

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

УТВЕРЖДАЮ
Декан географического факультета,
академик РАН Добролюбов С.А.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)
АЭРОЛОГИЯ**

Уровень высшего образования:
бакалавриат

Направление подготовки:
05.03.04 «Гидрометеорология»

Направленность (профиль) ОПОП:
«Метеорология»

Форма обучения:
очная

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Учебно-методической комиссией географического факультета
(протокол № 16, дата 12.10.2022)

Москва 2022

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 «Гидрометеорология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки*).
ОС МГУ утвержден решением Ученого совета МГУ имени М.В.Ломоносова от 30 декабря 2020 года (протокол №1383).

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 вариативной части ОПОП, является обязательной для освоения.

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия: базируется на знаниях по:

- а) Общей физике;
- б) Физической метеорологии,
- в) Методам метеорологических измерений.

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 |
|---|--|--|
| СПК-4 (<i>формируется частично</i>) Способен использовать метеорологическую информацию в синоптическом анализе при разработке оперативных прогнозов погоды разной заблаговременности и разного целевого предназначения. | СПК-4.1 Использует аэрологические данные в синоптическом анализе и в научных исследованиях; обладает широким кругозором в отношении различных методов аэрологических измерений. | Знать: <ul style="list-style-type: none">• физические основы процессов рассеяния и поглощения в атмосфере электромагнитных и звуковых волн;• основы организации, функционирования, распределения в пространстве и развития во времени отечественных и мировых сетей аэрологических измерений (станций радиозондирования, станций ракетного зондирования, а также радиолокационных станций); Уметь: <ul style="list-style-type: none">• осуществлять практический и научный анализ данных доплеровских и импульсных метеорологических радиолокаторов, микроволновых радиометров, а также акустических локаторов (содаров) и лидаров с учётом синоптических процессов и атмосферных явлений;• читать аэрологическую телеграмму (по коду КН-04), правильно оценить возможные погрешности аэрологических измерений, произведённых с помощью того или иного оборудования, выполнять научный анализ аэроклиматических данных; Владеть: <ul style="list-style-type: none">• простейшими методами измерений аэрологических данных (например, одноточечного шаропилотного зондирования), иметь общее представление об анализе и критическом контроле данных радиозондирования. |

4. Объем дисциплины (модуля) **5 з.е.**, в том числе **108** академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, **72** 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 | Групповые консультации | Индивидуальные консультации | Всего | Работа с литературой | Подготовка к семинарам | Всего |
| Тема 1. Введение и история аэрологии, обзор методов аэрологических измерений. | 6 | 4 | | | | 4 | 2 | | 2 |
| Тема 2. Измерения ветра на высотах. Шаропилотное зондирование – одноточечное и базисное. Оболочки, подъёмные газы, способы добывания водорода. | 10 | 4 | 4 | | | 8 | 1 | 1 | 2 |
| Текущая аттестация 1: Обработка данных шаропилотного зондирования с использованием аэрологического планшета А-30, расчёты грузоподъёмности оболочек. | 2 | | 2 | | | 2 | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|------------|-----------------------|---|--|--|-----------|-----------|---|----------|--|
| Тема 3. Виды датчиков в аэрологии. | 10 | 4 | 4 | | | 8 | 2 | | 2 | |
| Тема 4. Основы радиолокации. | 12 | 6 | 4 | | | 10 | 2 | | 2 | |
| Тема 5. Радиозондирование атмосферы. | 14 | 6 | 6 | | | 12 | 1 | 1 | 2 | |
| Текущая аттестация 2: Чтение аэрологической телеграммы в коде КН-04. | 4 | | 4 | | | 4 | | | | |
| Тема 6. Самолётное зондирование атмосферы и зондирование беспилотными аппаратами; международная система AMDAR. | 6 | 2 | 2 | | | 4 | 1 | 1 | 2 | |
| Тема 7. Змейковое и аэростатное зондирование атмосферы; измерения на высотных сооружениях. | 8 | 4 | 2 | | | 6 | 1 | 1 | 2 | |
| Тема 8. Ракетное зондирование атмосферы. | 8 | 4 | 2 | | | 6 | 2 | | 2 | |
| Текущая аттестация 3. Проверочная письменная работа в конце 7-го семестра. | 2 | | 2 | | | 2 | | | | |
| Тема 9. Общие сведения о средней и верхней атмосфере. | 8 | 2 | 4 | | | 6 | 2 | | 2 | |
| Промежуточная аттестация – экзамен в конце 7-го семестра. | 18 | <i>Устный экзамен</i> | | | | | 18 | | | |
| Итого | 108 | 72 | | | | | 36 | | | |
| Тема 10. Введение в дистанционные методы зондирования. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | | 2 | |
| Тема 11. Основы радиометеорологии, распространение электромагнитных волн в атмосфере. | 8 | 4 | 2 | | | 6 | 2 | | 2 | |
| Тема 12. Импульсные метеорологические радиолокаторы. | 6 | 2 | 2 | | | 4 | 1 | 1 | 2 | |
| Тема 13. Доплеровские метеорологические радиолокаторы. | 8 | 4 | 2 | | | 6 | 1 | 1 | 2 | |
| Тема 14. Микроволновые радиометры. | 8 | 6 | | | | 6 | 2 | | 2 | |

| | | | | | | | | | | |
|---|-----------|-----------------------|---|--|--|----------|-----------|---|----------|--|
| Тема 15. Акустические локаторы (сонары). | 6 | 2 | 2 | | | 4 | 1 | 1 | 2 | |
| Тема 16. Оптические квантовые локаторы (лидары). | 6 | 2 | 2 | | | 4 | 2 | | 2 | |
| Текущая аттестация 4. Проверочная письменная работа в конце 8-го семестра. | 2 | | 2 | | | 2 | | | | |
| Тема 17. Грозопеленгаторы. | 4 | 2 | | | | 2 | 2 | | 2 | |
| Итоговая аттестация – экзамен в конце 8-го семестра. | 20 | <i>Устный экзамен</i> | | | | | 20 | | | |
| Итого | 72 | 36 | | | | | 36 | | | |

Содержание лекций, семинаров

Содержание лекций

Тема 1. Введение и история аэрологии. Предмет и задачи аэрологии, этапы её истории и методические вопросы. Горные наблюдения, монгольфьеры и шарльеры, метеорологические змеи и привязные аэростаты, шары-зонды, измерения на аэропланах, шары-пилоты и пр. Сравнительная характеристика разных методов измерений на высотах. Мировая аэрологическая сеть.

Тема 2. Шаропилотные измерения ветра на высотах, оболочки и подъёмные газы. Методы наблюдений за ветром, шаропилотное зондирование атмосферы. Подъёмная сила и вертикальная скорость шара-пилота, их изменения с высотой. Одноточечные и базисные шаропилотные наблюдения. Графический метод расчёта траектории шара-пилота на примере использования аэрологического планшета А-30. Аэрологические теодолиты и их особенности.

Подъёмные газы и их использование в аэрологи. Оболочки для шаров-пилотов и радиозондов, их размеры. Способы добывания водорода и техника безопасности на аэрологических станциях при работе с водородом.

Тема 3. Виды датчиков в аэрологии. Особенности аэрологических измерений. Основные виды датчиков температуры воздуха, их ограничения и погрешности: биметаллы, терморезисторы, акустические датчики температуры, ёмкостные датчики, термомпары и пр. Понятие об измерениях в статическом и динамическом режимах, коэффициент инерции. Основные виды датчиков атмосферного давления в тропосфере: мембранные преобразователи, гипсотермометры, тензоэлектрические датчики. Основные виды датчиков влажности: органические и неорганические сорбенты, ёмкостные датчики и пр. и их сравнительный анализ. Анализ данных разных датчиков с учётом дополнительных особенностей (гистерезис и упругое последствие деформационных преобразователей, радиационная погрешность, погрешности смачивания, обледенения и пр.).

Тема 4. Основы радиолокации. Общие принципы и виды радиолокации. Методы измерений угловых координат дальности целей. Радиолокационный обзор пространства. Устройство импульсной радиолокационной станции и её характеристики. Уравнения дальности радиолокационного наблюдения точечной цели в случаях пассивного отражения и активного ответа.

Тема 5. Радиозондирование атмосферы. Общие сведения о радиозондировании. Способы передачи данных на расстояние. Общие сведения о первых советских системах радиозондирования: РЗ-049–СОН, А-22 – «Малахит», РКЗ – «Метеорит», о радиозонде «Волна». Системы радиозондирования МАРЗ – «Титан» и МРЗ – «АВК», аэрологический процессор «Эол». Современные российские радиозонды РФ-95, АК-2 и новые радиолокаторы МАРЛ и Вектор-М («Бриз»). Аэрологическая сеть в России и перспективы её развития. Основы аэрологического кода КН-04. Навигационные системы радиозондирования. Виды специальных – актинометрических и озонметрических – радиозондов. Зарубежные радиозонды на примере Финляндии (серии RS Vaisala) и США.

Тема 6. Самолётное зондирование атмосферы; зондирование беспилотными летательными аппаратами; международная система AMDAR. Достоинства и ограничения самолётного зондирования. Приборы (самолётный термогигрометр, трубка Пито, вариометр и пр.) и методические особенности самолётных измерений. Измерения на самолётах дополнительных атмосферных показателей – обледенения, водности и микроструктуры облаков и пр. Сеть самолётного зондирования в СССР и современные автоматические измерения на рейсовых самолётах (международная система AMDAR). Современные летающие лаборатории (М-55 «Геофизика» и др.). Применение в аэрологии беспилотных летательных аппаратов.

Тема 7. Змейковое и аэростатное зондирование атмосферы; микроаэрологические измерения на высотных сооружениях. Виды метеорологических змеев и их современное использование в полярных регионах. Аэростатное зондирование атмосферы. Свободные аэростаты нулевого давления и сверхдавления, особенности аэростатных измерений. Привязные (змейковые) аэростаты и преимущества их использования для измерений в нижней тропосфере. Измерения на высотных башнях, метеорологических мачтах и вышках сотовой связи, их возможности, ограничения и особенности инструментальной базы.

Тема 8. Ракетное зондирование атмосферы. Виды метеорологических ракет и условия их полётов, формула и число Циолковского. Советские ракеты ММР-06 и М-100. Ракетные методы измерений атмосферного давления, температуры и плотности воздуха, ветра и газового состава воздуха. Мировая сеть ракетного зондирования.

Тема 9. Общие сведения о средней и верхней атмосфере. Строение атмосферы, стандартная и справочные атмосферы. Облака в средней и верхней атмосфере. Многолетние изменения температуры воздуха в стратосфере, мезосфере и нижней термосфере по данным аэрологических измерений за последние полвека.

Тема 10. Введение в дистанционные методы зондирования. Понятие об активной и пассивной локации, основные виды дистанционного зондирования атмосферы. Шкала электромагнитных волн.

Тема 11. Основы радиометеорологии, распространение электромагнитных волн в атмосфере. Природа электромагнитных волн, вектор Умова-Пойнтинга. Система уравнений Максвелла в её общем виде, в приближениях однородного диэлектрика и полупроводящей среды. Радиофизические характеристики атмосферы, их зависимость от метеорологических величин. Преломляющие свойства атмосферы, виды радиорефракции и методы её учёта. Ослабляющие свойства атмосферы, полосы поглощения кислородом и водяным паром в микроволновом диапазоне. Ослабление электромагнитных волн веществом гидрометеоров в зависимости от их размера, фазового состояния и длины волны. Эффективная площадь рассеяния множественной метеорологической цели. Уравнение дальности радиолокационного наблюдения облаков и осадков. Потенциал метеорологического радиолокатора и радиолокационная отражаемость облаков и осадков. Некогерентное и когерентное рассеяние.

Тема 12. Импульсные метеорологические радиолокаторы. Метеорологическая радиолокация, сеть метеорологических радиолокаторов. Особенности радиолокационных изображений облаков и зон осадков на мониторах импульсных радиолокаторов. Основные технические характеристики советского радиолокатора МРЛ-5, программные комплексы «АКСОПРИ» и «Метеоячейка». Измерение интенсивности осадков и прогноз опасных явлений погоды с помощью импульсных радиолокаторов.

Тема 13. Доплеровские метеорологические радиолокаторы. Когерентность и доплеровский эффект. Устройство когерентных радиолокаторов с непрерывным излучением и когерентно-импульсных радиолокаторов, их ограничения и понятие о частоте Найквиста. Связь спектра доплеровских частот со скоростями движения рассеивающих частиц. Применение доплеровских радиолокаторов, новый российский радиолокатор ДМРЛ-С и его характеристики.

Тема 14. Микроволновые радиометры. Основные законы излучения применительно к микроволновому диапазону, приближение Релея-Джинса. Принцип работы радиометра. Понятия яркостной, эффективной яркостной и антенной температуры. Чувствительность радиометра и способы её повышения.

Виды приёмных устройств радиометров. Применение радиометров в метеорологии, основные характеристики российского микроволнового радиометра МТП-5.

Тема 15. Акустические локаторы (содары). Основы теории рассеяния звуковых волн в атмосфере. Понятие об эффективном сечении рассеяния звука, формула Монина и уравнение акустической локации. Устройство акустического локатора (содара), недоплеровские и доплеровские содары. Достоинства и ограничения содарных данных о профилях ветра и температурной стратификации. Применение содаров в метеорологии.

Тема 16. Оптические квантовые локаторы (лидары). Способы взаимодействия излучения и материи, общие сведения об устройстве лазеров и лидаров. Уравнение лазерной локации и основные виды рассеяния электромагнитных волн оптического диапазона. Измерения с помощью лидаров плотности воздуха, температуры, влажности, ветра и состава атмосферы.

Тема 17. Грозопеленгаторы. Основные виды гроз в атмосфере и электрическая структура грозового облака. Узкосекторные и дальномерные грозопеленгаторы, методы измерения дальности грозовых разрядов. Сети грозопеленгаторов.

План проведения семинаров

1. Обсуждение и сравнительный анализ методов аэрологических измерений;
2. Самостоятельная обработка данных шаропилотного зондирования о скорости и направлении ветра на аэрологическом планшете А-30;
3. Практические расчёты грузоподъёмности оболочек с использованием Наставлений Росгидромета для шаропилотного зондирования.
4. Анализ профилей метеорологических величин и примеры критического контроля данных радиозондирования;
5. Анализ кода КН-04 и расшифровка аэрологической телеграммы;
6. Ознакомление с данными метеорологического радиолокатора, анализ облачности и поля ветра;
7. Ознакомление с данными акустического зондирования атмосферы;

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

Текущая аттестация №1.

Текущая аттестация №2.

Текущая аттестация №3.

Текущая аттестация №4.

Примерный перечень тем для проверочных работ

Текущая аттестация №1. Обработка данных шаропилотного зондирования с использованием аэрологического планшета А-30, расчёты грузоподъёмности оболочек;

Текущая аттестация №2. Чтение аэрологической телеграммы в коде КН-04;

Текущая аттестация №3. Проверочная письменная работа в конце 7-го семестра;

Текущая аттестация №4. Проверочная письменная работа в конце 8-го семестра.

Примерный перечень вопросов для экзамена в конце 7-го семестра

1. Предмет аэрологии и методические вопросы. Основные этапы истории аэрологических наблюдений. Сравнительная характеристика разных методов измерений метеорологических величин на высотах.
2. Шаропилотное зондирование атмосферы. Подъёмная сила шара-пилота и её изменения с высотой. Уравнение вертикальной скорости шара-пилота и причины её возможных изменений.
3. Одноточечные и базисные шаропилотные наблюдения. Графический метод определения показателей ветра на примере использования аэрологического планшета А-30 («круга Молчанова»). Особенности аэрологических теодолитов.
4. Оболочки для шаров-пилотов и радиозондов. Способы добывания водорода и техника безопасности на аэрологических станциях.
5. Особенности метеорологических измерений на высотах, понятие о коэффициенте инерции. Основные виды датчиков температуры воздуха, их ограничения и погрешности измерений.
6. Основные виды датчиков атмосферного давления в тропосфере.
7. Основные виды датчиков влажности.
8. Виды радиолокации, амплитудные и фазовые методы измерения угловых координат и дальности цели.
9. Устройство импульсной радиолокационной станции, её технические и тактические характеристики.
10. Радиолокация с активным ответом. Уравнения дальности наблюдений пассивной радиолокационной цели и активного ответчика.
11. Метод радиозондирования и его теоретические основы. Существующие способы передачи данных на расстояние.
12. Общие сведения о первых советских радиозондах – РЗ-049, «Волна» и о системе радиозондирования «Малахит» – А-22.

13. Системы радиозондирования «Метеорит» – РКЗ и «Метеорит-2» – РКЗ-5.
14. Системы радиозондирования «Титан» – МАРЗ и АВК – МРЗ-3А. Современные российские радиозонды РФ-95 и МРЗ-3А* (АК-2), новые радиолокаторы слежения МАРЛ и «Вектор-М» («Бриз»). Современные финские радиозонды серии RS (Vaisala) и радиозонды США.
15. Основы аэрологического кода КН-04, навигационные системы радиозондирования.
16. Актинометрические и озонметрические радиозонды.
17. Самолётное зондирование атмосферы. Особенности самолётных измерений метеорологических величин и наблюдений за погодными явлениями. Зондирование атмосферы с использованием беспилотных летательных аппаратов.
18. Змейковое зондирование атмосферы. Основные виды метеорологических змеев и их использование в полярных регионах.
19. Аэростатное зондирование атмосферы. Условия полётов свободных аэростатов, особенности привязных (змейковых) аэростатов.
20. Ракетное зондирование атмосферы. Теоретические основы метода. Мировая сеть ракетного зондирования, основные виды советских метеорологических ракет.
21. Методы ракетных измерений атмосферного давления, температуры, плотности воздуха, ветра и газового состава атмосферы.
22. Общее строение атмосферы, понятие о стандартной и справочной атмосферах. Стратосферные и мезосферные облака. Современные изменения температуры средней и верхней атмосферы.

Примерный перечень вопросов для экзамена в конце 8-го семестра

1. Виды дистанционного зондирования атмосферы. Спектр электромагнитных волн.
2. Система уравнений Максвелла в её общем виде.
3. Система уравнений Максвелла для случаев однородного диэлектрика и полупроводящей среды.
4. Основные радиофизические характеристики атмосферы и их связь с метеорологическими величинами.
5. Преломляющие свойства атмосферы. Виды радиорефракции и её учёт с помощью методов приведённого коэффициента преломления и эквивалентного радиуса Земли.
6. Ослабляющие свойства атмосферы. Ослабление волн в сухом воздухе и гидрометеорами. Формула эффективной площади рассеяния множественной метеорологической цели.
7. Уравнение дальности радиолокационного наблюдения облаков и осадков. Понятия о когерентном и некогерентном рассеянии. Потенциал метеорологических радиолокаторов и его контроль.
8. Радиолокационная отражаемость облаков и осадков, импульсные радиолокаторы. Советский радиолокатор МРЛ-5 и его характеристики. Определение форм облаков и опасных явлений погоды на индикаторах радиолокаторов.
9. Понятия когерентности и доплеровского эффекта применительно к радиолокации.
10. Доплеровские радиолокаторы с непрерывным излучением.
11. Когерентно-импульсные доплеровские радиолокаторы и ограничения их измерений. Понятие о частоте Найквиста.

12. Применение доплеровских радиолокаторов в метеорологии, новый российский радиолокатор ДМРЛ-С и его характеристики.
13. Основные законы излучения применительно к микроволновому диапазону электромагнитных волн.
14. Понятия яркостной, эффективной яркостной и антенной температуры.
15. Чувствительность микроволновых радиометров и существующие виды их приёмных устройств. Основные характеристики российского радиометра – профилемера температуры воздуха МТП-5.
16. Общие положения теории рассеяния звуковых волн в атмосфере, формула Моница для эффективного сечения рассеяния звука.
17. Уравнение акустической локации. Акустические локаторы (содары) и их использование в метеорологии.
18. Виды рассеяния волн оптического диапазона в атмосфере и их использование в лазерном зондировании. Общие принципы устройства лазеров и лидаров.
19. Уравнение лазерной локации. Применение оптических квантовых локаторов (лидаров) в метеорологии.
20. Общая характеристика гроз, электрическая структура грозового облака. Определение местоположения гроз с помощью грозопеленгаторов.

Шкала и критерии оценивания

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

8. Ресурсное обеспечение:

- *Перечень основной и дополнительной учебной литературы.*

Основная литература:

1. Зайцева Н.А. Аэрология. Л., Гидрометеиздат, 1990.
2. Павлов Н.Ф. Аэрология, радиометеорология и техника безопасности. Л., Гидрометеиздат, 1980.
3. Иванов В.Э., Фридзон М.Б., Ессяк С.П. Радиозондирование атмосферы. Екатеринбург, 2004.
4. Чередниченко А.В., Чередниченко В.С. Радиометеорология: учебное пособие. Алматы, Казак университети, 2016, 272 с.
5. Червяков М.Ю. Зондирование атмосферы. Саратов, ИЦ «Наука», 2019.

Дополнительная литература:

1. Белинский В.А., Побяхо В.А. Аэрология. Л., Гидрометеиздат, 1962.
2. Калиновский А.Б., Пинус Н.З. Аэрология. Л., Гидрометеиздат. 1961.
3. Брылёв Г.Б., Гашина С.Б., Низдойминова Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. Л., Гидрометеиздат, 1986.
4. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. Л., Гидрометеиздат, 1988.
5. Альтер-Залик Ю.Ж. Зондирование атмосферы с помощью аэростатов. Л., 1981.
6. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. Томск, ИОМ СО РАН, 2001.
7. Захаров В.М., Костко О.К., Хмелевцов С.С. Лидары и исследование климата. Л., Гидрометеиздат, 1990.
8. Баттан Дж. Л. Радиолокационная метеорология. Л., Гидрометеиздат, 1962.
9. Радиолокационная метеорология и активные воздействия. Под ред. А.А.Синькевича, Ю.А.Довгалюк, Е.Л.Махоткиной. СПб., Главная геофизическая обсерватория, 2012. 200 с.
10. Молчанов П.А. Методы исследования свободной атмосферы. М.–Л., Военмориздат НКВМФ СССР, 1941.
11. Emeis, Stefan. Measurement Methods in Atmospheric Sciences in situ and Remote. Borntraeger Science Publishers, 2010, 257 P. (in English).

- *Перечень лицензионного программного обеспечения:*

Power Point, Adobe Acrobat, Microsoft Word.

- *Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем*

реферативная база данных издательства Elsevier: www.sciencedirect.com

<http://www.cao-rhms.ru/> - официальный сайт Центральной аэрологической обсерватории Росгидромета;

<http://www.zondr.ru/> - официальный сайт ФГУП «Гидрометпоставка»;

http://www.wmo.int/pages/index_ru.html - русскоязычный сайт Всемирной метеорологической организации.

- *Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости)*

поисковая система научной информации www.scopus.com

электронная база научных публикаций www.webofscience.com

- *Описание материально-технической базы*

Учебная аудитория с мультимедийным проектором, доской и наглядными пособиями (образцами радиозондов различных систем, аэрологическими датчиками, метеорографами, аэрологическим планшетом А-30 и т.п.).

9. Язык преподавания: русский

10. Преподаватель (преподаватели): Ответственный за курс — Локощенко Михаил Александрович, преподаватель – Локощенко Михаил Александрович.

11. Разработчики программы:

Локощенко Михаил Александрович, к.г.н., ведущий научный сотрудник кафедры метеорологии и климатологии.