МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»

Принято
Ученым советом ФГБОУ ВО «ИГУ»
протокол № 7 от «22» 02 2018 г.

Утверждаю
Первый проректор ФГБОУ ВО «ИГУ»,
профессор _____ А.Ф. Шмидт
«___» _____ 2018 г.

Программа кандидатского экзамена по специальности 25.00.30 Метеорология, климатология, агрометеорология

Согласовано с УМК географического факультета
(протокол № 3 от «09» января 2018 г.)
Председатель _____ проф. А.В. Аргучинцева

Иркутск 2018

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: физическая метеорология, динамическая метеорология и климатология.

Данная программа кандидатского экзамена по специальной дисциплине разработана на основе типовой программы-минимум по специальности, предложенной ведущими в соответствующей отрасли высшими учебными заведениями и научными учреждениями, организациями и утвержденной Минобрнауки Российской Федерации, с учетом дополнений, разработанных кафедрой метеорологии и охраны атмосферы географического факультета ФГБОУ ВО «ИГУ».

Часть I - Основная

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. Уравнение Шварцшильда. Приближение Эддингтона.

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 альбедо. 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. Источники и стоки. Распределение с увеличением высоты.

Озон в тропосфере и стратосфере. Озоновые дыры.

Радиоактивные и стабильные изотопы в атмосфере. Использование их как трассеров.

Раздел 2. Динамика атмосферы

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

Поверхности раздела и воздушные массы. Теплый и холодный фронты, высотные фронтальные зоны и струйные течения. Условия погоды. Прогноз перемещения фронта.

Фронтогенез и фронтолиз. Фронтогенетические и фронтолитические поля воздушных течений.

Внетропические циклоны и антициклоны. Возникновение, эволюция и прогноз перемещения.

Атмосферная циркуляция в умеренных широтах: центры действия атмосферы, циклоническая деятельность, струйные течения. Внетропические муссоны.

Атмосферная циркуляция в тропиках: пассаты, муссоны, внутритропическая зона конвергенции, Эль-Ниньо — Южное колебание, тропические циклоны.

Методология краткосрочного прогноза температуры и осадков, ветров и опасных погодных явлений.

Раздел 4. Климатология

Климат. 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.

Изменения климатообразующих факторов в современную эпоху: оксиды углерода и другие парниковые газы, оксиды серы, изменения солнечной постоянной. 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. Агрометеорология

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.

Часть II – Дополнительная

Раздел 1. Воздушные массы и атмосферные фронты

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.

Раздел 2. Циклоны и антициклоны.

Современное представление о механизме цикло- и антициклогенеза. Использование спутниковой информации для выявления стадии развития циклонов и их эволюции. Воздействие горных хребтов на развитие циклонов. Тропопауза и изменение ее высоты в циклонах и антициклонах.

Раздел 3. Вертикальные движения воздуха

Виды вертикальных движений воздуха. Связь между упорядоченными вертикальными движениями воздуха и индивидуальными изменениями давления. Определение скорости вертикальных движений воздуха из уравнения неразрывности. Расчет скорости вертикальных движений воздуха по данным о давлении. Адиабатические способы расчета вертикальных движений. Предвычисление вертикальных движений для пункта с помощью прогностических карт барического поля. Орографические вертикальные движения воздуха. Конвективные вертикальные движения воздуха и способы их расчета.

Раздел 4. Краткосрочный прогноз погоды

а) 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.

б) Прогноз условий погоды

Виды прогнозов погоды. Способы составления прогнозов погоды. Общие принципы прогноза опасных явлений, связанных с ветром (шквалы, метели, пыльные бури, болтанка самолетов). Общие принципы прогноза явлений, связанных с процессами конденсации (облачность, осадки, туманы, видимость, гололед, обледенение самолетов).

в) Прогноз ветра

Типы ветров: геострофический, градиентный и др.

Прогноз ветра у поверхности Земли. Влияние на скорость ветра суточного хода температуры и стратификации атмосферы. Влияние на ветер местных особенностей рельефа. Прогноз ветра на высотах. Общие принципы прогноза струйных течений и скорости максимального ветра.

г) Прогноз температуры и влажности воздуха

Факторы, влияющие на изменение температуры и влажности воздуха у поверхности Земли и на высотах. Изменения температуры воздуха, обусловленные притоком тепла. Трансформация влажности в приземном слое атмосферы. Прогноз суточного хода, максимальной и минимальной температуры воздуха у поверхности Земли.

Прогноз температуры и влажности воздуха на различных высотах, прогноз стратификации атмосферы. Влияние рельефа и неоднородности подстилающей поверхности на суточный ход температуры при различных условиях погоды.

д) Прогноз облачности

Основные практические положения прогноза облачности. Особенности условий образования и эволюции внутримассовой и фронтальной облачности. Влияние подстилающей поверхности, рельефа местности и времени года на формирование и эволюцию облачности различных форм. Эволюция облачности при различных атмосферных процессах. Общие положения прогноза облачности нижнего яруса. Диагноз и прогноз облачности среднего и верхнего ярусов. Способы прогноза внутримассовой (конвективной облачности). Понятие о численных методах прогноза облачности. Структурные особенности полей облачности, регистрируемые метеорологическими спутниками.

е) Прогноз осадков

Общие принципы прогноза осадков. Способы расчета количества обложных осадков. Прогноз фазового состояния осадков. Расчетные способы прогноза ливневых осадков и гроз. Роль вовлечения окружающего воздуха в развитие кучево-дождевых облаков. Влияние местных особенностей рельефа и свойств подстилающей поверхности на формирование и распределение осадков. Принципы использования радиолокационных наблюдений, данных с ИСЗ для прогноза осадков. Понятие о численных синоптико-гидродинамических схемах прогноза количества обложных и ливневых осадков.

Раздел 5. 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 6. Климатология. Основы авиационной климатологии

Климат, как статистический режим. Масштабы климата: макроклимат, мезоклимат (местный климат), микроклимат. Климат приземного слоя воздуха. Климат свободной атмосферы. Принципы комплексной и динамической климатологии. Связь климата с географической средой и хозяйственной деятельностью. Прикладные задачи климатологии. Солярный климат. Радиационный баланс земной поверхности и климатообразование. Атмосферная циркуляция и климатообразование.

Географическая зональность климата и отклонение от нее. Основные типы климата: морской и континентальный климат, показатели континентальности; аридный и гумидный климат. Высотная климатическая зональность и горные климаты. Принципы классификации климатов. Общие характеристики климатических зон и областей земного шара.

Авиационная климатология. Авиационно-климатические показатели, учитываемые при проектировании и эксплуатации аэродромов. Использование климатических материалов при составлении прогнозов погоды по району аэродрома и при обеспечении маршрутных полетов. Определение микроклиматических характеристик аэродромов и описаний авиатрасс.

Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

Литература основная

1. Аргучинцев В.К. Динамическая метеорология / В.К. Аргучинцев. – Иркутск: ИГУ, 2009.–159 с.

2. Бедрицкий А.И. Экономическая полезность гидрометеорологического обеспечения / А.И. Бедрицкий, Л.А. Хандожко. – Бюлл. ВМО, т. 50, № 3, 2001. – С. 266 – 271.
3. Брю С.Л. Экономика: принципы, проблемы и политика / С.Л. Брю, К.Р. Макконнелл, Ш.М. Флинн. – М.: ИНФРА-М, 2011.
4. Вельтищев Н.Ф. Дистанционные методы измерений в гидрометеорологии / Н.Ф. Вельтищев, Б.А. Семенченко. – М. изд. МГУ, 2005. – 129 с.
5. Журкин И. Г. Геоинформационные системы / И. Г. Журкин, С. В. Шайтура. – Москва: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009.
6. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем / А.В. Кислов. – М.: МАИК «Наука — Интерпериодика», 2001.
7. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы / Л.Т. Матвеев. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2000.
8. Пахомова Н.В. Экономика природопользования и охраны окружающей среды / Н.В. Пахомова, К.К. Рихтер. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2001. – 218 с.
9. Семенченко Б.А. Физическая метеорология / Б.А. Семенченко. – М.: Аспект Пресс, 2002.
10. Фролов А.В. Глобальная система усвоения данных наблюдений о состоянии атмосферы / А.В. Фролов, А.И. Важник, П.И. Свиренко, В.И. Цветков. – С-П.: Гидрометеоиздат, 2000. – 188 с.
11. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология / Л.А. Хандожко. – СПб.: Гидрометеоиздат, 2005. – 490 с.
12. Хромов С.П. Метеорология и климатология / С.П. Хромов, М.А. Петросянц. – М.: МГУ, 2001.

Дополнительная

1. Анализ изменений климата и их последствий, под ред. В.Н. Разуваева, Б.Г. Шерстюкова. – Обнинск, 2010. – 278 с.
2. Бедрицкий А.И. Экономическая полезность гидрометеорологического обеспечения. / А.И. Бедрицкий, Л.А. Хандожко. – Бюлл. ВМО, т. 50, № 3, 2001. - С. 266 – 271.
3. Киселёв В.Н. Методы зондирования окружающей среды (атмосферы) / В.Н. Киселёв, А.Д. Кузнецов. – С-П, Учебное издание, 2004.
4. Кравцова В.И. Космические методы исследования почв: Учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по геогр. спец./ В.И. Кравцова - М.: Аспект Пресс, 2005. - 189 с.
5. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Издание третье; ч. 1 и 2. Л.: Гидрометеоиздат, 1986.
6. Труды главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова, 563 выпуск. Под ред. В.М. Катцова, В.П. Мелешко. – С-П, 2011. – 320 с.
7. Хандожко Л. А. Выбор оптимального погодо-хозяйственного решения на основе прогноза опасных гидрометеорологических условий // Метеорология и гидрология / Л. А. Хандожко, А.А. Коршунов, А.А. Фокичева, №1, 2003. С. 5-17.
8. Lorenc A.C. Analysis methods for numerical weather prediction, Quart. J.R.Met.Soc. / A.C. Lorenc, 1986. – 112 pp.

Периодические издания

1. Известия АН, серия «географическая» и «физика атмосферы и океана».
2. Журнал «Метеорология и гидрология»
3. Труды Гидрометцентра
4. Труды ГГО

базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU, более 20 полнотекстовых версий журналов по тематике курса.
2. Электронная библиотека "Труды ученых ИГУ" (http://ellib.library.isu.ru). Доступ к полным текстам учебных пособий, монографий и статей сотрудников университета, осуществляемый с любого компьютера сети Иркутского государственного университета.

3. Журнал "Известия Иркутского университета. Серия Науки о земле". Свободный доступ к электронным полнотекстовым версиям с 2007 г. осуществляется с сайта университета http://www.isu.ru/izvestia
4. Официальный сайт Всемирной метеорологической организации: [http://www.wmo.int/pages/index_ru.html].
5. Ресурсы Интернет - архивы гидрометеорологических баз данных мировых центров.
6. GMT Online Services gives access to four sets of documentation Generic Mapping Tools [http://www.soest.hawaii.edu/gmt/].
7. Универсальные картографические инструменты, GMT: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Generic_Mapping_Tools].
8. GRIB (GRIdded Binary) — математический формат сжатых данных, используемый в метеорологии для хранения исторических и прогнозируемых данных о погоде: [http://ru.wikipedia.org/wiki/GRIB].
9. NetCDF (Network Common Data Form) — машинонезависимый двоичный формат файлов, являющийся стандартом для обмена научными данными: [http://ru.wikipedia.org/wiki/NetCDF].
10. [http//:www.lake.baikal.ru]
11. [http//:www//isu6/library/index.htm]
12. Сайт ФГБУ «Гидрометцентр России» - http://www.meteoinfo.ru/
13. Оперативная информация и методический кабинет, сайт Гидрометцентра России http://meteoinfo.ru, http://method.hydromet.ru;
14. NCEP/NCAR Reanalysis 1 http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao.shtml

Процедура проведения кандидатского экзамена. Кандидатский экзамен по специальности: «25.00.30 – Метеорология, климатология и агрометеорология» проводится в составе утвержденной комиссии в форме устного опроса по трем вопросам, включенным в основную и дополнительную часть программы по сдаче кандидатского минимума. Итоговая оценка выставляется по пятибалльной системе с учетом ответов на дополнительные вопросы комиссии. В качестве отчетного материала прилагаются письменные ответы экзаменующего на листах формата А4 с печатью факультета. В случае несогласия экзаменующего с оценкой комиссии он может подать апелляцию в установленные сроки.

Перечень вопросов для кандидатского экзамена по специальности: «25.00.30 – Метеорология, климатология и агрометеорология»:

1. Состав атмосферного воздуха, его изменение с увеличением высоты. Естественные и антропогенные составляющие локального соотношения газовых и аэрозольных компонент. Озон в тропосфере и стратосфере. Озоновые дыры.
2. Строение атмосферы: основные слои и их особенности. Уравнение статики. Основные законы излучения. Рассеяние и поглощение радиации в атмосфере.
3. Радиационный и тепловой баланс системы «Земля-атмосфера». Основы теории подобия Монина-Обухова.
4. Испарение, транспирация, суммарное испарение. Конденсация и сублимация водяного пара в атмосфере. Облака, микроструктура и водность. Классификации облаков и туманов.
5. Способы расчета количества обложных осадков. Прогноз фазового состояния осадков. Расчетные способы прогноза ливневых осадков и гроз.
6. Физические процессы образования атмосферных осадков. Особенности пространственно-временного распределения. Климатическое значение атмосферных осадков.
7. Барическое поле и ветер. Геострофический и термический ветер. Пограничные слои в атмосфере, изменение ветра с увеличением высоты в планетарном пограничном слое.
8. Общие принципы прогноза опасных явлений, связанных с ветром (шквалы, метели, пыльные бури, болтанка самолетов).

9. Воздушные массы: термодинамическая и географическая классификация, трансформация, особенности погоды.
10. Орографически и термически возбужденные местные циркуляции: фены, подветренные волны, бризы, вихревые цепочки, горно-долинные ветры.
11. Гидродинамическая неустойчивость зонального потока (баротропный и бароклинный случаи).
12. Уравнение энергии, переходы одних видов энергии в другие. Кинетическая и доступная потенциальная энергия общей циркуляции атмосферы. Цикл Лоренца.
13. Постановка задачи численного прогноза погоды, проблема предсказуемости. Прогностические модели и системы усвоения данных в Гидрометцентре РФ. Методы статистической интерпретации численных прогнозов погоды.
14. Поверхности раздела и воздушные массы. Теплый и холодный фронты, высотные фронтальные зоны и струйные течения. Условия погоды. Принципы использования спутниковой информации и радиолокации об облачности для определения характера воздушных масс.
15. Фронтогенез и фронтолиз. Фронтогенетические и фронтолитические поля воздушных течений.
16. Внетропические циклоны и антициклоны. Возникновение, эволюция и прогноз перемещения. Тропопауза и изменение ее высоты в циклонах и антициклонах.
17. Использование спутниковой информации для выявления стадии развития циклонов и их эволюции.
18. Атмосферная циркуляция в умеренных широтах: центры действия атмосферы, циклоническая деятельность, струйные течения. Внетропические муссоны.
19. Атмосферная циркуляция в тропиках: пассаты, муссоны, внутритропическая зона конвергенции, Эль-Ниньо — Южное колебание, тропические циклоны.
20. Методология краткосрочного прогноза температуры и осадков, ветров и опасных погодных явлений.
21. Климат. Классификация климатов Алисова, Кеппена, Будыко, Берга.
22. Изменения климатообразующих факторов в современную эпоху: оксиды углерода и другие парниковые газы, оксиды серы, изменения солнечной постоянной. Атмосферные примеси в тропосфере и стратосфере.
23. 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. Моделирование климата.
24. Основы теории колебаний климата в плейстоцене и голоцене. Астрономическая теория климата.
25. Влияние агроклиматических условий на продуктивность сельского хозяйства. Агроклиматическое районирование России.

Разработчики:

	и.о. зав. кафедрой метеорологии и охраны атмосферы	И.В. Латышева

Программа рассмотрена и утверждена на Ученом совете географического факультета (протокол № 5 от «09» января 2018 г.)

Председатель Ученого совета _____ С.Ж. Вологжина