

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова  
Географический факультет

«Утверждено»

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



Согласовано  
Учебно-методической комиссией  
факультета

« 10 » 12 2018 г. пр. № 2

A handwritten signature in blue ink, likely belonging to the chair of the Faculty Methodological Commission, is written below the date.

**ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ»**

по направлению подготовки **05.03.04 «Гидрометеорология»**  
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**

**«ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЙ В ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ»**

по направлению подготовки **05.03.04 «Гидрометеорология»**  
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

Основной *целью* освоения дисциплины «Дистанционные методы измерений в гидрометеорологии» является ознакомление с основными особенностями измерений в видимом, ультрафиолетовом, инфракрасном диапазоне; с особенностями активных и пассивных радиолокационных измерений в гидрометеорологии; изучение методов акустического зондирования атмосферы и океана; ознакомление студентов с алгоритмами обработки данных дистанционных наблюдений.

Для достижения данной цели необходима реализация следующих *задач*:

- сформировать представление о задачах, возможностях и проблемах современных дистанционных методов измерений в гидрометеорологии, об их точности и надёжности;
- сформировать представление о физических основах основных методов дистанционных наблюдений в метеорологии, океанологии и гидрологии суши;
- ознакомить с алгоритмами обработки данных дистанционных измерений и восстановления гидрометеорологических величин по результатам этих измерений;
- сформировать представление о методах простейшей обработки данных дистанционных наблюдений с помощью различных программных средств.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Дистанционные методы измерений в гидрометеорологии» входит в модуль «Методы получения и анализа гидрометеорологической информации» базовой части ООП по направлению «Гидрометеорология». Она изучается на 3 курсе, в 5 семестре.

До начала изучения данной дисциплины должны быть получены знания по: высшей математике с основами математического анализа, общей физике, общей химии, климатологии с основами метеорологии, общей гидрологии, картографии, общей океанологии.

На основе знаний, полученных в рамках данной дисциплины, базируются следующие дисциплины, входящие в ООП «Гидрометеорология»: по направленности «Метеорология» - «Спутниковая метеорология», «Синоптическая метеорология», «Авиационная метеорология», «Мезометеорологические процессы», «Климатология», «Тропическая метеорология»; по направленности «Гидрология» - «Гидрология и экология озёр и водохранилищ», «Гидрология материков», «Гидрология морей и устьев рек», «Использование и охрана водных ресурсов», «Водная экология», «Русловые процессы», «Процессы глобального водообмена»; по направленности «Океанология» - «Спутниковая океанология»; «Океанология», «Технические средства и методы наблюдений в океанологии»; «Морские гидрологические прогнозы»; «Экосистемные исследования в шельфовой зоне моря».

## 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:

– владение методами гидрометеорологических измерений, статистической обработки и анализа гидрометеорологических наблюдений с применением программных средств (ПК-2.Б, формируется частично)

В результате освоения дисциплин модуля обучающийся должен:

**знать:** теоретические основы и методические принципы получения информации о значениях гидрометеорологических величин дистанционными методами измерений с искусственных спутников Земли, с самолетов-лабораторий, наземных радиолокационных станций, лазерных и других оптических установок; посредством акустического зондиро-

вания атмосферы, океана и гидросферы; возможности дистанционных методов обнаружения загрязняющих веществ на морских акваториях и водных объектах суши, а также в атмосфере (в случае лесных пожаров, извержений вулканов, промышленных выбросов и аварий);

**уметь:** определять методами дистанционных измерений физические и морфологические характеристики водных объектов (скорость и направление течения, содержание взвешенных веществ их характер, температуру и соленость воды, фронтальные зоны, характер фитопланктона в пресных и соленых водоёмах, диагностировать пространственные особенности паводков и половодий, ледовую обстановку); определять методами дистанционных измерений физические характеристики атмосферы (температуру и влажность, водность, геометрию и морфологию облачного покрова, скорость ветра);

**владеть** навыками получения данных дистанционного зондирования, методами их статистической обработки (в том числе, автоматизированной) с применением современных программных средств (GRADS, FORTRAN, IDL, FERET и др.); методами их анализа и навыками использования результатов данного анализа в научных, прикладных и производственных целях.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

##### **Объем дисциплины и виды учебной работы.**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 72 часа (2 зачётных единиц).

Общая аудиторная нагрузка составляет 36 часов, в т.ч. лекции – 18 часов, семинары – 18 часов. Объем самостоятельной работы студентов - 36 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая СРС и трудоёмкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа		СРС	
				Лекции	Семинары		
1.	Введение	5	1	1	0	1	
2.	Излучение, поглощение и рассеяние электромагнитных волн в мутной среде	5	1-2	2	2	1	Контрольное задание по семинару
3.	Дистанционные измерения в видимом и в ультрафиолетовом диапазонах.	5	3-4	2	2	3	Контрольное задание по семинару
4.	Измерения в микроволновом диапазоне средствами пассивной локализации.	5	5-6	2	2	3	Контрольное задание по семинару
5.	Измерения в микроволновом диапазоне средствами активной локализации	5	7-8	2	2	3	Контрольное задание по семинару
6.	Доплеровские системы наблюдений	5	9-10	2	2	3	Контрольное задание по семинару
7.	Поляризационные измерения	5	11-12	2	2	3	Контрольное задание по семинару

8.	Определение скорости ветра по смещению в атмосфере оптических неоднородностей	5	13-14	2	2	5	Контрольное задание по семинару
9.	Акустические методы зондирования в океане и атмосфере.	5	15-16	2	2	5	Контрольное задание по семинару
10.	Современные проблемы дистанционного мониторинга	5	17-18	1	2	6	Контрольное задание по семинару – презентация доклада
	Промежуточная аттестация					3	<b>Зачет</b>
	<b>ИТОГО:</b>		<b>18</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	

## 5. Содержание дисциплины

### Содержание лекций

**Введение.** Принципы деления методов измерений на контактные, телеметрические и дистанционные. Дистанционные методы пассивной и активной локации. Гидрометеорологические величины, измеряемые дистанционно. Типы используемых для измерений искусственных спутников Земли, требования, предъявляемые к их орбитам для решения конкретных задач. Частоты электромагнитного излучения. Роль дистанционных наблюдений в современной гидрометеорологии, их место в Глобальной системе наблюдений. Точность дистанционных наблюдений

**Тема 1. Излучение, поглощение и рассеяние электромагнитных волн в мутной среде.** Законы излучения Планка, Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина. Понятия об излучательной и поглощательной способности различных тел и сред, радиояркостной и радиационной температуре. Абсолютно чёрное тело. Серые и селективные поверхности и среды. Локализация и свойства линий и полос поглощения в газах, их изменчивость. Основные газы, поглощающие и излучающие электромагнитные волны, проблемы учёта влияния на измерения «промежуточного слоя атмосферы».

**Тема 2. Дистанционные измерения в видимом и в ультрафиолетовом диапазонах.** Солнечная радиация как средство пассивной локации. Оптико-фотографические и телевизионные исследования облачности, пылевых скоплений, лесных пожаров, наводнений, промышленных выбросов в атмосферу и в водоемы, водной растительности, взвесей, донных отложений.

**Тема 3. Дистанционные измерения в инфракрасном участке спектра.** Уходящая от Земли радиация. Измерение температуры верхней границы облаков, поверхности суши, океана и поверхности водных объектов суши, содержания в воздухе водяного пара, концентрации парниковых газов.

**Тема 4. Измерения в микроволновом диапазоне средствами пассивной локации.** Микроволновый диапазон измерений. Определение солёности морской воды, влагосодержания почвы, водности облаков. Индикация плавучего льда, образования пены, и морского волнения. Определение скорости приводного ветра на основе данных о морском волнении.

**Тема 5. Измерения в микроволновом диапазоне средствами активной локации.** Активная локация. Радиолокаторы на спутниках и самолетах. Использование радиолокаторов для восстановления водности и микрофизической структуры облаков, а также осадков. Всепогодные измерения степени морского волнения, идентификация морских льдов, индикация изменений ледниковых покровов в горах, в Гренландии и Антарктиде.

**Тема 6. Доплеровские системы наблюдений.** Эффект Доплера. Доплеровские радиолокаторы и лидары. Измерение с помощью доплеровских локаторов высоты облаков и интенсивности осадков, сравнение с наземными наблюдениями. Восстановление на основе лидарных данных профилей температуры и влажности воздуха, и их сравнение с данными радиозондирования. Восстановление профилей аэрозолей и загрязняющих веществ.

**Тема 7. Поляризационные измерения.** Поляризация. Отраженное поляризованное излучение. Получение информации о микрофизической структуре облаков, фазе продуктов конденсации, их форме и характеристиках аэрозольных частиц.

**Тема 8. Определение скорости ветра по смещению в атмосфере оптических неоднородностей.** Использование системы геостационарных спутников для определения скорости ветра по смещению облаков, неоднородностей в полях влажности и т.п. Сравнение полученных величин с результатами радиозондирования и с другими данными метеорологических измерений.

**Тема 9. Акустические методы зондирования океана и атмосферы.** Акустическая томография океана, анализ получаемых данных. Акустическое зондирование атмосферы. Использование акустического зондирования для изучения пограничного слоя атмосферы, построения вертикальных профилей температуры, влагосодержания и компонент скорости ветра и их сравнение с результатами радиозондирования.

**Тема 10. Дистанционные методы измерений и современные проблемы мониторинга.** Роль дистанционных методов при мониторинге опасных явлений (лесные и степные пожары, наводнения и др.). Экологический мониторинг. Использование космической информации для мониторинга дрейфа айсбергов, динамики морских льдов, описания покровного оледенения. Актуальные проблемы дистанционного зондирования, пути их решения. Использование результатов дистанционных данных в задаче гидродинамического прогноза погоды. Усвоение данных дистанционных измерений в современной системе глобального анализа гидрометеорологических данных.

#### *План проведения семинаров*

Основу семинарских занятий составляют доклады, выполняемые обучающимися на основе материалов лекций разделов 2 – 10, применительно к конкретной проблеме, в частности, рассматриваемой в рамках курсовой работы обучающегося.

### **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 Интернет-источниками;
- подготовку к различным формам контроля.

Самостоятельная работа студентов обеспечена следующими материалами:

- заданием для написания рефератов с перечнем рекомендуемой литературы;
- учебно-методическими материалами по основным разделам дисциплины.

### **7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости**

Зачеты по семинарам, реферат (по темам 1 - 10)

#### ***Примерные темы заданий и вопросы к контрольным заданиям по семинарам***

- Используя интернет-ресурсы, проанализировать оптико-фотографические и телевизионные изображения облачности в режиме «реального времени» и сопоставить их с текущей синоптической обстановкой

- Используя интернет-ресурсы, проанализировать оптико-фотографические и телевизионные изображения последних лесных пожаров или значительных промышленных выбросов в атмосферу.
- Используя интернет-ресурсы, проанализировать оптико-фотографические и телевизионные изображения последних крупных наводнений.
- Используя интернет-ресурсы, проанализировать оптико-фотографические и телевизионные изображения цветения морской воды или выбросов нефтепродуктов в океан.
- Изложить теоретические основы и особенности дистанционных измерений в ИК-участке спектра, на основе литературных данных оценить точности восстановления гидрометеорологических величин.
- Используя интернет-ресурсы, проанализировать ИК-изображения облачности в режиме «реального времени» и сопоставить их с текущей синоптической обстановкой.
- Используя интернет-ресурсы, проанализировать пространственное распределение температуры поверхности океана, восстановленное по спутниковым данным, и сравнить их с данными контактных наблюдений (буйковыми и судовыми наблюдениями).
- Оценить возможность и точность восстановления температуры поверхности крупных озер и водохранилищ.
- Оценить точность восстановления осадков по радиолокационным данным на конкретном примере.
- Оценить точность восстановления морского волнения по радиолокационным данным на конкретном примере.
- Оценить точность восстановления температуры и влажности воздуха с помощью лидаров на конкретном примере.
- Описать методику восстановления профилей аэрозолей и загрязняющих веществ.
- Проанализировать точности восстановления микрофизической структуры облаков поляризационными методами.
- Используя интернет-ресурсы выполнить сравнение данных о скорости ветра по смещению оптических неоднородностей с данными радиозондирования
- Используя интернет-ресурсы выполнить сравнение данных о скорости ветра с данными других дистанционных методов и с результатами радиозондирования
- На предлагаемых космических снимках найти мощные очаги кучево-дождевой облачности.
- Используя космические снимки, найти и описать фронтальную облачность
- Прочитать и визуализировать любые глобальные спутниковые данные, записанные в электронном виде в формате NetCDF
- На основе спутниковых данных о влагозапасе снежного покрова посчитать слой стока половодья в пределах конкретного речного бассейна
- Проанализировав предлагаемый космический снимок или аэрофотоснимок, оценить основные параметры речной долины
- Дана суточная сумма осадков, полученная по спутниковым данным, и осадки, по-



лученные по стационарным измерениям. Используя любой программный пакет (MATLAB, SERFER, GRADS) оценить точность спутниковых данных (отклонения от стационарных значений по тестовой области и в точках станций, ошибку пространственной дисперсии).

- Дана температура поверхности океана, полученная по спутниковым данным, и по измерениям на сети ARGO. Используя любой программный пакет (MATLAB, SERFER, GRADS) оценить точность спутниковых данных (отклонения от стационарных значений по тестовой области и в точках станций, ошибку пространственной дисперсии).
- Используя любую ГИС-технология, оценить площадь, занятую морскими льдами на предлагаемом снимке.

### **Темы докладов**

- Прогноз по спутниковым телевизионным снимкам перемещения и эволюции тропических циклонов и полярных мезоциклонов.
- Нефанализ в тропической и умеренной зонах Земного шара и его использование в задачах синоптической метеорологии.
- Изучение пограничного слоя атмосферы с помощью акустического зондирования.
- Аэрозольно-оптическая толщина атмосферы по результатам лазерного зондирования.
- Методы дистанционного обнаружения линий, гроз, града и шквалов.
- Точность восстановления характеристик облачности (балла, влажности, морфологической структуры) по спутниковым данным.
- Восстановление компонентов радиационного баланса Земли по спутниковыми данным и сравнение с наземными наблюдениями.
- Изучение озонового слоя Земли с помощью дистанционных методов измерения.
- Проблемы восстановления поля осадков по спутниковым данным.
- Восстановление вертикальных профилей ветра дистанционными методами.
- Анализ скорости приводного ветра и морского волнения на основе спутниковых данных.
- Восстановление температуры поверхности океана по спутниковым данным и сравнение с результатами контактных наблюдений
- Концентрация и пространственное распределение фитопланктона в Мировом океане по спутниковым данным.
- Исследование морских течений на основе спутниковых данных.
- Изучение структуры морских льдов и их динамики на основе дистанционных измерений
- Изучение синоптической изменчивости различных частей Мирового океана на основе спутниковых данных.
- Применение дистанционных методов для оценки экологического состояния морей и гидрологических объектов суши
- Проблемы изучения формирования речных пойм и динамики речных долин по данным аэрокосмических съемок и спутниковых снимков.
- Измерение влажности почвы дистанционными методами.
- Изучение снежного покрова по спутниковым данным и прогноз слоя стока половодья.
- Мониторинг половодий по спутниковым данным.

- Применение дистанционных методов для изучения колебаний уровня воды в водохранилищах.
- Анализ катастрофических паводков и наводнений по спутниковым данным.
- Картографирование динамики речных дельт на основе космических снимков.
- Мониторинг горных ледников по спутниковым данным
- Использование спутниковых данных для задач мониторинга селопасных районов.
- Мониторинг покровного оледенения Гренландии и Антарктиды по спутниковым данным.

## 8. Формы и содержание промежуточной аттестации

Зачет устный

### Примерный перечень вопросов к зачету

- Чем принципиально отличаются контактные, телеметрические и дистанционные методы?
- Перечислите носители, которые являются платформами для установки аппаратуры, предназначенной для дистанционных измерений в гидрометеорологии.
- Каковы требования к аппаратуре, предназначенной для пассивной локации в видимом диапазоне атмосферы, наземных и ресурсных объектов?
- В каком участке спектра находятся «окна прозрачности» атмосферы?
- Что называется «радиояркой температурой»? Привести формулы.
- В каких пределах меняется излучательная способность суши и морской поверхности в микроволновом диапазоне, от чего она зависит?
- Перечислите основные алгоритмы восстановления осадков по пассивным микроволновым измерениям, поясните их основу и укажите на недостатки.
- Найдите на предлагаемых телевизионных снимках из Космоса облачные образования, отражающие основные виды циркуляции атмосферы на уровне верхней границы облаков.
- Что представляют собой радиолокационные системы бокового обзора? Перечислите их достоинства и недостатки.
- От чего зависит распространение электромагнитных волн в атмосфере содержащей продукты конденсации? Как найти необходимый для измерений на земной поверхности частотный диапазон?
- Напишите и поясните уравнение радиолокации.
- Какие характеристики атмосферных взвесей определяются поляризационными измерениями?
- В чём сущность акустического зондирования атмосферы?
- Изложить суть метода лазерного зондирования атмосферы.
- Изложить суть метода акустического зондирования океана

### – ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ результатов обучения (РО)

Оценка	Незачет	Зачет
РО и соответствующие виды оценочных средств		
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: устные опросы)	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но не структурированные знания

<b>Умения</b> (виды оценочных средств: контрольные задания)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: контрольные задания)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### а) Основная литература.

Вельтищев Н.Ф., Семенченко Б. Дистанционные методы измерений в гидрометеорологии. М.изд. МГУ, 2005. 129с.

Тимофеев Ю.М. Глобальная система мониторинга параметров атмосферы и поверхности. Санкт-Петербург, 2010

### б) Дополнительная литература.

Герман М.А. «Спутниковая метеорология» Л. ГИМИЗ, 1975 г., 367 с.

Довиак Р., Зорнич Д. Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения. Л., Гидрометеиздат, 1988.

Калинин Г.П., Курилова Ю.В., Колосов П.А. «Космические методы в гидрологии». Л. ГИМИЗ, 1977г. 184 с.

Кондратьев К.Я. «Спутниковая климатология» Л.ГИМИЗ,1973г. 261с.

Кондратьев К.Я., Поздняков Д.В. «Оптические свойства природных вод и дистанционное зондирование фитопланктона.» Л.Наука,1988, 178с.

Лаврова О. Ю., Костяной А. Г., Лебедев С. А. и др. Комплексный спутниковый мониторинг морей России /— М.: ИКИ РАН, 2011. — 480 с.

### в) Интернет-ресурсы профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

<http://www.avisio.oceanobs.com/en/data/products.html> (содержатся данные об аномалии уровня морской поверхности, абсолютной динамической топографии, волнения ветра, течения. <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/> (содержатся океанографические данные)

<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/giovanni/overview/index.html> (большой портал гидрометеорологических данных)

<http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/services/NetCDF> (большой портал гидрометеорологических данных)

<http://lance-modis.eosdis.nasa.gov/cgi-bin/imagery/realtime.cgi> (гидрометеорологические данные в видео диапазоне)

<http://sst.jpl.nasa.gov/SST/> (данные о температуре поверхности океана)

Статьи по анализу гидрологических явлений:

<http://istina.imec.msu.ru/accounts/profile/Kravtsova/>

<http://istina.imec.msu.ru/accounts/profile/labutinaia/>

<http://istina.imec.msu.ru/accounts/profile/olgatut/>

<http://scanex.ru/> (информация об исследованиях динамичных процессов в гидрологии – русловые процессы, русловые деформации, устьевые процессы, изменение морского края дельты, динамики гидрографической сети; статьи, посвященные анализу затопления пойм при паводках, половодьях и катастрофических наводнениях; мониторинг ледовых явлений на реках; мониторинг ледников)

[http://d33.infospace.ru/d33\\_conf/sb2012t1/258-268.pdf/](http://d33.infospace.ru/d33_conf/sb2012t1/258-268.pdf/) (снег, запасы воды в снеге, температура снега)

## **10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

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

## **11. Контролирующие материалы по дисциплине (ФОС)**

### ***тесты контроля усвоенных знаний по дисциплине***

#### 1) Подчеркните правильные утверждения

- а) монохроматическое излучение в видимом диапазоне спектра обратно пропорционально четвертой степени длины волны
- б)  $1 \text{ мкм} = 10^{-9} \text{ м}$
- в) геостационарный спутник не меняет своего положения относительно системы координат, связанной с Солнцем
- г) окна прозрачности водяного пара зависят от водности облаков
- д) спектр солнечной радиации приходится на длины волн  $0.2 - 2.5 \text{ мкм}$

#### 2) В видимом диапазоне спектра восстанавливаются данные:

- а) о температуре воздуха на разных уровнях
- б) о солености приповерхностного слоя морской воды
- в) об интенсивности морского волнения
- г) о концентрации хлорофилла в морской воде
- д) об атмосферных осадках
- е) о площади затопления во время половодья и паводков

#### 3) Подчеркните правильные оценки точности величин, восстановленных дистанционно:

- а) Температура поверхности океана –  $5 \text{ }^\circ\text{C}$
- б) Осадки  $0.2 - 0.4 \text{ мм}$
- в) Высота морской волны:  $0.5 \text{ м}$
- г) водность снежного покрова:  $1 \text{ мм}$
- д) температура воздуха в свободной атмосфере  $0.5 - 1 \text{ }^\circ\text{C}$

#### Радиус корреляции позволяет:

- а) оценить точность гидрометеорологических наблюдений
- б) оценить расстояние между точкой наблюдения и узлом модельной сетки
- в) рассчитать корреляцию между данными в нескольких точках измерений
- г) оценить площадь, в пределах которой корреляция между измеренными гидрометеорологическими величинами является значимой

Сформулируйте и прокомментируйте закон распространения излучения в полупрозрачной среде (с соответствующими формулами и при необходимости с их выводом)

#### 4) Какие гидрометеорологические величины и с какой точностью можно измерить в инфракрасной области спектра?

**Программа одобрена на заседании учебно-методической комиссии географического факультета.**

Протокол № 12 от 10.12.2018 г.

Куратор направления  
«Гидрометеорология», доцент

\_\_\_\_\_ А.Г.Косицкий  
подпись

**Разработчик:**

Торопов  
Павел Алексеевич

к.г.н., доцент

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

**Эксперт:**

Кислов  
Александр Викторович

д.г.н., профессор

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет, кафедра  
метеорологии и климатологии