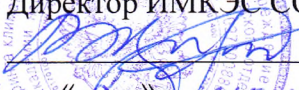




ФАНО России

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт мониторинга климатических и экологических систем  
Сибирского отделения Российской академии наук

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИМКЭС СО РАН, д.ф.-м.н.  
 Крутиков В.А.  
« 2 »  2015 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.В.ДВ.3 РАДИАЦИОННЫЙ И ТЕПЛОВОЙ РЕЖИМ АТМОСФЕРЫ**

Трудоемкость в зачетных единицах – 2

Наименование подготовки: 05.06.01 Науки о земле (уровень подготовки кадров высшей квалификации)

Направленность (профиль) подготовки: 25.00.36 – Геоэкология (по отраслям)

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: очная

г. Томск  
2015 г.

## 1. Цели изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Радиационный и тепловой режим атмосферы» является формирование у аспирантов основ знаний по особенностям радиационного режима атмосферы, переноса и поглощения излучения в атмосфере, умений и навыков использования методов оценивания величин потоков радиации.

Для достижения поставленной цели необходимо:

- дать представление об объекте, предмете, теории и методах оценивания величин потоков радиации;
- познакомить аспирантов с основными источниками данных потоков радиации.

## 2. Место учебной дисциплины в структуре основной образовательной программы подготовки кадров высшей квалификации

Учебная дисциплина «Радиационный и тепловой режим атмосферы» входит в вариативную часть основной образовательной программы, соответствует требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (далее ФГОС ВО) по направлению 05.06.01 Науки о Земле, направленность (профиль) подготовки: 25.00.36 – Геоэкология (по отраслям). Эта дисциплина имеет логические и содержательно-методические взаимосвязи с дисциплинами соответствующего направления.

Курс имеет интегрально-прикладной характер. В качестве теоретической основы выступают фундаментальные дисциплины: «Молекулярная физика и термодинамика», «Тепловое излучение», «Оптика», «Метеорология», «Перенос излучения и рассеяние».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенными с планируемыми результатами освоения ООП

В результате изучения дисциплины аспирант должен обладать следующими *общепрофессиональными компетенциями*:

– готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2)

В результате освоения дисциплины аспирант должен обладать следующими *профессиональными компетенциями*:

- способность выполнять информационный поиск, анализ и обобщение научно-технической информации по объектам фундаментальных и прикладных исследований в области геоэкологии (ПК-1);

- готовность применять навыки использования методов оценивания величин потоков радиации, тепла и малых газовых составляющих между почвой и атмосферой (ПК-7).

Аспирант, освоивший содержание дисциплины в рамках планируемых результатов обучения должен:

**знать:**

1) нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования;

2) требования к квалификационным работам бакалавров, специалистов, магистров;

3) современное состояние науки геоэкологии;

4) нормативные документы для составления заявок, грантов, проектов НИР;

5) требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях;

6) методы сбора, обработки, систематизации и фиксации материалов по объектам научного исследования;

7) основные методы оценивания величин потоков радиации, тепла и малых газовых составляющих между почвой и атмосферой;

**уметь:**

- 1) осуществлять отбор и использовать оптимальные методы преподавания;
- 2) курировать выполнение квалификационных работ бакалавров, специалистов, магистров;
- 3) представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде публикаций в рецензируемых научных изданиях;
- 4) готовить заявки на получение научных грантов и заключения контрактов по НИР в области геоэкологии;
- 5) анализировать, систематизировать современную эколого-географическую информацию; использовать информационно-библиографические технологии;
- 6) самостоятельно работать со специальной научной литературой, связанной с проблемами оценки величин потоков радиации, тепла и малых газовых составляющих между почвой и атмосферой;

**владеть:**

- 1) технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования;
- 2) методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности Геоэкология (25.00.36);
- 3) навыками составления и подачи конкурсных заявок на выполнение научно-исследовательских и проектных работ по направленности подготовки Геоэкология (25.00.36);
- 4) навыками самостоятельной исследовательской работы с различными источниками географо-экологической информации: литературными и фондовыми материалами, картографическими материалами, профилями, схемами, аэрокосмической информацией, ГИС и пр.;
- 5) навыками осуществления теоретической и экспериментальной научно-исследовательской деятельности в области оценки величин потоков радиации, тепла и малых газовых составляющих между почвой и атмосферой.

Карта компетенций и критерии оценивания уровня сформированности компетенций приведены в Приложении 1 к основной образовательной программе высшего образования по направлению подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре 05.06.01 Науки о земле, направленность (профиль) подготовки 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы.

**4. Общая трудоемкость дисциплины (2 зачётных единицы) и виды учебной работы**

<b>Вид учебной работы</b>	<b>Трудоемкость (в соответствии с учебным планом) (час.)</b>
Аудиторные занятия	
Лекции	14
Практические работы	8
Семинары	
Лабораторные работы	
Другие виды аудиторных работ	
Другие виды работ	
Самостоятельная работа	50
Всего:	72
Формы текущего контроля	тесты
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	зачет

## 5. Содержание программы учебной дисциплины

### 5.1. Содержание учебной дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы (час.)				Самостоятельная работа (час)
		Всего	Лекции	Практические (семинары)	Лабораторные работы	
1.	Введение в курс «Радиационный и тепловой режим атмосферы»		2			2
2.	Основные законы излучения.		2	2		6
3.	Ослабление и рассеяние солнечной радиации		2			12
4.	Излучение земли и атмосферы.		2	2		8
5.	Радиационный баланс земной поверхности и атмосферы		2	2		10
6.	Тепловой баланс земной поверхности.		4	2		12
	<b>Итого:</b>	22	14	8		50

### 5.2. Содержание разделов дисциплины

**5.2.1. Введение в курс «Радиационный и тепловой режим атмосферы».** Цели и задачи курса, его структура. Основные определения и понятия. Термодинамика атмосферы.

**5.2.2. Основные законы излучения.** Излучение абсолютно черного тела. Зависимость радиации от температуры. Коротковолновая (солнечная) и длинноволновая (земная и атмосферная) радиация. Тепловое и лучистое равновесие Земли. Основные законы излучения.

**5.2.3. Ослабление и рассеяние солнечной радиации.** Солнечный спектр и спектры поглощения атмосферы. Солнечная постоянная. Спектральный состав солнечной радиации. Поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Поглощение в ультрафиолетовой области спектра. Поглощение в видимой и ближней инфракрасной области. Прямая солнечная радиация. Закон ослабления радиации в атмосфере. Рэлеевское рассеяние. Рассеяние на аэрозолях. Индикатриса. Однократное и многократное рассеяние. Функция пропускания. Сумерки и заря. Атмосферная видимость. Коэффициент прозрачности, фактор мутности. Суммарная радиация. Отражение радиации и альbedo. Поглощенная радиация. Освещенность.

**5.2.4. Излучение земли и атмосферы.** Тепловой спектр инфракрасной радиации. Общие характеристики инфракрасных спектров поглощения атмосферных газов. Перенос инфракрасного излучения. Излучение земной поверхности, встречное излучение, эффективное излучение.

**5.2.5. Радиационный баланс земной поверхности и атмосферы.** Радиационный баланс земной поверхности и на верхней границе атмосферы. Парниковый эффект. Уходящая радиация. Планетарное альbedo Земли. Распределение солнечной радиации на границе атмосферы. Географическое распределение суммарной радиации и радиационного баланса земной поверхности на земном шаре.

**5.2.6. Тепловой баланс земной поверхности.** Причины изменений температуры воздуха, индивидуальные и локальные изменения. Суточный ход температуры воздуха и его

изменения с высотой. Периодические и непериодические изменения температуры воздуха в различных слоях атмосферы. Междусуточная изменчивость температуры. Годовая амплитуда температуры воздуха и континентальность климата. Типы годового хода температуры воздуха. Географическое распределение температуры, влияние суши и моря, орографии и морских течений. Стратификация воздушных масс, стратификация атмосферы, ее роль в развитии вертикальных движений. Конвекция. Инверсии температуры и их типы. Тепловой баланс земной поверхности. Различия в тепловом режиме почвы и водоемов. Тепловой баланс системы Земля - атмосфера.

## **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **6.1. Основная литература по дисциплине**

- Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: Изд-во МГУ, 2001.  
Шерстюков Б.Г. Анализ изменений климата и их последствий: Труды ВНИИГМИ-МЦД. Обнинск. Вып. 176. - 2012. - 372 с.  
Кусков А.И., Катаев С.Г. Структура и динамика приземного температурного поля над азиатской территорией России. Федер. агентство по образованию, Том. гос. пед. ун-т. - Томск: Изд-во Том. гос. пед. ун-та, 2006. - 175 с.

### **6.2. Дополнительная литература**

- Дроздов В. В. Общая экология: учебное пособие. - Спб.: РГГМУ, 2011. 504(075.8)  
Суперкомпьютерное моделирование в физике климатической системы: учебное пособие/ В. Н. Лыкосов и др. – М.: МГУ, 2012.  
Шерстюков Б.Г. Анализ изменений климата и их последствий: Труды ВНИИГМИ-МЦД. Обнинск. Вып. 176. - 2012. - 372 с.  
Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. М.: Изд-во МГУ, 2001.  
Зуев В.Е. Распространение видимых и инфракрасных волн в атмосфере. — М., Сов. радио, 1970, 496 с.  
Зуев В.Е., Кабанов М.В. Перенос оптических сигналов в земной атмосфере (в условиях помех). М.: Сов. радио, 1977. 368 с.

#### *Журналы:*

География и природные ресурсы  
Известия РАН серия географическая  
Известия РАН Физика атмосферы и океана  
Метеорология и гидрология

### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

- Электронные библиотечные системы:*  
Книгофонд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.knigafund.ru>  
Электронный каталог ТНЦ СО РАН [www.library.tsc.ru/opac](http://www.library.tsc.ru/opac)  
Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru>

- Специализированные электронные источники:*  
Кондратьев, К.Я. Актинометрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://books.e-heritage.ru/book/10087205>  
Национальное географическое общество [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rusngo.ru>

#### **6.4. Рекомендации по использованию информационных технологий, включая перечень программного обеспечения и информационно-справочных систем**

При изучении дисциплины «Радиационный и тепловой режим атмосферы» используются современные информационные технологии, позволяющие читать лекции и облегчающие понимание темы или вопроса. Часть лекционного материала и материалов семинарских занятий доступны через сеть Интернет, режим доступа к которым сообщается лектором; подобное самостоятельное обучение развивает способности к поиску и отбору студентом требуемой информации в сети Интернет;

#### **7. Методические рекомендации для аспирантов по освоению дисциплины**

В ходе изучения дисциплины аспирантами должны быть усвоены основные понятия, методы, методология, принципы. Наряду с классическими технологиями обучения (лекции и самостоятельная подготовка) при изучении данной дисциплины применяются некоторые другие современные методы обучения:

- лекции с применением информационно-коммуникационных технологий;
- часть лекционного материала и материалов семинарских занятий доступны через сеть Интернет;
- режим собеседования с преподавателем, реализуемый через коллоквиумы, позволяет, кроме функции контроля, развить у аспирантов навыки профессиональной речи.

При изучении дисциплины «Радиационный и тепловой режим атмосферы» предусматривается написание реферативной работы. Реферативные материалы должны представлять письменную модель первичного документа — научной работы, монографии, статьи. Реферат может включать обзор нескольких источников и служить основой для доклада на определенную тему на семинарах, конференциях. Регламент озвучивания реферата - 7-10 мин.

Большое внимание в ходе обучения уделяется самостоятельной работе аспирантов. При этом виды самостоятельной работы предусматривают:

- сбор и изучение информации;
- анализ, систематизация и трансформация информации;
- отображение информации в необходимой форме;
- консультация у преподавателя.

В соответствии с учебным планом проводится зачет в конце 2-го года обучения. К итоговой аттестации допускаются аспиранты, прослушавшие курс лекций, выступившие с сообщениями на семинарах, выполнившие практические и контрольные работы.

#### **8. Фонд оценочных средств**

Фонд оценочных средств определяется Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося, утвержденным в ИМКЭС СО РАН и включает в себя:

##### **8.1. Вопросы и задания для самостоятельной работы, в том числе групповой самостоятельной работы аспирантов**

Самостоятельная работа предусматривает в основном углубленное изучение содержание разделов курса.

1. Законы термодинамики.
2. Солнечная постоянная. Спектр излучения Солнца.
3. Основные законы теплового излучения. Необходимое условие для выполнения законов излучения черного тела.

4. Ослабление солнечной радиации в атмосфере: рассеяние и поглощение солнечная радиация.
5. Молекулярное и аэрозольное рассеяние.
6. Явления, связанные с рассеянием радиации.
7. Альbedo подстилающей поверхности, облаков, планетарное альbedo.
8. Коротковолновая радиация: прямая солнечная радиация; рассеянная; суммарная радиация.
9. Длинноволновое излучение: излучение земной поверхности; излучение атмосферы; эффективное излучение.
10. Радиационный баланс земной поверхности, атмосферы и системы «Земля – атмосфера».
11. Закономерности распространения тепла в приземном слое, в пограничном слое, теория суточного хода температуры воздуха.
12. Периодические изменения температуры воздуха.
13. Инверсии температуры.
14. Континентальность климата.
15. Стратификация атмосферы.
16. Уравнение теплового баланса земной поверхности, атмосферы и системы «Земля – атмосфера». Различия в тепловом режиме суши и океанов.

#### Радиационный режим атмосферы

Следует знать законы Кирхгоффа, Вина и Стефана-Больцмана и представлять особенности их применения в атмосфере. Требуется иметь представление о спектральном составе солнечной радиации на внешней границе атмосферы, о спектральном составе излучения Земли, о процессах поглощения, рассеяния и отражения радиации в атмосфере.

Уметь выводить и анализировать основной закон ослабления солнечной радиации в атмосфере - закон Ламберта-Буге.

Следует иметь представление об основных потоках «коротковолновой» и «длинноволновой» радиации в атмосфере и уметь записать и проанализировать уравнения радиационного баланса подстилающей поверхности Земли, атмосферы и системы «земная поверхность-атмосфера».

1. На какой диапазон длин волн приходится максимальное количество энергии в солнечном спектре на внешней границе атмосферы? Какова длина волны абсолютного энергетического максимума излучения Солнца?
2. Что такое солнечная постоянная, каково ее численное значение и как она связана с инсоляцией на внешней границе атмосферы?
3. Какие процессы вызывают ослабление солнечной радиации в атмосфере?
4. Какова роль водяного пара в поглощении солнечной радиации и в поглощении земного излучения?
5. Чем объясняется голубой цвет неба и белый цвет облаков?
6. Каковы причины суточного и годового хода интенсивности суммарной радиации?
7. Где поглощается большая часть солнечной радиации - в атмосфере или на земной поверхности?
8. Что такое альbedo, и какие естественные поверхности отличаются наибольшим и наименьшим его значением?
9. Что такое эффективное излучение земной поверхности и как оно зависит от облачности?
10. Какие факторы влияют на радиационный баланс земной поверхности?
11. Что такое уходящее длинноволновое излучение?

#### Термодинамика атмосферы

Следует уметь выводить и анализировать уравнение первого начала термодинамики для идеального газа. Необходимо иметь представление о сухоадиабатическом и влажноадиабатическом процессах. Обратить внимание на адиабатическое изменение температуры воздуха при его вертикальных движениях, а также на изменение характеристик

влажности при перемещении воздуха выше и ниже уровня конденсации. Следует иметь представление о потенциальной температуре, псевдопотенциальной температуре, уровне конвекции и условиях вертикальной статической устойчивости. Ознакомиться с аэрологической диаграммой и возможностями ее использования.

1. Сущность уравнения первого начала термодинамики.
2. Что такое сухоадиабатический градиент? Почему при сухоадиабатическом подъеме воздуха происходит его охлаждение, а при опускании – нагревание?
3. Что такое потенциальная температура и каковы способы ее определения?
4. От каких факторов зависит высота уровня конденсации?
5. Как изменяются относительная влажность и массовая доля водяного пара при адиабатическом подъеме влажного воздуха до уровня конденсации и выше?
6. Является ли влажноадиабатический градиент постоянной величиной? Каково его количественное соотношение с сухоадиабатическим градиентом?
7. Каковы условия вертикальной статической устойчивости для сухого воздуха и воздуха, содержащего насыщенный водяной пар?
8. Как изменяется с высотой потенциальная температура в слое воздуха при его устойчивой, неустойчивой и безразличной стратификации?
9. Как можно с помощью аэрологической диаграммы определить характеристики влажности, высоту уровня конденсации, проанализировать устойчивость слоя воздуха?

### **8.3. Примеры тестов**

1. Что такое оптическая масса атмосферы и какова ее зависимость от высоты солнца?
2. Каков физический смысл коэффициента прозрачности и как меняется его величина в зависимости от содержания водяного пара и примесей в атмосфере?
3. Что такое оптическая толщина атмосферы и от каких факторов она зависит?
4. Каковы основные потоки "коротковолновой" радиации в атмосфере Земли?
5. Каково влияние облачности на поток суммарной радиации?
6. Каковы основные потоки "длинноволновой" радиации в атмосфере Земли?
7. Какова зависимость потока эффективного излучения Земли от облачности и альбедо подстилающей поверхности?
8. Что такое радиационный баланс подстилающей поверхности и каковы особенности его изменения?
9. Что такое радиационный баланс атмосферы и от чего зависит его составляющие?

### **8.4. Перечень вопросов для промежуточной аттестации:**

1. Виды термодинамических процессов. Теплоемкость.
2. Стратификация атмосферы.
3. Инверсии температуры в атмосфере. Причины и виды инверсий.
4. Вертикальный градиент температуры воздуха в тропосфере. Изотермия.
5. Влажно-адиабатический процесс. Сухо- и влажно-адиабатический градиенты.
6. Тепловой режим атмосферы. Теплообмен и его виды.
7. Электромагнитное излучение Солнца. Инсоляция. Солнечная постоянная.
8. Основные законы излучения. Полный поток радиации от Солнца.
9. Соляной климат. Солнечная постоянная.
10. Спектральный состав энергии солнечной радиации.
11. Прямая солнечная радиация. Географическая зональность распределения прямой солнечной радиации по земному шару.
12. Ослабление солнечной радиации в атмосфере.
13. Рассеяние солнечной радиации в атмосфере. Законы рассеяния и следствия процесса рассеяния радиации.



14. Альbedo. Какие факторы влияют на альbedo? Коротковолновый радиационный баланс. Альbedo Земли.
15. Парниковый эффект. Парниковые газы в атмосфере.
16. Эффективное излучение. Длинноволновый баланс радиации.
17. Уравнение радиационного баланса поверхности Земли. Составляющие баланса для дня и ночи.
18. Суммарная радиация. Закономерности географического распределения для зимы и лета.
19. Тепловой режим водоемов и почвы. Толщина деятельных слоев, объясните различия.
20. Суточный и годовой ход температуры почвы и воздуха. Особенности. Закономерности.
21. Закономерности распределения температуры в тропосфере и стратосфере летом и зимой.
22. Градиенты температуры воздуха в тропосфере.
23. Типы годового хода температуры воздуха.
24. Географическое распределение температуры воздуха. Год. Зима. Лето.
25. Уравнение теплового баланса подстилающей поверхности. Физический смысл. Составляющие.
26. Влияние растительности и снежного покрова на температуру почвы, суточный и годовой ход.
27. Заморозки. Причины и типы заморозков. Факторы, влияющие на их интенсивность.
28. Континентальность климата. Индексы континентальности.

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

При освоении дисциплины используется библиотечный фонд ИМКЭС СО РАН и других институтов ТНЦ, в том числе отечественным и зарубежным периодическим изданиям и сети Интернет. По всем разделам дисциплины подготавливаются презентации лекций и семинаров, имеется соответствующее мультимедийное оборудование. Проведение практических работ обеспечивается наличием приборного комплекса лабораторий ИМКЭС СО РАН, базы учебной литературы.

Рабочая программа составлена на основании:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 05.06.01 Науки о земле, утвержденного Приказом Министерства образования и науки РФ № 870 от 30.07.2014 г.;
- паспорта специальности научных работников ВАК 25.00.36 – Геоэкология (по отраслям).

Рабочая программа составлена:  
к.ф.-м.н, с.н.с. ЛФКС ИМКЭС СО РАН



С.В. Логиновым

Рабочая программа рассмотрена и рекомендована к утверждению решением Ученого совета ИМКЭС СО РАН. Протокол УС ИМКЭС СО РАН № 8 от 02.07 2015 г.