

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета, профессор, д.г.н.

В.З.Макаров
"14" _____ 2021 г



Рабочая программа дисциплины
РАДИАЦИОННЫЙ БАЛАНС ЗЕМЛИ

Направление подготовки
05.04.05 Прикладная гидрометеорология

Профиль подготовки
Метеорология и климатология

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
очная

Саратов,
2021

Статус	ФИО	Подпись	Дата
Преподаватель-разработчик	Червяков М.Ю.		11.05.21
Председатель НМК	Кудрявцева М.Н.		11.05.21
Заведующий кафедрой	Червяков М.Ю.		11.05.21
Специалист Учебного управления			

1. Цели освоения дисциплины «Радиационный баланс Земли»

Целью дисциплины «Радиационный баланс Земли» является ознакомление магистров направления Прикладная гидрометеорология с современным состоянием исследований в области атмосферной радиации, радиационного баланса Земли (РБЗ) и солнечной активности. Внимание уделяется также различным видам мониторинга составляющих РБЗ и методам статистического анализа данных наблюдений.

В процессе обучения студенты знакомятся с пространственно-временными вариациями РБЗ, основными факторами солнечной активности, механизмами их воздействия на верхние слои земной атмосферы и тропосферные процессы, а также с современными методами прикладной статистики и их применению для выявления связи различных метеорологических процессов с солнечной активностью.

В результате изучения дисциплины магистры должны быть подготовлены к решению профессиональных задач сбора, обработки и анализа временных рядов, составляющих РБЗ, наземных актинометрических данных, индексов солнечной активности и гидрометеорологических данных, а также к решению задач анализа результатов экспериментов и наблюдений. Полученные знания могут использоваться ими при проведении мониторинга природной среды, анализе и прогнозе состояния атмосферы, вод суши и Мирового океана, оценке их возможного изменения, вызванного естественными и антропогенными причинами.

2. Место дисциплины «Радиационный баланс Земли» в структуре ООП

Дисциплина «Радиационный баланс Земли» входит в обязательную часть блока Б1, читается на первом курсе (2 семестр) и является обязательной дисциплиной. Изучение дисциплины базируется на знаниях студентов, полученных в результате освоения курсов «Физика», «Физика атмосферы», «Метеорологические проявления геофизических процессов», «Астрономические методы в метеорологии», «Дистанционное зондирование Земли» и «Математика».

3. Результаты обучения по дисциплине «Радиационный баланс Земли»

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
ОПК-1. Способность применять теоретические основы	1.3_М.ОПК-1. Осуществляет поиск баз данных характеристик	Знать: основные базы данных по составляющим РБЗ, наземным актинометрическим данным,

<p>специальных и новых разделов в области Наук о Земле при решении профессиональных задач</p>	<p>природной среды.</p>	<p>основные циклы изменения факторов солнечной активности и характерные времена запаздывания их проявления; механизмы воздействия этих факторов на состояние атмосферы на различных высотах; современные методы статистической обработки результатов наблюдений гидрометеорологических процессов и рядов индексов солнечной активности; Уметь: формулировать задачи выявления связи значений метеорологических и климатических характеристик с индексами солнечной активности на языке математической статистики; Владеть: навыками самостоятельной работы с научной литературой, в том числе со специальной литературой по изучению РБЗ, солнечно-земных связей, методами прикладной статистики и базами метеорологических, климатических и гелиофизических данных в сети Интернет.</p>
<p>ОПК-3. Способен реализовывать задачи исследования, выполнять экспериментальные работы, проводить исследования с применением знаний фундаментальных и прикладных дисциплин в области Наук о Земле, интерпретировать и представлять результаты исследования</p>	<p>1.1_М.ОПК-3. Осуществляет эксперименты в рамках выбранного направления исследований</p>	<p>Знать: особенности пространственно-временной изменчивости составляющих РБЗ, основные факторы солнечной активности, способные повлиять на верхние слои земной атмосферы и гидрометеорологические процессы; Уметь: проводить анализ пространственно-временной вариации составляющих РБЗ с использованием компьютерных программ, решать задачи проверки соответствия выдвигаемых гипотез о связи изменений гидрометеорологических характеристик с факторами солнечной активности</p>

		наблюдательным данным; проводить поиск возможных периодических составляющих в гидрометеорологических временных рядах, совпадающих по продолжительности с циклами солнечной активности; Владеть: навыками работы с наставлениями и руководящими документами; современными компьютерными программами статистической обработки данных наблюдений; современными средствами компьютерной графики и текстовыми процессорами, используемыми при подготовке отчетов о проведенных исследованиях.
--	--	--

4. Структура и содержание дисциплины «Радиационный баланс Земли»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
				лекции	лабораторные занятия		КСР	
					Общая трудоемкость	Из них – лабораторная подготовка		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. Важность анализа составляющих РБЗ и солнечно-земных связей в гидрометеорологии.	2	1	2				Устный контроль
2	Общие характеристики Солнца. Основные наблюдаемые проявления солнечной активности.	2	2		5		10	Устный контроль.
3	Проблема солнечной постоянной	2	4	2	5		10	Устный контроль.
4	Влияние факторов солнечной активности на тропосферные процессы.	2	4-5	2	5		10	Устный контроль. Письменный контроль
5	Базы данных по составляющим РБЗ, гелиогеофизическим связям и специализированные серверы в сети Интернет.	2	6-7	2	5		10	Устный контроль. Письменный контроль

6	Спутниковые и наземные методы измерения радиационных потоков	2	8-9	2		4	Устный контроль. Тестовый контроль
7	Радиационный баланс Земли и климат	2	10-11	2		10	Устный контроль. Письменный контроль
8	Региональные особенности пространственно-временной изменчивости составляющих РБЗ	2	12		4	5	Устный контроль.
9	Возможность использования наблюдаемых изменений солнечной постоянной для исследования земной климатической системы.	2	13-14	2	6	5	Устный контроль. Письменный контроль
Всего:				14	30	64	Зачет

1 Введение. Важность анализа составляющих РБЗ и солнечно-земных связей в гидрометеорологии

Основные понятия и определения. Единицы измерения. Радиация в атмосфере. Характеристики взаимодействия излучения со средой. Уравнение радиационного переноса для различных атмосферно-оптических задач.

Ослабление солнечной радиации в атмосфере. Вклад аэрозолей и водяного пара в ослабление солнечной радиации. Основы теории рассеяния. Теория Ми и релеевское рассеяние.

Понятие гелиогеофизических связей. История их изучения. Другие космические факторы, оказывающие влияние на гидрометеорологические процессы: приливы, особенности движения Земли в Солнечной системе, вращение Земли, прецессия, движение полюса.

2 Общие характеристики Солнца. Основные наблюдаемые проявления солнечной активности

Расстояние от Земли до Солнца. Радиус и масса Солнца. Солнце как источник энергии. Светимость Солнца. Распределение энергии в спектре Солнца и оценки его температуры. Источники солнечной энергии. Механизмы переноса энергии от центральных районов к поверхности. Изменение светимости Солнца в ходе его эволюции. Наблюдаемые слои солнечной атмосферы: фотосфера, хромосфера и корона. Магнитные поля.

Фотосферные пятна, факелы и грануляция. Размеры и температура пятен. Механизм возникновения пятен. Активные области. Вспышки. Механизм возникновения вспышек. Электромагнитное и корпускулярное излучение солнечных вспышек. Солнечный ветер. Скорость распространения солнечного ветра. Связь солнечного ветра с корональными дырами и магнитными полями Солнца.

Число Вольфа. Площадь солнечных пятен. Изменение солнечной активности со временем. 11-летний и 22-летний циклы солнечной

активности. Влияние солнечной активности на изменение солнечной постоянной.

3 Проблема солнечной постоянной

Солнечная постоянная. Современные методы ее измерения. Спутниковые методы наблюдения за солнечной постоянной. Исследования солнечной постоянной в Саратовском университете. ИСП – измеритель солнечной постоянной.

4 Влияние факторов солнечной активности на тропосферные процессы

Характерные значения энергий факторов солнечной активности и тропосферных процессов. Примеры анализа взаимных спектров мощности рядов индексов солнечной активности и метеорологических временных рядов.

5 Базы данных по составляющим РБЗ, гелиогеофизическим связям и специализированные серверы в сети Интернет

Базы оперативных данных о составляющих РБЗ. Актинометрические базы данных наземных наблюдений. Базы данных солнечной активности. База данных по космической физике SPIDR. Индексы солнечной активности. Геомагнитные индексы. Данные нейтронных мониторов о потоках галактических космических лучей. Анализ и прогноз космической погоды.

6 Спутниковые и наземные методы измерения радиационных потоков

Измерение различных радиационных потоков Земли с помощью искусственных спутников Земли. Зарубежные приборы для измерения потоков радиации. Краткая характеристика российских и зарубежных приборов, измеряющих потоки отражённой коротковолновой радиации. Физические основы методов получения уходящих потоков. Обработка наблюдений уходящей коротковолновой радиации и альбедо. Построение карт глобального распределения альбедо. Наблюдаемость земной поверхности.

Актинометрические наблюдения. Архивы спутниковых и наземных актинометрических данных потоков радиации.

7 Радиационный баланс Земли и климат

Суточные вариации компонентов радиационного баланса Земли. Годовой ход компонентов радиационного баланса Земли. Межгодовая изменчивость компонентов радиационного баланса Земли. Широтное

распределение компонентов радиационного баланса Земли и циркуляция атмосферы и океана. Особенности радиационного баланса Земли и их связь с климатическими характеристиками. Влияние внешних радиационных воздействий на радиационный баланс Земли и климат. Некоторые задачи исследования радиационного баланса Земли: краткосрочные, среднесрочные, долгосрочные.

8 Региональные особенности пространственно-временной изменчивости составляющих РБЗ

Радиационные режим океанов. Пространственно-временные вариации составляющих РБЗ во время событий Эль-Ниньо. Изменчивость потоков солнечной радиации по данным актинометрических наблюдений в России.

9 Возможность использования наблюдаемых изменений солнечной постоянной для исследования земной климатической системы

Понятие системы. Линейность и инвариантность во времени. Порядок системы. Примеры линейных систем. Импульсная передаточная характеристика и частотная характеристика линейной системы. Использование взаимного спектра мощности для оценки частотных характеристик линейных систем.

Перечень лабораторных работ по дисциплине «Радиационный баланс Земли»

1. Построение и анализ карт составляющих радиационного баланса Земли в программе IKOR по данным спутниковых измерений с гидрометеорологических спутников серии «Метеор-М».
2. Построение и анализ пространственных изоплет альbedo и поглощенной солнечной радиации в акваториях океанов в программе IKOR.
3. Расчет среднемесячных значений потоков солнечной радиации для выбранного пункта по данным проекта CERES.
4. Расчет взаимной корреляционной функции рядов изменения среднемесячных значений солнечной постоянной и глобальной температуры, построение ее графика. Использование данных об изменениях солнечной постоянной для оценки характеристик земной климатической системы.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины «Радиационный баланс Земли»

С целью реализации компетентностного подхода предусматривается широкое использование в учебном процессе различных форм проведения занятий: постановка вопросов перед аудиторией, дополнение ответов

другими участниками, кейс-методы, ролевые интеллектуальные игры, виртуальные лаборатории, мультимедийные компьютерные программы.

При реализации учебной дисциплины используются различные формы визуализации наглядного материала. Демонстрируются результаты анализа связи временных рядов метеорологических характеристик с солнечной активностью, полученные на кафедре метеорологии и климатологии СГУ.

На практических занятиях и в ходе самостоятельной работы студенты делают расчеты с использованием комплекса оригинальных (разработанных на кафедре) и стандартных (Excel) программ.

При проведении занятий с инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья они могут не вызываться к доске, а отвечать на устные вопросы с места. Лицам с затруднениями речи могут даваться индивидуальные задания с последующими письменными ответами.

По всему изучаемому материалу предусматривается проведение индивидуальных и групповых консультаций.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Радиационный баланс Земли»

Самостоятельная работа студентов включает изучение основной и дополнительной литературы, публикаций в научных и научно-популярных периодических изданиях, знакомство с наиболее интересными ресурсами сети Интернет. В процессе самостоятельной работы проводится также подготовка к тестовому текущему контролю и теоретическому зачету.

Текущий контроль осуществляется в виде визуальной проверки самостоятельно выполненных расчетов.

Примеры тестовых заданий для проведения текущего контроля по дисциплине «Радиационный баланс Земли»

1. Солнечная постоянная характеризует:

- 1) расстояние до Солнца;
- 2) размеры Солнца;
- 3) массу Солнца;
- 4) поток энергии от Солнца;

Верный вариант: 4.

2. Солнечная постоянная измеряется в единицах:

- 1) Дж;
- 2) Вт м⁻²;
- 3) кг;
- 4) м;

Верный вариант: 2.

3. Видимая поверхность Солнца носит название:

- 1) хромосфера;
- 2) корона;
- 3) фотосфера;
- 4) мезосфера;

Верный вариант: 3.

4. Слои атмосферы Солнца с ростом высоты располагаются в порядке:

- 1) хромосфера;
- 2) корона;
- 3) фотосфера;

Верный вариант: 3,1,2.

5. Единица измерения величины альбедо:

- 1) Вт/м²;
- 2) %;
- 3) промилле;

Верный вариант: 1.

6. Какая российская группировка спутников регистрировала потоки отраженной солнечной радиации:

- 1) Метеор-М;
- 2) Арктика-М;
- 3) Канопус;

Верный вариант: 1.

7. Температура фотосферы составляет приблизительно:

- 1) 500 К;
- 2) 1000 К;
- 3) 6000 К;
- 4) 10000 К;

Верный вариант: 3.

8. Температура солнечного пятна составляет приблизительно:

- 1) 500 К;
- 2) 1000 К;
- 3) 6000 К;
- 4) 4500 К;

Верный вариант: 4.

9. Число Вольфа характеризует:

- 1) скорость вращения Солнца;
- 2) пятнообразовательную деятельность Солнца;
- 3) расстояние до Солнца;

4) массу Солнца;
Верный вариант: 2.

10. Средняя продолжительность основного цикла солнечной активности:

- 1) 11 лет;
- 2) 3 года;
- 3) 70 лет;
- 4) 120 лет;
- 5) 1000 лет.

Верный вариант: 1.

11. Средняя скорость солнечного ветра на орбите Земли около:

- 1) 10 м/с;
- 2) 100 м/с;
- 3) 1 км/с;
- 4) 400 км/с;
- 5) 1000 км/с.

Верный вариант: 4.

Рекомендуемая шкала оценок

Доля верных ответов: $\geq 90\%$	89% - 70%	69% - 50%	$< 50\%$
Оценка : отлично	хорошо	удовлетворит.	неудовл.

Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Радиационный баланс Земли»:

1. Радиация в атмосфере.
2. Уравнение радиационного переноса для различных атмосферно-оптических задач.
3. Ослабление солнечной радиации в атмосфере.
4. Вклад аэрозолей и водяного пара в ослабление солнечной радиации.
5. Основы теории рассеяния. Теория Ми и релеевское рассеяние.
6. Понятие гелиогеофизических связей.
7. Дайте определение солнечной постоянной.
8. Современные методы ее измерения.
9. Спутниковые методы наблюдения за солнечной постоянной.
10. Исследования солнечной постоянной в Саратовском университете.
11. ИСП – измеритель солнечной постоянной.
12. Каков источник энергии Солнца?
13. Как называется видимая поверхность Солнца?
14. Какова температура видимой поверхности Солнца?
15. Почему возникают солнечные пятна?

16. По какой формуле вычисляется число Вольфа?
17. Что такое активная область?
18. Какова температура солнечной короны?
19. Где возникают солнечные вспышки?
20. Что представляет собой солнечный ветер?
21. Какова скорость солнечного ветра вблизи орбиты Земли?
22. Какие индексы солнечной активности вы знаете?
23. Какова длительность основного цикла солнечной активности?
24. Каков механизм полярных сияний?
25. Измерение различных радиационных потоков Земли с помощью искусственных спутников Земли.
26. Зарубежные приборы для измерения потоков радиации.
27. Краткая характеристика российских и зарубежных приборов, измеряющих потоки отражённой коротковолновой радиации.
28. Обработка наблюдений уходящей коротковолновой радиации и альбедо.
29. Построение карт глобального распределения альбедо.
30. Актинометрические наблюдения.
31. Архивы спутниковых и наземных актинометрических данных потоков радиации.
32. Радиационный баланс Земли и климат
33. Суточные вариации компонентов радиационного баланса Земли.
34. Годовой ход компонентов радиационного баланса Земли.
35. Межгодовая изменчивость компонентов радиационного баланса Земли.
36. Широтное распределение компонентов радиационного баланса Земли и циркуляция атмосферы и океана.
37. Особенности радиационного баланса Земли и их связь с климатическими характеристиками.
38. Радиационные режим океанов.
39. Пространственно-временные вариации составляющих РБЗ во время событий Эль-Ниньо.
40. Изменчивость потоков солнечной радиации по данным актинометрических наблюдений в России.

7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
2	21	15	0	26	0	8	30	100

Программа оценивания учебной деятельности студента

Лекции

Посещаемость лекций в течение одного семестра от 0 до 21 балла

0 баллов – отсутствие на лекции,

2 балл – присутствие на лекции,

3 баллов – присутствие и активное участие в проведении занятия.

Лабораторные занятия

Посещаемость лабораторных занятий в течение одного семестра от 0 до 15 баллов

0 баллов – отсутствие на лабораторном занятии,

2 балла – присутствие на лабораторном занятии,

5 баллов – присутствие и выполнение лабораторного задания.

Практические занятия не предусмотрены

Самостоятельная работа

Устный и письменный опрос по пройденному материалу (0 – 26 баллов)

Максимальный балл за один опрос – 2 балла

0 баллов – отсутствие на опросе

1 балл – не полностью раскрыт ответ на поставленный вопрос

2 балла – правильный и полный ответ

Автоматизированное тестирование не предусмотрено

Другие виды учебной деятельности

Письменный тестовый контроль – 8 баллов

Промежуточная аттестация

25-30 баллов – ответ на «отлично»

19-24 баллов – ответ на «хорошо»

13-18 баллов – ответ на «удовлетворительно»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности магистра по данной дисциплине составляет 100 баллов.

Таблица 2. Пересчет полученной магистром суммы баллов по дисциплине «Радиационный баланс Земли»

16-30 баллов	«зачтено»
0- 15 баллов	«не зачтено»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Радиационный баланс Земли»

а) литература:

1. Скляров Ю.А., Бричков Ю.И., Семенова Н.В. Радиационный баланс Земли. Введение в проблему. Саратов: Изд-во Саратов. Ун-та, 2009. 185 с. ✓5
2. Богданов М.Б., Морозова С.В., Червяков М.Ю. Влияние факторов солнечной активности на земную климатическую систему / М.Б. Богданов, С. В. Морозова, М.Ю. Червяков. – Саратов: Издательство Саратовского университета, 2021. – 88 с.: ил. – Имеется электронный аналог. ✓3
3. Червяков М.Ю., Нейштадт Я.А. Актинометрические методы измерений: учебно-методическое пособие для студентов географического факультета / М.Ю. Червяков, Я.А. Нейштадт. – Саратов: ИЦ «Наука», 2019. – 50 с. ✓10
4. Богданов М.Б. Метеорологические ресурсы сети Интернет. Саратов: 2013. 42 с. (http://elibrary.sgu.ru/uch_lit/767.pdf). ✓
5. Кислов, А. В. Климатология: учебник для студентов учреждений высшего образования / А. В. Кислов. - 2-е изд., испр. - Москва: Издательский центр "Академия", 2014. – 221с. ✓30
6. Засов А.В., Кононович Э.В. Астрономия. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 254 с. ✓42
7. Червяков М.Ю., Котума А.И., Спирихина А.А. Атлас альbedo по данным измерений отраженных потоков коротковолновой радиации, полученных с помощью гидрометеорологического спутника «Метеор-М» № 1. Учебное пособие – Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2017. – 57 с. ✓

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Доклад межправительственной группы экспертов по изменению климата. Изменение климата, 2014. Обобщающий доклад МГЭИК (http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_ru.pdf).

1. Microsoft Word

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Радиационный баланс Земли»

1. Таблицы, схемы, графики, справочники, архивные данные.
2. Учебно-методические пособия и другая справочная литература из библиотеки кафедры.
3. Компьютерные программы для расчета статистических характеристик случайных величин и случайных процессов.
4. Результаты анализа многолетних рядов данных гидрометеорологических наблюдений с целью поиска их связи с солнечной

активностью, полученные сотрудниками кафедры метеорологии и климатологии СГУ.

2. Компьютеры, подключенные к сети Интернет, для работы с базами данных и специализированными серверами.

3. Программное обеспечение для статистической обработки и анализа гидрометеороинформации (Excel, ASTSA, и др.).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 05.04.05 Прикладная гидрометеорология и профилю Метеорология и климатология.

Автор (ы) Червяков М.Ю. зав.кафедрой, к.г.н., доцент кафедры метеорологии и климатологии географического факультета СГУ

Программа одобрена на заседании кафедры метеорологии и климатологии от 11.05.2021 года, протокол № 7.