

Разработчики: Дронова Е.А., к. геогр. н., доцент

(ФИО, учная степень, учное звание)

«24» августа 2025 г.

Рецензент Лазарев Н.Н. д.с-х. наук, профессор

(ФИО, учная степень, учное звание)

«24» 08 2025 г.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, профессионального стандарта «Географ» по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология и Учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры метеорологии и климатологии протокол № 21 от «24» 08 2025 г.

И.о. зав. кафедрой Дронова Е.А., к. геогр. н., доцент

(ФИО, учная степень, учное звание)

«24» 08 2025 г.

Согласовано:

Председатель учебно-методической комиссии института агробιοтехнологий

Шитикова А.В. д.с-х. н., профессор

(ФИО, учная степень, учное звание)

(подпись)

«24» 08 2025 г.

И.о. заведующего выпускающей кафедрой Дронова Е.А., к. геогр. н., доцент

(ФИО, учная степень, учное звание) (подпись)

«24» 08 2025 г.

Заведующий отделом комплектования ЦНБ

(подпись)

(подпись)

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ	5
1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	6
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ	6
3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	7
4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	12
4.1. Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ и модулям	12
4.2. Содержание дисциплины	13
4.3. Практические занятия	15
4.4. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины	17
4.5. Контрольные работы /лабораторные работы/тесты/рефераты	18
5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	23
6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	24
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	25
7.1. Основная литература	25
7.2. Дополнительная литература	25
7.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям	25
7.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы	25
7.5. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы	26
8. МАТЕРИАЛЬНО_ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	26
8.1. Требования к аудиториям (помещениям, местам) для проведения занятий	26
8.2. Требования к специализированному оборудованию	27
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	27
10. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	29

АННОТАЦИЯ

рабочей программы учебной дисциплины Б1.О.08 «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» для подготовки магистра по направлению 05.04.04 Гидрометеорология, направленность (программа): Гидрометеорологическое обеспечение АПК

Цель освоения дисциплины - освоение студентами теоретических и практических знаний в области термогидродинамических процессов взаимодействия атмосферы, литосферы и гидросферы.

Место дисциплины в учебном плане: учебный курс «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» включён в обязательную часть дисциплин блока Б1 Учебного плана по направлению подготовки 05.04.04 Гидрометеорология.

Требования к результатам освоения дисциплины: в результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции (индикаторы): ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1.

Краткое содержание дисциплины:

Современное сельскохозяйственное производство неразрывно связано со сложной системой природных факторов. Изучение студентами данного курса связано с необходимостью широкого использования информации о процессах энерго-тепло-влаги обмена, происходящих в биосфере, для дальнейшего применения в инновационных областях сельского хозяйства.

Во время обучения магистранты анализируют геосферные закономерности радиационных потоков, теплового баланса, массопереноса, термогидродинамического взаимодействия на границах сред с различными геофизическими свойствами. Учащиеся знакомятся с вопросами физики атмосферы и океана, гидрологии суши, климатологии, агрометеорологии, математического моделирования и численных методов решения гидрометеорологических задач. В плане изучения дисциплины намечены пути практического применения студентами полученных теоретических знаний при рассмотрении конкретных агроботехнологических проблем.

Общая трудоемкость учебной дисциплины «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» составляет 3 зачетных ед., в объеме 108 часов, в том числе практическая подготовка 4 часа.

Контроль знаний учащихся проводится в форме текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация студентов (оценка знаний и умений): проводится постоянно на практических занятиях с помощью опросов, тестов, контрольных работ, оценки самостоятельной работы, реферата, а также на контрольной неделе.

Форма промежуточного контроля – зачёт.

1. Цель освоения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» является освоение студентами теоретических и практических знаний в области термогидродинамических процессов взаимодействия атмосферы, литосферы и гидросферы.

2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» включена в базовую часть блока Б1.О.08. Реализация в дисциплине «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» требований ФГОС ВО, ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки 05.04.04 «Гидрометеорология», решений учебно-методической комиссии и Ученого совета института, отечественного и зарубежного опыта, должна учитывать знание следующих научных разделов:

- строение и состав атмосферы;
- стратификация атмосферы и вертикальное равновесие для сухого и для насыщенного воздуха;
- общая циркуляция атмосферы и океана;
- поглощение и рассеяние солнечной радиации в атмосфере;
- различия в тепловом режиме суши и моря, континентальность климата;
- географическое распределение температуры воздуха у земной поверхности;
- агрометеорологические проблемы изменения климата.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина, являются: математика, физика, учение об атмосфере, динамическая метеорология, гидрология суши в объеме программы высшего профессионального образования.

Знания и навыки, полученные магистрами при освоении курса «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы», необходимы при изучении дисциплин: Синоптическая метеорология, Анализ рисков и ущерб в растениеводстве, Перспективные методы гидрометеорологических наблюдений, Инженерная гидрология, Инженерная климатология.

В задачи учебной дисциплины входят:

- изучение физических законов, управляющих развитием процессов в географической оболочке;
- определение погодно-климатических условий территорий;
- освоение математических методов сбора, обработки и анализа гидрометеорологической информации;
- оценка влияния изменения климатических условий на развитие биоценозов и ареалы их распространения;
- выполнение агрометеорологических расчётов и прогнозов для заинтересованных организаций в соответствии с целями и задачами землепользования и др.

Особенностью учебной дисциплины «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» является ее комплексный характер. В процессе обучения магистрантам предстоит ознакомиться с широким кругом геофизических предметов. Кроме того, им потребуется столкнуться с самыми сложными вопросами современной науки: взаимодействием физических и биологических процессов в контактных зонах природных сред.

Такого рода знания будут востребованными будущими специалистами в области агрометеорологии и рационального сельскохозяйственного природопользования. Однако, сказанное предполагает получение сведений из дополнительной литературы - основ физики жидкости и газов, вычислительной математики, океанологии, численных методов моделирования, процессов происходящих как в свободной атмосфере, так и в приземном пограничном слое для различных географических зон и агроландшафтов.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Освоение учебной дисциплины «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» направлено на формирование у обучающихся компетенций, знаний, умений и навыков, представленных в таблице 1.

Таблица 1

Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	уметь	владеть
1	ОПК-2	Способен проводить научные исследования объектов, систем и процессов в области гидрометеорологии, в том числе при решении проблем изменений климата, геоэкологии и охраны окружающей среды, а также разрабатывать прогнозы (погоды, состояния климата и гидрологических объектов) различной заблаговременности	ОПК-2.1 знает навыки проведения научных экспериментов по заданной методике и анализа их результатов в области изменения климата;	– компоненты географической оболочки, теоретические основы формирования системы атмосфера-океан-суша;	- применять количественный анализ к решению проблем географии, проводить теоретические гидрометеорологические исследования;	- методологией физико-математической постановки задачи, использованием ЭВМ для решения теоретических проблем географии и гидрометеорологии, автоматизированной системой сбора, анализа и расчёта гидрометеорологических параметров;
2			ОПК-2.2 проводит научные исследования объектов, систем и процессов в области гидрометеорологии с применением теоретических основ и практического опыта;	- общие принципы взаимодействия потоков на границах геофизических сред;	- изучать балансовые энергетические соотношения;	– теорией и практикой постановки задач взаимодействия потоков на границах сред с различными геофизическими свойствами;

3			ОПК-2.3 имеет навыки оценки и анализа проблемы изменений климата для принятия решений в области охраны окружающей среды и безопасного природопользования;	– основные разделы наук о Земле, принципы аналитического географического исследования, фундаментальные законы взаимодействия атмосферы и океана;	– находить решения уравнений движения жидкости и газа, строить математические модели;	- навыками применения гидрометеорологической информации в решении типовых и системных проблем взаимодействия элементов природной среды в контактных областях;
4	ОПК-3	Способен самостоятельно решать задачи профессиональной деятельности в области гидрометеорологии, интерпретировать результаты для практического использования потребителями различного профиля;	ОПК-3.2 уметь применять навыки самостоятельной работы по обработке результатов различных наблюдений наземной метеорологической сети, аэрологической, гидрологической, актинометрической и др. сетей наблюдений	- современные вычислительные технологии для решения прикладных задач АПК;	– использовать гидрометеорологическую информацию в оценках погодно-климатических условий;	- аналитическими и численными методами интегрирования дифференциальных уравнений;
5			ОПК-3.3 владеет методами мониторинга, прогнозирования и оценки экологической безопасности объектов;	- исходные уравнения динамики и состояния атмосферы и океана;	– применять теоретические знания о процессах изменения окружающей среды для конструирования адаптивных экосистем;	- вычислительными гидрометеорологическими прогностическими схемами;

6	ОПК-4	Способен решать исследовательские и прикладные задачи профессиональной деятельности и создавать технологические наукоёмкие продукты с использованием информационно-коммуникационных технологий;	ОПК-4.1 умеет решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий;	- гидрофизические закономерности взаимодействия литосферы и вод суши;	- научно обосновывать результаты эмпирических и теоретических исследований, осуществлять масштабный анализ членов системы нестационарных дифференциальных уравнений в частных производных;	- способами анализа и прогноза динамики и направленности изменений климатически обусловленных процессов в атмосфере, литосфере и гидросфере;
7	ПКос-3	Способен разрабатывать физико-математические модели циркуляции атмосферы, гидрологических процессов вод суши и океана, а также методы гидрометеорологических расчётов и прогнозов различной заблаговременности.	ПКос-3.1 знает принципы определяющие разномасштабные процессы и явления в атмосфере, океане и водах суши, уметь применять методики и технологии анализа и прогнозирования их состояния.	- методы гидрометеорологических прогнозов различной заблаговременности.	- выполнять численную реализацию математических моделей циркуляции атмосферы, гидрологических процессов вод суши и океана, анализировать результаты численных экспериментов.	- оценками успешности прогнозов и рисков потребителей при использовании теоретических решений на основе физико-математических моделей.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ и семестрам

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часа), их распределение по видам работ и семестрам представлено в таблице 2.

Таблица 2

Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоемкость	
	час. всего/*	в т.ч. по семестрам №2
Общая трудоемкость дисциплины по учебному плану	108/4	108/4
1. Контактная работа:		
Аудиторная работа	24,25/4	24,25/4
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	12	12
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	12/4	12/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,25	0,25
2. Самостоятельная работа (СР)	83,75	83,75
<i>подготовка к контрольным работам</i>	6	6
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к практическим занятиям, и т.д.)</i>	68,75	68,75
<i>Подготовка к зачету (контроль)</i>	9	9
3. Вид промежуточного контроля:		зачёт

* в том числе практическая подготовка.

4.2. Содержание дисциплины

Таблица 3

Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнено)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ всего/ *	ПКР	
Раздел 1. «Глобальная система атмосфера-океан-суша-льды»	30	4	4/2		22
Раздел 2. «Проблемы динамики атмосферы и океана»	30	4	4/2		22
Раздел 3. «Задачи гидродинамического взаимодействия потоков на границах природных сред»	38,75	4	4		30,75
Контактная работа на промежуточном контроле (КРА)	0,25			0,25	
Подготовка к зачету	9				9
Итого по дисциплине	108/4	12	12/4	0,25	83,75

* в том числе практическая подготовка.

Раздел 1. «Глобальная система атмосфера-океан-суша-льды»

Тема 1. Перенос тепла между космосом, атмосферой и поверхностью Земли.

Предмет дисциплины «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы». Основные характеристики геосфер Земли. Глобальный радиационный баланс. Перенос тепла через атмосферу. Законы Рэлея, Стефана-Больцмана и Вина. «Окна прозрачности» атмосферы. Эффективное длинноволновое излучение. Минорные газы и их планетарное значение. Испарение. Теплопроводность и конвекция. Пограничные слои океана и атмосферы.

Тема 2. Географическое распределение энергетических потоков.

Глобальные закономерности распределения инсоляции, тепла и холода. Роль общей циркуляции атмосферы и океана. Водный баланс земного шара. Процессы взаимодействия океана и атмосферы. Планетарные свойства и функции биосферы. Распределение биоценозов на Земле и их особенности. Превращения энергии в биосфере.

Раздел 2. «Проблемы динамики атмосферы и океана»

Тема 3. Уравнения динамики атмосферы.

Скалярные метеорологические величины. Размерность исследуемых параметров. Выражения для градиента и адвекции метеорологического элемента. Связь между индивидуальной, локальной и конвективной производными. Сведения об изобарической системе координат. Основные уравнения гидротермдинамики атмосферы.

Тема 4. Постановка задачи динамики океана.

Общая система уравнений циркуляции в океане. Переход от физических величин к их отклонениям. Принцип линеаризации уравнений на малом интервале по времени. Задание граничных условий безотрывного обтекания на дне и равенства нулю вертикальной составляющей вектора скорости на свободной поверхности. Линеаризованная постановка задачи о климатическом состоянии океана. Проблема взаимодействия атмосферы и океана, как центральный вопрос современной геофизики.

Раздел 3. «Задачи гидродинамического взаимодействия потоков на границах природных сред»

Тема 5. Моделирование взаимодействия фильтрационных и русловых водных потоков.

Характеристика подземных и поверхностных вод. Уравнения Буссинеска для фильтрационного течения и Сен-Венана для руслового течения. Пространственная область численного решения. Система уравнений гидродинамического взаимодействия открытого и фильтрационного потоков. Организация вычислительной процедуры с вложенными итерационными циклами. Результаты расчётов течения и качества воды.

Тема 6. Моделирование миграции и аккумуляции загрязняющих веществ в системе атмосфера-литосфера.

Понятие об аэрозольных выпадениях техногенных примесей. Проблема формирования фонового уровня концентраций загрязнения донными отложениями водоёмов. Оценка динамики взвешенных частиц по вертикали с учётом экспериментальных данных о потоках техногенных примесей в воздухе, воде и дне водоёмов. Решение обратных гидродинамических задач. Прогностические расчёты. Исследование аккумуляции канцерогенных элементов.

4.3. Лекции/практические занятия

Таблица 4

Содержание лекций, практических занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
1	РАЗДЕЛ 1. Глобальная система атмосфера-океан-суша-льды			8/2
	ЛЕКЦИЯ 1. Введение. Термодинамика климатической системы атмосфера-океан-суша (АОС).	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1		4
	Практическая работа № 1. Анализ величин тепловых потоков системы АОС.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	защита работы	2/1

№ п/п	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
2	Практическая работа № 2. Построение схем глобального теплообмена. Практическая работа №3. Климатическое районирование на основе общей циркуляции атмосферы и океана.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	защита работы	2/1
	РАЗДЕЛ 2. Проблемы динамики атмосферы и океана			8/2
	ЛЕКЦИЯ 2. Общая циркуляция атмосферы и океана.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1		4
	Практическая работа № 4. Описание физического смысла членов исходных уравнений движения атмосферы.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	защита работы	2/1
	Практическая работа № 5. Описание физического смысла членов исходных уравнений динамики океана.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	защита работы	1/1
	Рубежная контрольная работа 1	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1		1
3	РАЗДЕЛ 3. Задачи гидродинамического взаимодействия потоков на границах природных сред			8
	ЛЕКЦИЯ 3. Миграция аэрозольных выпадений в контактной зоне атмосферы и океана.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1		2
	Практическая работа №8. Анализ начальных и граничных условий в моделях гидродинамического взаимодействия потоков.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	защита работы	2

№ п/п	№ и название лекций/ практических занятий	Формируемые компетенции (индикаторы)	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов
	ЛЕКЦИЯ 4. Гидродинамическое взаимодействие поверхностных и подземных вод.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1		2
	Практическая работа №10 Рассмотрение примера определения параметров дисперсии путём численных экспериментов (методом решения обратных задач).	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	защита работы	1
4	Рубежная контрольная работа 2	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1	контрольная работа	1

4.4. Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины

Таблица 5

Вопросы для самоподготовки

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ИНДИКАТОРЫ)
1	Раздел 1		
2	Тема 1	Структура и основные биогеохимические циклы. Процессы фотосинтеза. Взгляды академика В.Р. Вильямса на конечное и бесконечное состояние вещества в природе. Круговорот воды, углерода, азота и кислорода. Динамика и устойчивость биосферы. Принцип Ле Шателье-Брауна. Правило «одного процента» и его следствия для геофизических и биофизических процессов.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1
3	Тема 2	Глобальный баланс между солнечной энергией, поступающей в атмосферу и океан, и энергией, уходящей в космическое пространство, при отсутствии соответствующих локальных балансов. Среднегодовое поступление в океан большего количества тепла в низких широтах, чем отдача его в космическое пространство; и отдача большего тепла Землёй в высоких широтах, чем поступает от Солнца. Ветры и течения в процессах формирования глобальной климатической системы.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1
4	Раздел 2		
5	Тема 3	Дифференциальные уравнения с частными производными первого порядка. Гиперболические, параболические и	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения	ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ИНДИКАТОРЫ)
		эллиптические дифференциальные уравнения с частными производными. Свойства уравнений динамики атмосферы. Проблема четырёхмерного анализа метеорологических полей.	3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1
6	Тема 4	Стратификация океана. Верхний пограничный слой (ВПС). Сезонный термоклин. Эволюция ВПС под влиянием атмосферных возмущений. Дрейфовые и градиентные течения. Уравнения динамики океана.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1
7	Раздел 3		
8	Тема 5	Теоретическое описание подземного и поверхностного стока. Методы решения задач геофильтрации и поверхностного стекания. Совместное движение подземных и поверхностных вод. Основные уравнения взаимодействия грунтовых и открытых потоков. Расчёты течения и качества воды.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1
9	Тема 6.	Взаимодействие водных потоков в бассейне внутреннего моря. Характеристика водного режима. Теоретическое описание водообменных процессов. Математическое моделирование интегральной циркуляции. Расчёты средних течений и аккумуляции загрязняющих веществ в донных осадках.	ОПК-2,1; ОПК-2,2; ОПК-2,3; ОПК-3,2; ОПК-3,3; ОПК-4,1; ПКос-3,1

5. Образовательные технологии

Таблица 6

Активные и интерактивные формы проведения занятий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1	Перенос тепла между космосом, атмосферой и поверхностью Земли.	ПЗ	Применение методов графического компьютерного моделирования на основе программы «3D Grapher».
2	Постановка задачи динамики океана.	ПЗ	Рассмотрение конкретных примеров. Коллективное обсуждение.

3	Моделирование взаимодействия фильтрационных и русловых водных потоков.	Л	Мастер-класс, приглашение стороннего специалиста
4	Моделирование миграции и аккумуляции загрязняющих веществ в системе атмосфера-литосфера.	Л	Научный доклад

6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Примеры типичных работ, заданий и основные вопросы, связанные с их выполнением:

Работа № 9

Алгоритмизация численного решения с применением конечно-разностных схем на основе разделения исходной задачи по физическим процессам.

Задание:

Для решения нестационарной нелинейной задачи используйте конечно-разностную расчётную схему.

Исходное уравнение

$$\frac{\partial U}{\partial t} + \left(\frac{\partial U}{\partial x}\right)^2 = F(x, t),$$

$$-\infty < x < \infty, \quad t \geq 0.$$

Решение:

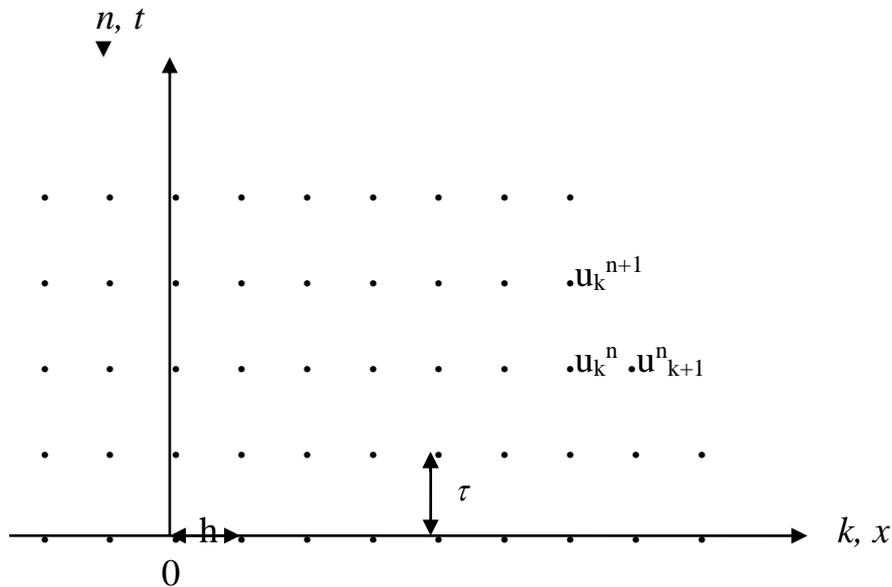
Область непрерывного изменения аргумента заменяется *расчётной сеткой* – дискретным множеством точек с координатами

$$x_k = k h, \quad k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$$

$$t^n = n \tau, \quad n = 0, 1, 2, \dots,$$

где τ и h – шаги сетки.

Исходные данные



Расчётная область со значениями сеточной функции.

Ответ:

Численная аппроксимация исходного дифференциального уравнения в частных производных

$$\frac{u_k^{n+1} - u_k^n}{\tau} + \left(\frac{u_{k+1}^n - u_k^n}{h} \right)^2 = f_k^n$$

Вопросы:

1. Что понимается под *шагом* сеточной области
2. Какова величина шага интегрирования по времени в сопряжённых задачах атмосферы и литосферы
3. Для чего применяется численная аппроксимация дифференциальных уравнений.

**Примеры контрольных вопросов для проведения текущего,
рубежного контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения
дисциплины:**

Контрольные вопросы 1 раздела

1. Русский учёный К.А. Тимирязев, который изучал процесс фотосинтеза растений, писал, что они выполняют космическую роль на Земле. Подтвердите его точку зрения.
2. Вспомните принцип Ле Шателье-Брауна. Можно ли ожидать усиления его проявления в связи с потеплением климата?
3. Чем вызвано восточное направление экваториальных течений?
4. Каковы два основных механизма переноса энергии по направлению к полюсам в атмосфере?
5. Приведите примеры положительных и отрицательных обратных связей в климатической системе.

Контрольные вопросы 2 раздела

1. Перечислите основные уравнения гидротермодинамики атмосферных процессов.
2. В чём заключаются преимущества формулировки задач динамики атмосферы и океана не для самих физических величин, а для их отклонений от стандартных значений?
3. Почему проблема взаимодействия атмосферы и океана первоначально решается для «климатического» состояния океана?
4. Чем отличается изобарическая система координат от декартовой?
5. Как используется теория подобия для оценки порядков различных членов уравнений?

Контрольные вопросы 3 раздела

1. Приведите примеры различий физических констант для атмосферы, литосферы и гидросферы.
2. В чём заключается взаимодействие потоков на границах сред с различными геофизическими свойствами?
3. Охарактеризуйте проявления гидравлической связи между фильтрационными и открытыми течениями?
4. Как формируется водный баланс внутреннего моря, и какие потоки при этом взаимодействуют?
5. Укажите опасные проявления аккумуляции техногенных аэрозольных выпадений в донных осадках?

Тестовые задания текущего контроля

Раздел 1. «Глобальная система атмосфера-океан-суша-льды».

- 1.1. Приток 100 единиц солнечной радиации на границу атмосферы уравнивает чистую потерю радиации Землёй путём
 1. отражения (31) и излучения (69)
 2. отражения (69) и излучения (31)
 3. поглощения (69) и превращения (31)
- 1.2. Избыток или недостаток радиации в отдельных широтных зонах в среднем компенсируется между земной поверхностью и атмосферой
 1. углом наклона солнечных лучей
 2. нерадиационным теплообменом
 3. трением воздуха о земную поверхность
- 1.3. Радиационный баланс на верхней границе атмосферы
 1. отрицательный
 2. положительный
 3. равен нулю
- 1.4. Планетарное альbedo Земли составляет
 1. 31%
 2. 15%
 3. 7%
- 1.5. Максимальная влажность воздуха на суше отмечается
 1. в Антарктиде
 2. в области экваториальных лесов
 3. в тундре

Раздел 2. «Проблемы динамики атмосферы и океана».

- 2.1. Параметр Россби характеризует:
 1. изменение кориолисова параметра с широтой
 2. точность решения краевой задачи
 3. область определения полинома Лежандра
- 2.2. Предположение о бездивергентности горизонтального движения позволяет выразить:
 1. оператор Лапласа в сферической системе координат
 2. среднее квадратическое отклонение температуры через многолетнее среднее значение
 3. составляющие скорости ветра через единственную скалярную величину
- 2.3. Число Струхала для движений синоптического масштаба равно
 1. нулю
 2. единице
 3. радиусу траектории движения метеорологического элемента

2.4. Метод Эйлера заключается в применении:

1. линейной интерполяции
2. параболической интерполяции
3. численного метода шагов по времени

2.5. Подбор оптимальной величины параметра релаксации позволяет:

1. осуществлять более быстрое схождение итерационного процесса
2. получать численное решение близкое к точному
3. аппроксимировать исходные прогностические дифференциальные уравнения в частных производных системой алгебраических уравнений

Раздел 3. «Задачи гидродинамического взаимодействия потоков на границах природных сред»

3.1. В гипотезе Дарси о существовании линейной связи между потоком влаги и градиентом гидравлического потенциала используется:

1. параметр Кибеля
2. солнечная постоянная
3. коэффициент фильтрации

3.2. Неустановившееся движение воды в русле описывается уравнениями:

1. Сен-Венана
2. Полубариновой-Кочиной
3. Гей Люссака

3.3. Особенностью численного решения задач гидродинамического взаимодействия потоков является:

1. расчёт гидрографа стока
2. интегрирование в трёхмерной области
3. сопряжение частных решений по граничным условиям

3.4. Почему в моделях взаимодействия фильтрационных и русловых потоков применяются «вложенные» итерационные циклы?

1. для увеличения трёхмерной области численного решения
2. для уменьшения вычислительной неустойчивости расчётной схемы
3. для интегрирования подзадач с различными шагами по времени

3.5. В чём смысл решения *обратных* гидродинамических задач?

1. рассматриваются природные процессы в подсеточной вычислительной области
2. учитываются факторы турбулентного трения
3. используются экспериментальные данные для численных экспериментов по приближению теоретических кривых к реальным значениям

6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

***Виды текущего контроля:** опрос по теме, тесты, защита практических работ, рубежные контрольные работы.*

***Виды промежуточного контроля по дисциплине:** зачёт.*

Критерии оценивания результатов обучения

Зачёт выставляется, если студент продемонстрировал фактологическое усвоение материала и умеет обосновывать теоретические постулаты и методические приёмы. Способен осознано и аргументировано применять полученные знания и умения, в том числе для решения нестандартных задач. Допускаются неточности в ответе, которые не носят принципиальный характер.

Зачёт не выставляется, если у студента отсутствуют базовые знания, умения и он не владеет навыками решения профессиональных задач.

• Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1. Основная литература

1. Исмайллов, Г.Х. УЧЕНИЕ О ГИДРОСФЕРЕ: Учебно-методическое пособие / Г.Х. Исмайллов; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2024. — 81 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/s20240621.pdf>. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. — <URL:<http://elib.timacad.ru/dl/local/s20240621.pdf>>
2. Метеорология и климатология: методические указания / Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва), Кафедра метеорологии и климатологии; сост. А. И. Белолобцев. — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2014. — 48 с. — Коллекция: Учебная и учебно-методическая литература. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/276.pdf>. - Загл. с титул. экрана. - Электрон. версия печ. публикации. — <URL:<http://elib.timacad.ru/dl/local/276.pdf>>

7.2. Дополнительная литература

1. Глухих, М. А. Агрометеорология : учебное пособие для вузов / М. А. Глухих. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 200 с. — ISBN 978-5-8114-6998-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/153925>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Журина Л.Л., Лосев А.П. Агрометеорология. СПб.: Квадро, 2012.
3. Хромов С.П., Петросянц М.А. Метеорология и климатология. Издательство МГУ. М., 2001. – 528 с.
4. Грингоф И.Г., Клещенко А.Д. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том 1. Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2011.

7.3. Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Дьяченко В.В. Основные понятия вычислительной математики. «Наука». М., 1972.
2. Метеорология и климатология. Методические указания. М.: изд. ГРАУ-МСХА, 2014.

7.4. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

В рамках учебного курса студенты используют базы данных многолетних метеорологических наблюдений станций и постов. Возможен оперативный обмен информацией с отечественными и зарубежными вузами, предприятиями и организациями: Одесским государственным экологическим университетом (ОГЭКУ), <http://www.ogmi.farlep.odessa.ua/>; Всероссийским научно-исследовательским институтом сельскохозяйственной метеорологии (ВНИИСХМ), <http://cxm.obninsk.org/>; Российским национальным комитетом содействия Программе ООН по окружающей среде (НП «ЮНЕПКОМ»), <http://www.unepcom.ru/> и др.

Полезные ссылки для поиска информации по метеорологии, а также самостоятельного изучения дисциплины:

- Российский гидрометеорологический портал - <http://www.meteo.ru/>
- [Кафедра метеорологии МГУ](http://meteo-geofak.narod.ru) - <http://meteo-geofak.narod.ru>
- [Российский государственный гидрометеорологический университет](http://www.rshu.ru/) - <http://www.rshu.ru/>
- [Дальневосточный научно-исследовательский гидрометеорологический институт](http://www.ferhri.org/) - <http://www.ferhri.org/>
- [DISsertations initiative for the advancement of Climate Change ReSearch](http://discrs.org/) (ресурсы по климату) - <http://discrs.org/>
- [Карты текущего и в ближайшие 144 часа состояния атмосферы Земли](http://wxmaps.org/pix/ea.fcst.html) - <http://wxmaps.org/pix/ea.fcst.html>

- [Текущая и прогностическая информация, аналогичная ГИС "МЕТЕО", по Восточной Азии \(английский\)](http://ddb.kishou.go.jp/grads.html) - <http://ddb.kishou.go.jp/grads.html>
- [Отдел тропических циклонов Монтеррей \(английский\)](http://www.nrlmry.navy.mil/TC.html) - <http://www.nrlmry.navy.mil/TC.html>
- [Сайт "МетеоЦентр"](http://www.meteocenter.net/) - <http://www.meteocenter.net/>

7.5. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Климатическая и метеорологическая информация доступна на интернет-сайтах: <http://www.meteoinfo.ru/>, <http://www.gismeteo.ru/>, <http://www.webmeteo.ru/>. Для этого могут быть использованы информационные, справочные и поисковые системы: Rambler, Google, Яндекс и др.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. При изучении практического курса дисциплины «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» можно использовать следующие программные продукты: БД MS Access, Delphi, AirState (калькулятор влажности) и др.

2. Климатическая и метеорологическая информация доступна на интернет-сайтах: <http://www.meteoinfo.ru/>, <http://www.gismeteo.ru/>, <http://www.webmeteo.ru/>. Для этого могут быть использованы информационные, справочные и поисковые системы: Rambler, Google, Яндекс и др.

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 8

Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (инвентарный номер)
Уч.корп.№18. Ауд. №201,202, 11 (Прянишникова д.12)	Учебные аудитории (для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации, помещение для самостоятельной работы) 1. Парты. 2. Скамейки. 3. Доска меловая 2 шт.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (инвентарный номер)
	4. Доска Poly Vision 1 шт. (Инв.№ 558534/1) 5. Вандалоустойчивый шкаф (Инв.№ 558850) 6. Крепление для проектора (Инв.№ 558768/1) 7. Мультимедийный проектор BENQ MW526E (Инв.№ 210138000003854) 8. Системный блок с монитором (Инв.№ 558777/4) 9. Экран с электроприводом (Инв.№ 558771/4)
Уч.корп.№18. Ауд. 204 (Прянишникова д.12)	<i>Учебная лаборатория.</i> Набор основных метеорологических приборов - Термометр-шуп походный АМ-6 (3 шт - Инв.№ 591046, Инв.№ 591046/3, Инв.№ 591046/4), Цифровой контактный термометр высокой точности DM6801A 1 шт - Инв.№ 562673), люксметр цифровой AR813 (1 шт - Инв.№ 562672), термогигрометр Testo 608 (1 шт - Инв.№ 562671); барометры БАММ-1(1 шт - Инв.№ 553262), анемометры МС-13 (2 шт - Инв.№ 554496), рейка снегомерная (3 шт - Инв.№ 591467) наглядные учебно-методические пособия, психрометрические таблицы и др.;
Центральная научная библиотека имени Н.И. Железнова (Лиственничная аллея д.2 к 1)	Читальные залы библиотеки
Общежитие №1. (Лиственничная аллея д.12)	Комната для самоподготовки

10. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

Виды и формы отработки пропущенных занятий

При изучении каждого раздела дисциплины проводится текущий контроль знаний с целью проверки и коррекции хода освоения теоретического материала и практических умений и навыков. Текущий контроль знаний проводится по графику в часы практических занятий по основному расписанию.

Если Вы не прошли текущий контроль знаний, вы продолжаете учиться и имеете право сдавать следующий раздел по этой дисциплине.

В случае пропуска текущего контроля знаний (практического занятия) по уважительной причине Вы допускаетесь к его прохождению (ликвидации

задолженности) по согласованию с преподавателем и при предоставлении в деканат оправдательного документа для получения допуска.

При пропуске текущего контроля знаний (практического занятия) без уважительной причины вы допускаетесь к сессии только после ликвидации задолженности. При этом полученная оценка в зачёт балльно-рейтинговой аттестации идёт с понижающим коэффициентом. Графики пересдач составляются на кафедрах.

В конце учебного раздела на основании поэтапного контроля обучения суммируются баллы текущих, рубежных и творческого рейтингов, подсчитываются дополнительные баллы (посещаемость и активность на занятиях) и принимается решение о допуске к выходному контролю или освобождении вас от его сдачи.

Если Вы по результатам рейтингов набрали в сумме менее 60% баллов от максимального рейтинга дисциплины, то до выходного контроля Вы не допускаетесь и считаетесь задолжником по этой дисциплине.

Если же сумма баллов составляет 60% и более (60 баллов и более) от максимального рейтинга дисциплины, то по усмотрению преподавателя Вам может быть проставлен зачёт без сдачи выходного контроля. В этом случае к набранному рейтингу добавляются поощрительные баллы. Максимальное их число составляет до 30% от общего рейтинга дисциплины. Если Вы не набрали на протяжении семестра необходимое количество баллов, то сдаёте зачёт по расписанию зачётной сессии.

. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине

При проведении практических занятий по дисциплине «Взаимодействие атмосферы, литосферы и гидросферы» необходимо ориентироваться на современные образовательные технологии путем широкого использования достижений педагогической, гидрометеорологической и аграрной науки, а также передового опыта.

Реализация компетентностного подхода в изучении дисциплины предусматривает использование в учебном процессе различных форм проведения занятий:

1. Лекций в интерактивной форме и практических занятий, с индивидуальными заданиями.
2. Компьютерных моделей по оценке современных ресурсов климата и их возможного использования для целей ландшафтного строительства;

3. Мастер-классов с приглашением сторонних специалистов высокого профессионального уровня;
4. Разбора конкретных производственных ситуаций, связанных с наличием неблагоприятных (опасных) гидрометеорологических условий для ландшафтных структур и планированием мер защиты от них.

Они проводятся в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебного курса должны быть предусмотрены встречи с представителями Гидрометслужбы, посещение метеорологических станций, обсерваторий, постов и знакомство с их программой наблюдений, мастер-классы экспертов, специалистов-метеорологов и агрометеорологов профильных институтов.

Самостоятельная работа должна быть направлена на изучение накопленных знаний и современных научных достижений в метеорологии и агрометеорологии, позволяющих грамотно использовать естественные законы природы в профессиональной деятельности.

Контроль освоения дисциплины рекомендуется осуществлять с использованием балльно-рейтинговой системы, включающей все виды (входной, текущий, промежуточный) контроля знаний, умений и навыков студентов. Рейтинговая система основана на подсчете баллов, «заработанных» студентом в течение модуля.

Основными видами поэтапного контроля результатов обучения являются: входной (в начале изучения дисциплины), текущий контроль (на занятиях и по пройденным разделам), промежуточный контроль (зачёт).

Формы контроля: устный опрос, тестовый контроль, подготовка реферата, индивидуальное собеседование, выполнение домашнего задания.

Учитывают все виды учебной деятельности, оцениваемые определенным количеством баллов. В итоговую сумму баллов входят результаты всех контролируемых видов деятельности – посещение занятий, выполнение заданий, прохождение тестового контроля, активность на семинарских, практических занятиях и т.п.

Все виды учебных работ должны быть выполнены точно в сроки, предусмотренные программой обучения. Если какое-либо из учебных заданий не выполнено (студент пропустил контрольную работу (тестовый контроль), позже положенного срока сдал реферат, не выполнил домашнее задание и т.п.), то за данный вид учебной работы баллы не начисляются, а подготовленные позже положенного срока работы оцениваются с понижающим коэффициентом.

Текущая аттестация проводится на каждом аудиторном занятии. Формы и методы текущего контроля могут быть разными: устное выборочное собеседование, проверка и оценка выполнения практических заданий и т.п.

Для более эффективного применения образовательных технологий и достижения максимальных результатов, использования аудиторного времени, материально-технической и учебно-методической базы при организации практических занятий необходим индивидуальный подход к каждому студенту с первого дня проведения занятий.

Программу разработал:

К.геогр.н., доцент Дронова Е.А.

(подпись)