

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова
Географический факультет

«Утверждено»

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



Согласовано
Учебно-методической комиссией
факультета

« 23 » 11 2018 г., пр. № 10

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«АЭРОЛОГИЯ»

по направлению подготовки **05.03.04 «Гидрометеорология»**
профиль **«Метеорология»**
уровня высшего образования бакалавриат
с присвоением квалификации «бакалавр»

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

«Утверждено»

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

Согласовано
Учебно-методической комиссией
факультета

« ____ » _____ 2018 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«АЭРОЛОГИЯ»

по направлению подготовки **05.03.04 «Гидрометеорология»**
профиль **«Метеорология»**
уровня высшего образования бакалавриат
с присвоением квалификации «бакалавр»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки 05.03.04 «Гидрометеорология» (*программы бакалавриата, реализуемой последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2016 г.

© Географический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова

Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Аэрология» – получение студентами знаний о строении свободной атмосферы, о существующих методах измерений метеорологических величин на высотах – как *in situ*, так и посредством дистанционного (удалённого) зондирования, и о возможностях использования получаемых данных в научной и практической работе.

Задачи освоения дисциплины:

– ознакомить с методами зондирования атмосферы, с существующими аэрологическими датчиками и радиолокаторами, с основными положениями радиометеорологии и с общим устройством приборов дистанционного зондирования атмосферы; дать представление о степени надёжности и точности аэрологических данных.

– выработать навыки и знания, связанные с осуществлением отдельных видов аэрологических измерений, с некоторыми простейшими способами обработки их результатов, с чтением стандартной аэрологической телеграммы, с распознаванием данных на мониторах импульсных метеорологических радиолокаторов и пр.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Аэрология» входит в модуль «Синоптическая метеорология» профессионального цикла вариативной части ООП профиля «Метеорология». Она обязательная и изучается на 4-м курсе в 7-м и 8-м семестрах. Изучение дисциплины предполагает знание основ физической метеорологии, общей физики, общей химии, математического анализа, владение основными методами исследования атмосферных процессов.

Курс «Аэрология» очень важен в профессиональной подготовке метеоролога. Он призван дать студентам знания, необходимые для последующего изучения других дисциплин в магистратуре, а также для работы в различных областях географии, гидрометеорологии и природопользования после окончания университета.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

В соответствии с ОС МГУ и «Оценочными и методическими материалами формирования компетенций, оценивания уровня знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности у обучающихся и выпускников» освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций и получение следующих результатов обучения:

- способность использовать метеорологическую информацию в синоптическом анализе при разработке оперативных прогнозов погоды разной заблаговременности и разного целевого предназначения (СПК-4, формируется частично).

В результате освоения дисциплин модуля обучающийся должен:

Знать:

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:

правильно оценить возможные погрешности аэрологических измерений, произведённых с помощью того или иного оборудования, выполнять научный анализ аэроклиматических данных для составления анализа текущей погоды и ее прогноза;

Владеть:

простейшими методами измерений аэрологических данных (например, одноточечного шаропилотного зондирования), иметь общее представление об анализе и критическом контроле данных радиозондирования.

4. Структура и содержание дисциплины

Объем дисциплины и виды учебной работы.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачётных единиц.

Общая аудиторная нагрузка – 108 часов, в т.ч. лекции – 60 часов и семинары – 48 часов.

Объем самостоятельной работы студентов – 72 академических часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, <u>включая СРС</u> и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекция	семинар	СРС	
1	Введение и история аэрологии.	7	1	4			
2	Шаропилотные измерения ветра на высотах, оболочки и подъёмные газы.	7	2-4	6	6	5	
3	Виды датчиков в аэрологии.	7	5-7	4	6	5	
4	Основы радиолокации.	7	8-11	5	5	5	Проверочная письменная работа
5	Радиозондирование атмосферы.	7	12-14	6	6	5	
6	Самолётное и планерное зондирование атмосферы; международная система AMDAR.	7	15-16	3	4	5	
7	Змейковое и аэростатное зондирование атмосферы; измерения на высотных сооружениях.	7	17	2	4	5	
8	Ракетное зондирование атмосферы.	7	17-18	4	2	7	Проверочная письменная работа
9	Общие сведения о средней и верхней атмосфере.	7	18	2	3	7	Проверочная письменная работа
	Промежуточная аттестация					28	Экзамен
	ИТОГО, 7 семестр		18	36	36	72	
10	Введение в дистанционные методы зондирования	8	1	3		0	
11	Основы радиометеорологии, распространение электромагнитных волн в атмосфере.	8	1-3	3		0	Проверочная письменная работа
12	Импульсные метеорологические радиолокаторы.	8	3	3		0	
13	Доплеровские метеорологические радиолокаторы.	8	5-6	3		0	

14	Микроволновые радиометры.	8	6-7	3	2	0	
15	Акустические локаторы (сода-ры).	8	8-9	3	2	0	
16	Оптические квантовые локаторы (лидары).	8	10-11	3	2	0	Проверочная письменная работа
17	Грозопеленгаторы.	8	11	3		0	
18	Экскурсия на ближайшую аэрологическую станцию и (или) в центр приёма и обработки данных ближайшего метеорологического радиолокатора.	8	12		6	0	
	Промежуточная аттестация					0	экзамен
	ИТОГО, 8 семестр		12	24	12	0	
	Итого		30	60	48	72	

5. Содержание дисциплины

Содержание лекций

Тема 1. Введение и история аэрологии. Предмет и задачи аэрологии, этапы её истории и методические вопросы. Горные наблюдения, монгольфьеры и шарльеры, шары-зонды, метеорологические змеи и привязные аэростаты, 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 аэрологии. 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, термопары 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 и планерное зондирование атмосферы; международная система AMDAR. Достоинства и ограничения самолётного зондирования. Приборы (самолётный термогигрометр, трубка Пито и пр.) и методические особенности самолётных измерений. Измерения на самолётах дополнительных атмосферных показателей – обледенения, влажности и микроструктуры облаков и пр. Сеть самолётного зондирования в СССР и современные автоматические измерения на рейсовых самолётах (международная система AMDAR). Планерное зондирование атмосферы – новый аэрологический метод.

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.

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 (сонары). Основы теории рассеяния звуковых волн в атмосфере. Понятие об эффективном сечении рассеяния звука, формула Монина и уравнение акустической локации. Устройство акустического локатора (сонара), недоплеровские и доплеровские сонары. Достоинства и ограничения сонарных данных о профилях ветра и температурной стратификации. Применение сонаров 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.

Темы 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. Анализ профилей метеорологических величин и примеры критического контроля данных радиозондирования;
4. Анализ кода КН-04 и расшифровка аэрологической телеграммы;
5. Проверочная письменная работа;
6. Ознакомление с данными метеорологического радиолокатора, анализ облачности и поля ветра;
7. Ознакомление с данными акустического зондирования атмосферы;
8. Проверочная письменная работа.

Данная дисциплина призвана дать представление о методах и сущности аэрологических измерений – как классических традиционных, так и новых. Первая часть программы предполагает изучение существующих методов прямых (контактных) метеорологических измерений на различных высотах в атмосфере. Она включает в себя историю и методологию аэрологии; шаропилотное зондирование; виды датчиков различных метеорологических величин в аэрологии; основы радиолокации и некоторые общие вопросы телеметрии; радиозондирование как основной метод современных

контактных измерений; самолётное и планерное зондирование, включая современную международную систему «AMDAR»; змейковое зондирование; аэростатное зондирование; особенности микроаэрологических измерений на высотных сооружениях; ракетное зондирование; общие сведения о средней и верхней атмосфере, включающие оценку современных многолетних изменений температуры воздуха на разных высотах.

Вторая часть программы посвящена изучению основ радиометеорологии и методов дистанционного зондирования атмосферы. В неё входят общие сведения о дистанционном зондировании, теоретические основы распространения электромагнитных и звуковых волн в атмосфере, а также подробное рассмотрение отдельных дистанционных методов – импульсных (недоплеровских) и доплеровских радиолокаторов; микроволновых радиометров; акустических локаторов (сонаров); лидаров и грозопеленгаторов.

Особое внимание в программе уделено изучению радиозондирования и радиолокации как двух методов, в наибольшей степени используемых в оперативном прогнозировании погоды. Вместе с тем программа предусматривает также ознакомление со всеми существующими методами измерений на высотах, поскольку даже методы, вышедшие ныне из практики регулярных сетевых наблюдений (например, зондирование с использованием метеорологических змеев или привязных аэростатов), могут использоваться в экспедиционных экспериментальных исследованиях, а любые ряды полученных в прошлом данных важны для задач аэроклиматологии. В программе представлены также новые достижения и современные методы аэрологических исследований, включая международную систему AMDAR метеорологических измерений на рейсовых самолётах, навигационные системы радиозондирования, планерное зондирование и др. Приобретение широкого кругозора в вопросах аэрологии является необходимым элементом профессиональной подготовки современного специалиста метеоролога-климатолога.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине

Самостоятельная работа студентов заключается в проработке материала лекций и подготовке к коллективному обсуждению на семинарских занятиях по заданным темам.

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

- изучение отдельных разделов тем дисциплины;
- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- подготовку к семинарским занятиям;
- работу с электронными сетевыми источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Самостоятельная работа студентов обеспечена следующими материалами:

- учебно-методическими материалами по основным разделам дисциплины.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Проверочные письменные работы.

Примеры вопросов для проверочных письменных работ:

1. Какие из методов контактных аэрологических измерений были в прошлом повторно востребованы для массовой практики наблюдений и почему?
2. При каких допущениях подъёмную силу шара-пилота можно считать постоянной?

3. Почему аэрологические теодолиты на кораблях оснащены двумя объективными трубами?
4. Почему на аэрологических станциях в Антарктиде используют газогенераторы низкого давления?
5. Зачем в жидкостных термометрах для измерений на больших высотах в качестве термометрической жидкости использовали смесь ртути и таллия?
6. Как изменение длины базы влияет на точность измерений с помощью акустических термометров?
7. В чём состоит отличие явления гистерезиса от явления упругого последействия в материале деформационных датчиков?
8. Зачем производилось вальцевание волосных датчиков влажности, и почему эти датчики были впоследствии заменены в радиозондировании плёночными сорбентами?
9. Почему длительность импульса в радиолокаторах обычно не превышает 1 мкс? Какими соображениями ограничивается период повтора в излучении импульсов?
10. В чём состоит преимущество использования активного ответа по сравнению с уголковыми отражателями?
11. В чём состоит отличие датчиков новой отечественной модели радиозонда АК-2 от МРЗ-3А?
12. Почему частота зондирования в радиозондировании исторически сместилась из метрового диапазона в дециметровый?
13. Какие уровни относят к особым точкам при составлении аэрологической телеграммы?
14. Почему для пеленгации радиозонда в навигационных системах требуется, по меньшей мере, три станции?
15. На каких высотах продолжительность полётов свободных аэростатов в среднем наибольшая и почему?
16. Какое значение числа Циолковского характерно для метеорологических ракет? Как можно увеличить высотный диапазон ракетного зондирования, не изменяя числа Циолковского?
17. В каком промежутке высот в ракетном зондировании используются тепловые манометры Пирани и почему?
18. В чём состоит отличие в направлении многолетних изменений термического режима во второй половине двадцатого столетия на высотах 70, 100 и 110 км и почему?
19. Прозрачной или непрозрачной средой для электромагнитных волн являются ли облака и осадки?
20. Как меняется диэлектрическая проницаемость с увеличением атмосферного давления и почему?
21. Какие виды облаков наиболее успешно прослеживаются с помощью импульсных радиолокаторов и почему?
22. Какие облачные образования можно проследить на удалении 500 км от радиолокатора?
23. Можно ли измерить вертикальный профиль вектора скорости ветра в атмосфере с помощью только одной антенны доплеровского радиолокатора?
24. Можно ли измерить мощность и интенсивность приподнятой инверсии с помощью содара?
25. С помощью каких видов лидаров можно измерить температуру воздуха и его газовый состав?

8. Формы и содержание промежуточной аттестации

Экзамен устный

В 8-м семестре экзамен проводится по результатам текущего контроля успеваемости.

Примерный перечень вопросов к экзамену

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. Планерное зондирование атмосферы.
18. Змейковое зондирование атмосферы. Основные виды метеорологических змеев.
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.
23. Виды дистанционного зондирования атмосферы. Спектр электромагнитных волн. Система уравнений Максвелла в её общем виде.
24. Система уравнений Максвелла для случаев однородного диэлектрика и полупроводящей среды.
25. Основные радиофизические характеристики атмосферы и их связь с метеорологическими величинами.
26. Преломляющие свойства атмосферы. Виды радиорефракции и её учёт с помощью методов приведённого коэффициента преломления и эквивалентного радиуса Земли.
27. Ослабляющие свойства атмосферы. Ослабление волн в сухом воздухе и гидрометеорами. Формула эффективной площади рассеяния множественной метеорологической цели.
28. Уравнение дальности радиолокационного наблюдения облаков и осадков. Понятия о когерентном и некогерентном рассеянии. Потенциал метеорологических радиолокаторов и его контроль.
29. Радиолокационная отражаемость облаков и осадков, импульсные радиолокаторы. Советский радиолокатор МРЛ-5 и его характеристики. Определение форм облаков и опасных явлений погоды на индикаторах радиолокаторов.
30. Понятия когерентности и доплеровского эффекта применительно к радиолокации. Доплеровские радиолокаторы с непрерывным излучением.
31. Когерентно-импульсные доплеровские радиолокаторы и ограничения их измерений. Понятие о частоте Найквиста. Применение доплеровских радиолокаторов в метеорологии, новый российский радиолокатор ДМРЛ-С.
32. Основные законы излучения применительно к микроволновому диапазону электромагнитных волн.
33. Понятия яркостной, эффективной яркостной и антенной температуры.
34. Чувствительность микроволновых радиометров и существующие виды их приёмных устройств. Основные характеристики российского радиометра – профилемера температуры воздуха МТП-5.
35. Общие положения теории рассеяния звуковых волн в атмосфере, формула Монина для эффективного сечения рассеяния звука.
36. Уравнение акустической локации. Акустические локаторы (содары) и основные направления их использования в метеорологии.
37. Виды рассеяния волн оптического диапазона в атмосфере и их использование в лазерном зондировании. Общие принципы устройства лазеров и лидаров.
38. Уравнение лазерной локации. Применение оптических квантовых локаторов (лидаров) в метеорологии.

39.Общая характеристика гроз, электрическая структура грозового облака. Определение местоположения гроз с помощью грозопеленгаторов.

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО)

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Знания (виды оценочных средств: проверочные письменные работы)	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения (виды оценочных средств: проверочные письменные работы)	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения, опыт деятельности) (виды оценочных средств: проверочные письменные работы)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) 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.

б) дополнительная литература:

1. Белинский В.А., Побияхо В.А. Аэрология. Л., Гидрометеиздат, 1962.
2. Калиновский А.Б., Пинус Н.З. Аэрология. Л., Гидрометеиздат. 1961.
3. Метеорология верхней атмосферы Земли. Под редакцией Г.А.Кокина и С.С.Гайгерова. Л., Гидрометеиздат, 1981.
4. Алдухов О.А., Черных И.В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Обнинск, 2015.
5. Альтер-Залик Ю.Ж. Зондирование атмосферы с помощью аэростатов. Л., 1981.
6. Афанасьев Г.Т., Здорик Ю.М. Аэростатное зондирование атмосферы. Л., Гидрометеиздат, 1974, 140 с.
7. Баттан Дж. Л. Радиолокационная метеорология. Л., Гидрометеиздат, 1962.
8. Брылёв Г.Б., Гашина С.Б., Низдойминова Г.Л. Радиолокационные характеристики облаков и осадков. Л., Гидрометеиздат, 1986.
9. Довиак Р., Зрнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. Л., Гидрометеиздат, 1988.
10. Чередниченко А.В., Чередниченко В.С. Радиометеорология: учебное пособие. Алматы, Казак университеті, 2016, 272 с.

11. Радиолокационная метеорология и активные воздействия. Под ред. А.А.Синькевича, Ю.А.Довгалоук, Е.Л.Махоткиной. СПб., Главная геофизическая обсерватория, 2012. 200 с.
12. Вельтищев Н.Ф., Семенченко Б.А. Дистанционные методы измерений в гидрометеорологии. М., Издательство Московского университета, 2005, 130 с.
13. Красненко Н.П. Акустическое зондирование атмосферного пограничного слоя. Томск, ИОМ СО РАН, 2001.
14. Захаров В.М., Костко О.К., Хмелевцов С.С. Лидары и исследование климата. Л., Гидрометеоздат, 1990.
15. Молчанов П.А. Методы исследования свободной атмосферы. М.–Л., Военмориздат НКВМФ СССР, 1941.
16. Хргиан А.Х. Очерки развития метеорологии. Л., Гидрометеоздат, 1948.
17. Фламарион К. Атмосфера. Вейгелин К.Е. Завоевание воздушного океана. СПб., Книгоиздательство П.П.Сойкина, 1900, 696 с.
- в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы – профессиональные базы данных и информационные справочные системы**
<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.

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Учебная аудитория с мультимедийным проектором, экраном, доской для мела или фломастеров.

Целесообразно рекомендовать в рамках курса, по возможности, проведение экскурсии на ближайшую аэрологическую станцию или в ближайший пункт метеорологической радиолокации в системе Росгидромета или гражданской авиации.

11. Контролирующие материалы по дисциплине (ФОС)

тесты контроля усвоенных знаний по дисциплине

1) Определите, какому виду среды соответствует данная запись системы уравнений Максвелла:

$$\operatorname{rot} \bar{H} = \varepsilon \cdot \frac{\partial \bar{E}}{\partial t} + \sigma \cdot \bar{E}; \quad \operatorname{rot} \bar{E} = -\mu_0 \cdot \frac{\partial \bar{H}}{\partial t}; \quad \operatorname{div} \bar{H} = 0; \quad \operatorname{div} \bar{E} = 0.$$

а) общему случаю; б) однородному диэлектрику; в) полупроводящей среде (нужное подчеркнуть).

2) Исправьте формулу в случае, если в её записи имеется ошибка:

Мощность принятого микроволновым радиометром сигнала равна:

$$P_{np} = \frac{2 \cdot K \cdot T_a \cdot \Delta f \cdot S \cdot A}{R^2 \cdot \lambda^4}, \text{ где } K \text{ – постоянная Планка; } T_a \text{ – антенная температура; } \Delta f \text{ –}$$

полоса пропускания; S – площадь излучающей поверхности; A – эффективная площадь приёмной антенны; λ – длина волны.

3 Если утверждение неверное, зачеркните его:

а) Наиболее успешно на индикаторах импульсных радиолокаторов распознаются слоистообразные облака.

б) Нулевая радиорефракция соответствует условиям стандартной атмосферы, градиент коэффициента преломления dn/dH при этом равен $-4 \cdot 10^{-8}$.

в) Чувствительность микроволнового радиометра можно повысить путём нагрева его приёмного устройства, а также путём сужения полосы пропускания частот.

г) Приближение Релея-Джинса является частным случаем формулы Планка, справедливым для диапазона рентгеновского излучения.

**Программа одобрена на заседании кафедры метеорологии и климатологии
Протокол № 632 от 20 ноября 2018 г.**

**Зав. кафедрой метеорологии и климатологии
д.г.н., профессор**

_____ **А.В. Кислов**
подпись

Разработчик:

Локощенко :
Михаил Александрович к.г.н., в.н.с., доцент

МГУ имени М.В.Ломоносова,
географический факультет,
кафедра метеорологии и кли-
матологии

Эксперт:

Горлач :
Ирина Андреевна к.г.н., с.н.с., доцент

ФГБУ «Гидрометцентр России»