное уравнение кинетической теории газов. Уравнение состояния идеального газа.
2. Малые газовые составляющие атмосферы, их роль в фотохимии атмосферы и формировании климата Земли.
3. Силы, действующие в атмосфере. Уравнение гидростатики и его обоснование.
4. Антропогенные и естественные источники и стоки малых газовых составляющих, их временные тренды.
5. Поле давления. Вертикальное распределение давления и плотности атмосферы. Высота однородной атмосферы.
6. Понятие о верхней границе атмосферы по эффекту диссипации газов. Экзосфера. Диссипация газов из атмосферы Земли. Гипотезы о происхождении атмосферы Земли.
7. Модели атмосферы и их назначение. Горизонтальное распределение давления.
8. Понятие циклона и антициклона. Первопричина возникновения барических неоднородностей, образование циркуляционной ячейки.
9. Характеристики поля собственного излучения: восходящее и нисходящее излучение и противоизлучение атмосферы, полный или эффективный поток, эффективная температура излучения. Поглощательная способность излучающей поверхности.
10. Поле температуры. Вертикальное распределение температуры и его объяснение. Суточные, широтные, сезонные и нерегулярные вариации температуры.
11. Солнечное излучение. Солнечная постоянная. Распределение энергии по спектру. Строение солнца (фотосфера, хромосфера, корона) и объяснение особенностей солнечного спектра. Поглощение ультрафиолетового излучения в земной атмосфере.
12. Распределение азота. Распределение кислорода и озона в рамках фотохимической теории и с учетом молекулярной и турбулентной диффузии.
13. Понятие о фотохимическом времени жизни компоненты и времени перемешивания. Озон в атмосфере.
14. Простейшая модель движения атмосферы в циклонах и антициклонах, циклострофический ветер, облачные поля.
15. Геоострофический и термический ветер. Зональный поток в атмосфере и струйные течения.

16. Ветер в пограничном слое атмосферы. Распределение ветра с высотой в приземном слое. Суточный ход скорости ветра в пограничном слое атмосферы. Вертикальные токи в пограничном слое атмосферы.
17. Изменение температуры воздуха с высотой. Периодические и непериодические изменения температуры в тропосфере. Инверсии температуры.
18. Уравнение переноса вихря скорости движения. Глобальное распределение скорости ветра в атмосфере. Струйные течения.
19. Образование, развитие и деградация внетропических циклонов. Тропические циклоны, их структура, энергетика, возникновение, перемещение и деградация.
20. Общая циркуляция атмосферы.
21. Явление Эль-Ниньо-Южное колебание (ЭНЮК).
22. Образование и рост зародышевой капли в чистой газообразной фазе. Капли критического размера и вероятность их образования.
23. Уравнение переноса водяного пара в турбулентной атмосфере. Испарение с земной поверхности и с поверхностей больших и малых водоемов.
24. Высотное распределение влажности в приземном слое. Распределение влажности в тропосфере и стратосфере. Сезонный и суточный ход влажности. Испарение. Круговорот воды на Земле.
25. Туманы. Физические условия образования туманов. Классификация туманов. Основные характеристики туманов.
26. Атмосферное электричество. Ионизация атмосферы. Электрическое поле тропосферы. Механизм образования электрических зарядов и условия возникновения молний в грозовых облаках.
27. Электрическое поле верхних слоев атмосферы Земли. Поверхностный заряд Земли. Ионосфера, ее основные характеристики.
28. Атмосферная акустика. Элементы атмосферной акустики. Распространение звука в разреженную атмосферу. Возникновение ударных волн.
29. Энергетика атмосферы. Дальние связи в атмосфере. Крупномасштабная турбулентность. Динамика стратосферы и мезосферы. Взаимодействие стратосферы и тропосферы
30. Гидродинамические, физико-статистические и синоптические методы, модели и технологии прогноза состояния атмосферы различной заблаговременности.
31. Взаимодействие между атмосферными процессами в полярных и умеренных широтах и между процессами в умеренных широтах и тропиках и их моделирование.
32. Изменения климата. Климатические проекции.
33. Исследование формирования климатообусловленных угроз и рисков для природных и хозяйственных систем, здоровья населения. Адаптация к изменениям климата.
34. Методы и технологии использования климатической информации для управления безопасностью и обеспечения устойчивого развития экономики и социальной сферы в условиях меняющегося климата.
35. Динамические модели агрометеорологических прогнозов.
36. Определение характеристик газового состава по измерениям теплового излучения атмосферы. Косвенные оптические методы исследования параметров атмосферы по ослаблению солнечного излучения.
37. Определение характеристик атмосферы по отраженному и рассеянному солнечному излучению. Оптические методы изучения подстилающих поверхностей. Оптические методы определения вертикального профиля содержания озона.
38. Радиолокационные и лазерные методы зондирования атмосферы и подстилающей поверхности. Лазерные методы определения температуры, газового состава, характеристик поля ветра, облаков и аэрозолей.

Оценка	Критерии
«Отлично»	– Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений; – обнаруживают всестороннее систематическое и глубокое знание программного материала; – демонстрируют знание современной учебной и научной литературы; – демонстрируют способность к анализу и сопоставлению различных подходов к решению заявленной в билете проблематики; – показано владение понятийным аппаратом; – делаются обоснованные выводы; – соблюдаются нормы литературной речи (стилистики).
«Хорошо»	– Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно; – демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер; – обнаруживают твёрдое знание программного материала (обязательно понимание взаимосвязей между явлениями и процессами, знание основных закономерностей). – усвоили основную и наиболее значимую дополнительную литературу; – способны применять знание теории к решению задач профессионального характера; – допускают отдельные погрешности и неточности при ответе.
«Удовлетворительно»	– демонстрируются поверхностные знания вопроса; – допускаются нарушения в последовательности изложения; – имеются затруднения с выводами; – допускаются нарушения норм литературной речи; – в основном знают программный материал в объёме, необходимом для предстоящей работы.
«Неудовлетворительно»	– Предполагает, что аспирант не разобрался с основными вопросами курса; – материал излагается непоследовательно, не представляет определенной системы знаний; – имеются заметные нарушения норм литературной речи; – обнаруживают значительные пробелы в знаниях основного программного материала; – допускают принципиальные ошибки в ответе на вопросы экзаменационного билета; – демонстрируют незнание наук об атмосфере и климате

Разработчик:

Доцент кафедры метеорологии и
физики околоземного космического пространства



Е. А. Кочугова

Программа рассмотрена на заседании кафедры гидрологии и природопользования «15» мая
2023 г. Протокол № 6

Зав. кафедрой



И. В. Латышева