

Учреждение образования
«Международный государственный экологический институт
имени А.Д. Сахарова»
Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Директор МИ ЭИ им. А.Д. Сахарова
БГУ

О.И. Родькин

2024

Регистрационный № УД-1603-24/уч.

ДИНАМИКА АТМОСФЕРЫ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

1-40 05 01 Информационные системы и технологии (по направлениям)

Направление специальности:

1-40 05 01-06 Информационные системы и технологии в экологии

2024 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-40 05 01-2021 Информационные системы и технологии от 09.02.2022 и учебного плана учреждения образования для специальности 1-40 05 01 Информационные системы и технологии (направление специальности 1-40 05 01-06 Информационные системы и технологии в экологии Рег.№ 129-21/уч. от 14.05.2021)

СОСТАВИТЕЛИ:

М.Г. Герменчук, профессор кафедры ядерной и радиационной безопасности Учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» БГУ, кандидат технических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

С.А. Кузьмич, первый заместитель начальника Белгидромета;
П.С. Лопух, профессор кафедры общего землеведения и гидрометеорологии факультета географии и геоинформатики БГУ, доктор географических наук, профессор

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой ядерной и радиационной безопасности «Международного государственного экологического института им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 10 от 20.05 2024г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» БГУ (протокол № 10 от 19.06, 2024г.)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная дисциплина входит в цикл естественнонаучных дисциплин. Дисциплина изучает закономерности строения, развития, свойств и пространственной дифференциации географической оболочки; физические процессы, определяющие строение и динамику атмосферы; термодинамику атмосферы; состав, строение и особенности циркуляции атмосферы; основные законы, определяющие пространственное изменение давления, температуры, влажности и других метеорологических величин; процессы преобразования солнечной радиации и воды в атмосфере; географические факторы климатообразования и причины изменения климата.

Необходимость изучения этой дисциплины заключается в том, что студенты получают необходимую информацию для работы в области разработки, внедрения, адаптации и использования информационных систем, программного обеспечения и технологий в экологии.

Цель изучения дисциплины

Дать теоретические основы профессиональных знаний, необходимые будущим специалистам в области информационных систем и технологий применительно к вопросам моделирования состояния и загрязнения атмосферы как под действием природных сил и условий, так и антропогенного воздействия человека.

Задачи дисциплины

При преподавании дисциплины должны быть решены следующие задачи:

- изложить основные представления о составе атмосферы, ее строения, атмосферных явлениях и причинах их возникновения
- дать основные представления основных понятиях физики и химии атмосферы как динамической системы, углубленно дать концептуальную основу процессов, описывающих ее состояние;
- систематически изложить важнейшие результаты теории динамической метеорологии, в т.ч. тепло и движение воздуха: конвекция, циркуляция воздуха, локальные ветры и бризы, движение Земли и погода, сила Кориолиса.
- изложить основные представления о процессах в атмосфере: циклоны и антициклоны: высокие и низкие, сезонные и географические особенности, континентальные и морские воздушные массы, тропические полярные воздушные массы, холодный и теплый атмосферные фронты.
- сформулировать основные физические принципы, на которых основаны методы оценки переноса излучения и решения уравнения газов.
- изложить основы формирования системы мониторинга атмосферного воздуха в составе Национальной системы мониторинга окружающей среды в республике Беларусь и сравнительный провести анализ европейского опыта.
- способствовать развитию научного мировоззрения;
- подготовить студентов к изучению других специальных дисциплин.

В результате усвоения этой дисциплины обучаемый должен:

знать

- основные параметры строения и состояния атмосферы, ее структуру;

- источники воздействия на атмосферу и взаимодействие солнечного излучения с атмосферой;
- атмосферные явления;
- особенности переноса излучения в атмосфере;
- основные характеристики атмосферного электричества;
- уравнения состояния газов воздуха и термодинамика атмосферы;
- основные механизмы взаимодействия солнечного излучения с атмосферными составляющими и методы мониторинга состава атмосферы;
- основные представления о строении и источниках энергии звезд, происхождении химических элементов и космических лучей в атмосфере, эволюции Вселенной.

уметь

- описать последовательность слоев атмосферы и основных характеристик слоев, спектра излучения Солнца, сделать расчет числа Вольфа;
- использовать закон Бугера-Ламберта-Бэра для оценки оптической плотности слоя;
- описать интенсивность, плотность, поток поля излучения в различных слоях;
- оценить загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха.

владеть:

- динамическими процессами в атмосфере;
- основными принципами химии атмосферы.

Среди эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению студентов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить

- технологии проблемно-модульного обучения;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

В результате усвоения учебной дисциплины студент должен обладать следующими **компетенциями**: применять основные процессы и оборудование в области защиты атмосферного воздуха от загрязняющих веществ (СК-20).

Для организации самостоятельной работы студентов по дисциплине следует использовать информационные технологии: разместить в свободном доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к практическим занятиям, список рекомендуемой литературы, задания для самоконтроля, электронные пособия и учебники и др.).

Программа рассчитана на 102 ч, из них 40 ч аудиторных (лекции – 16 ч, практические – 24 ч).

Форма получения высшего образования – очная (дневная).

Форма промежуточной аттестации по дисциплине – экзамен в 7-м семестре.

Трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Контроль знаний при преподавании дисциплины предполагает опросы студентов на лекциях и практических занятиях.

При этом при проведении занятий следует обратить внимание на обсуждение вопросов и решение задач с прикладным содержанием. Следует организовать управляемую самостоятельную работу студентов, включающую в себя выполнение индивидуальных заданий.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового контроля по темам и разделам курса.

Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование рейтинговой системы.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1. Атмосфера. Источники воздействия на атмосферу. Солнце. Взаимодействие солнечного излучения с атмосферой

Состав атмосферы. Структура атмосферы, тропосфера и струйные течения, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера, ионосфера, магнитосфера. Гомосфера и гетеросфера. Высотные атмосферные явления: авроры, перламутровые облака, серебристые облака, метеоры, атмосферные приливы, меридиональное распределение температуры на разных высотах.

Фотосфера, солнечная атмосфера, солнечная корона, хромосфера, интенсивность излучения Солнца, солнечные пятна и число Вольфа, солнечная постоянная, 11-летний солнечный цикл, флуктуации магнитного поля, спектр солнечного излучения.

Сечение поглощения, коэффициент поглощения, закон Бугера-Ламберта-Бэра, квантовый выход реакции, коэффициент скорости фотолиза. Образование слоев в атмосфере, коэффициент поглощения излучения, рэлеевское рассеяние.

Тема 2. Перенос излучения в атмосфере. Свечение неба

Характеристики поля излучения: интенсивность, плотность, поток поля излучения, объёмная плотность излучения. Уравнение переноса излучения: закон сохранения лучистой энергии при взаимодействии излучения с элементарным объёмом вещества. Рассеяние света: вероятность рассеяния, индикатриса рассеяния, изотропное рассеяние. Методы решения уравнения переноса излучения: разложение в ряды, метод Монте-Карло или метод статистических испытаний, метод последовательных приближений.

Флуоресценция и резонансное рассеяние, атмосферные эмиссии, свечение дневного, сумеречного, ночного неба.

Тема 3. Атмосферное электричество. Ионосфера

Проводимость атмосферы. Основные ионизаторы атмосферы и средние концентрации ионов у земной поверхности. Электрическое поле в атмосфере и объёмные заряды и токи в атмосфере. Объёмные заряды и токи в атмосфере. Теории электризации осадков, молнии и светящиеся разряды и разряды с острий, сохранение отрицательного заряда Земли.

Строение ионосферы: слой (область) (D, E, F1, F2), химия положительных ионов в области E и D. Процессы ионизации: амбиполярная диффузия, образование ионов в ночное время, процессы рекомбинации, влияние ионно-молекулярных реакций, изменение ионного состава с высотой, отрицательные ионы. Отражение радиоволн от ионосферы. Динамические процессы в ионосфере: «внутренние» волны (аналоги звуковых волн низких частот и «внешние» волны распространяются горизонтально, «гравитационные» волны и т.п.

Тема 4. Уравнения состояния газов и термодинамика атмосферы. Динамические процессы в атмосфере (погода)

Уравнение состояния идеального газа, барометрическая формула. Первое начало термодинамики, адиабатические процессы. Энтропия и второе начало термодинамики: макроскопическом и микроскопическом состоянии системы, статистический вес состояния. Градиент температуры: сухоадиабатический и влажноадиабатический, упругость (парциальное давление) водяного пара, абсолютная влажность, относительная влажность, дефицит влажности, точка росы.

Радиационный баланс Земли: отражаемая энергия Солнца. Тепло и движение воздуха: конвекция, циркуляция воздуха, локальные ветры и бризы. Движение Земли и погода: сила Кориолиса, западный перенос, полярное струйное течение. Циклоны и антициклоны: высокие и низкие, сезонные и географические особенности, континентальные и морские воздушные массы, тропические полярные воздушные массы, холодный и теплый атмосферные фронты.

Тема 5. Уравнения динамики атмосферы. Турбулентность

Силы инерции: гелиоцентрическая система координат, центробежная сила, сила Кориолиса. Уравнение неразрывности: закон сохранения массы частицы. Индивидуальные и локальные производные, метод Лагранжа и метод Эйлера для изучения движения воздуха. Силы, действующие в атмосфере: градиент давления и сила тяжести, геопотенциал.

Ламинарное движение и турбулентное, тензор турбулентных напряжений, критическое число Рейнольдса, коэффициент кинематической вязкости, способы решения проблемы турбулентного движения, коэффициент турбулентной вязкости, планетарный пограничный слой атмосферы.

Тема 6. Волновые процессы в атмосфере. Физика зональной циркуляции атмосферы

Короткие (волны Гельмгольца), циклонические (фронтальные) волны, длинные волны (волны Россби), волны тропопаузы, приливные волны, сейсмические волны. Гравитационные волны. Длинные волны. Волновые движения на границе раздела воздушных масс.

Суперротация атмосферы, долгопериодические колебания общей циркуляции атмосферы, долговременный тренд циркуляции, мониторинга момент импульса атмосферы.

Тема 7. Взаимодействие солнечного излучения с атмосферными составляющими и оптические методы мониторинга состава атмосферы

Эффективность поглощения солнечного излучения отдельными компонентами атмосферы: ионизация, молекулярный кислород, молекулярный азот, озон, водяной пар, окись азота NO и диоксид азота NO₂, углекислый газ CO₂, оксиды серы SO₂. Метод дифференциального поглощения определения содержания газа в атмосфере, метод лазерного (лидарного) зондирования.

Тема 8. Основные принципы химии атмосферы. Озон, азот. Загрязнение атмосферы

Термодинамика химических реакций: энтальпия, свободная энергия Гиббса. Кинетика химических реакций: мономолекулярная или первого порядка (реакция распада), реакция второго порядка или бимолекулярная, реакция третьего порядка или термомолекулярная. Влияние динамики на химию атмосферы.

Физика и химия озона и азота: процессы фотолиза. Стратосферный озон и особенности его распределения: вертикальное распределение концентрации озона, единицы Добсона, циркуляция Брюэра-Добсона, мониторинг озонового слоя, методы измерения общего содержания озона, озоновые дыры.

Состав, объем и источники загрязнений: естественные аэрозоли, молекулярные соединения и атомарные состояния, техногенное загрязнение, объемы выбросов в Республике Беларусь. Загрязнение и мониторинг атмосферы в Республике Беларусь. Распространение вредных веществ в воздухе.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (для очной (дневной) формы получения образования)

Номер раздела, темы, занятия	Наименование раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов					УСР	Форма контр. знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Атмосфера. Источники воздействия на атмосферу. Солнце. Взаимодействие солнечного излучения с атмосферой	2	2	-	-	-	-	1,2,3,4,5
2	Перенос излучения в атмосфере. Свечение неба	2	4	-	-	-	-	1,2,3,4,5
3	Атмосферное электричество. Ионосфера	2	4	-	-	-	-	1,2,3,4,5
4	Уравнения состояния газов и термодинамика атмосферы. Динамические процессы в атмосфере (погода)	2	4	-	-	-	-	1,2,3,4,5
5	Уравнения динамики атмосферы. Турбулентность	2	4	-	-	-	-	1,2,3,4,5
6	Волновые процессы в атмосфере. Физика зональной циркуляции атмосферы	2	2	-	-	-	-	1,2,3,4,5
7	Взаимодействие солнечного излучения с атмосферными составляющими и оптические методы мониторинга состава атмосферы	2	2	-	-	-	-	1,2,3,4,5
8	Основные принципы химии атмосферы. Озон, азот. Загрязнение атмосферы	2	2	-	-	-	-	1,2,3,4,5
	Всего	16	24	-	-	-	-	

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Инновационные методы и подходы к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется практико-ориентированный подход, который предполагает освоение содержания образования через решения практических задач; метод учебной дискуссии, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме; а также методы развития критического мышления, формирующие навыки работы с информацией в процессе чтения и письма.

Рекомендуемая литература

Основная

1. Герменчук, М. Г. Радиационный мониторинг окружающей среды : учеб. пособие / М. Г. Герменчук. – Минск : Вышэйшая школа, 2021. – 278 с.
2. Оболенский, В. Н. Краткий курс метеорологии / В. Н. Оболенский. – М. : Издательство Юрайт, 2020. – 200 с. – (Антология мысли). – ISBN 978-5-534-10497-4.
3. Введение в динамику и энергетику атмосферы: учеб. пособие. – СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2020. – 396 с.
4. Святский, Д. О. Занимательная метеорология / Д. О. Святский, Т. Н. Кладов. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 212 с. – (Открытая наука). – ISBN 978-5-534-09300-1.

Дополнительная

1. Петрова, Г. Г. Физика атмосферы : учеб. пособие / И. Н. Панчишкина, А. И. Петров; Южный федеральный ун-т; Г. Г. Петрова. – Ростов н/Д : Изд-во ЮФУ, 2015. – 92 с. : ил. – ISBN 978-5-9275-1937-8.
2. Шакина, Н. П. Лекции по динамической метеорологии / Н. П. Шакина. – М. : ТРИАДА ЛТД, 2013. – 160 с.
3. Аргучинцев, В. К. Динамическая метеорология : учеб. пособие / В. К. Аргучинцев. – 2-е изд., испр. и доп. – Иркутск : Изд-во Иркут. гос. ун-та, 2009. – 179 с. – ISBN 978-5-9624-0385-4.
4. Голицын, Г. С. Введение в динамику планетных атмосфер / Г. С. Голицын. – Л. : Гидрометеиздат, 1973. – 104 с.
5. Госсард, Э. Волны в атмосфере / Э. Госсард, У. Жук. – М. : Мир, 1978. – 532 с.
6. Динамика климата / Под ред. С. Манабе. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 575 с.
7. Лоренц, Э. Л. Природа и теория общей циркуляции атмосферы / Э. Л. Лоренц. – Л. : Гидрометеиздат, 1970. – 260 с.

8. Монин, А. С. Теоретические основы геофизической гидродинамики / А. С. Монин. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. – 424 с.
9. Киселев, В. Л. Парадоксы «электрического человека»: жизнь и деятельность белорусского ученого Якова Оттоновича Наркевича-Йодки / В. Л. Киселев. – Минск : Беларус. навука, 2007. – 316 с.
10. Яков Оттонович Наркевич-Йодко (1847–1905) : библиографический указатель / Национальная академия наук Беларуси, Комиссия по истории науки, Центральная научная библиотека им. Я. Коласа; [составители Н. Ю. Березкина, О. А. Гапоненко; научный редактор В. Н. Киселев]. – Минск : Беларус. навука, 2010. – 240 с.
11. Стромберг А. Г., Семченко Д. П. Физическая химия: учеб. для хим. спец. вузов / Под ред. А. Г. Стромберга. – 7-е изд., стер. – М. : Высшая школа, 2009. – 527 с.
12. Кононова, Н. К. Классификации циркуляционных механизмов Северного полушария по Дзердзеевскому Б. Л., Ин-т географии РАН / Н. К. Кононова. – М., Воентехиниздат, 2009. – 372 с.
13. Обухов, А. М. Турбулентность и динамика атмосферы / А. М. Обухов. – Л. : Гидрометеиздат; 1988. – 414 с.
14. Гилл, А. Динамика атмосферы и океана / А. Гилл. – М. : Мир, 1986. – Т. 1. – 399 с.; Т. 2. – 416 с.
15. Курганский, М. И. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы / М. И. Курганский. – СПб. : Гидрометеиздат, 1993. – 168 с.
16. Zdunkowski W., Bott A. Dynamics of Atmosphere. A course in theoretic meteorology. Cambridge University Press: 2003. – 739 p.
17. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2014 г. / Под ред. В. Ф. Логинова. – Минск, 2015. – 347 с.
18. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорология. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на станциях : ТКП 17.10-12-2009. – Введ. 01.04.09. – Минск : Минприроды, 2008. – 34 с.
19. Охрана окружающей среды и природопользование. Гидрометеорологическая деятельность. Правила проведения приземных метеорологических наблюдений и работ на постах : ТКП 17.10-38-2011(02120). – Введ. 01.11.11. – Минск : Минприроды, 2008. – 34 с.
20. Наставление по Интегрированной глобальной системе наблюдений ВМО (ВМО № 1160) // Обновлено в 2017 г.
21. Наставление, по краткосрочным прогнозам, погоды общего назначения (РД 52.27.724-2019). – М. : ФГБУ «Гидрометцентр России», 2019. – 66 с.

Формы контроля знаний

№ п / п	Форма
1.	Выборочный контроль на лекциях
2.	Проведение опроса на практических занятиях, решение задач
3.	Доклады на практических занятиях
4.	Рефераты
5.	Экзамен

Примерный перечень тем практических занятий

1. Состав атмосферы, структура атмосферы, тропосфера и струйные течения, стратосфера, мезосфера, термосфера, экзосфера, ионосфера, магнитосфера.
2. Интенсивность излучения Солнца, солнечные пятна и число Вольфа, солнечная постоянная, 11-летний солнечный цикл.
3. Сечение поглощения, коэффициент поглощения, закон Бугера-Ламберта-Бэра, квантовый выход реакции, коэффициент скорости фотолиза.
4. Электрическое поле в атмосфере и объемные заряды и токи в атмосфере. Объемные заряды и токи в атмосфере. Теории электризации осадков, молнии и светящиеся разряды и разряды с острий, сохранение отрицательного заряда Земли.
5. Барометрическая формула и уравнение состояния идеального газа, макроскопическое и микроскопическое состояние системы.
6. Радиационный баланс Земли: отражаемая энергия Солнца. Циклоны и антициклоны: высокие и низкие, сезонные и географические особенности, континентальные и морские воздушные массы, тропические полярные воздушные массы, холодный и теплый атмосферные фронты.
7. Силы инерции: гелиоцентрическая система координат, центробежная сила, сила Кориолиса, уравнение неразрывности: закон сохранения массы частицы, индивидуальные и локальные производные, метод Лагранжа и метод Эйлера для изучения движения воздуха.
8. Коэффициент кинематической вязкости, коэффициент турбулентной вязкости.
9. Волны Гельмгольца, циклонические (фронтальные) волны, волны Россби), волны тропопаузы, приливные волны, сейсмические волны.
10. Суперротация атмосферы, долгопериодические колебания общей циркуляции атмосферы, долговременный тренд циркуляции.
11. Кинетика химических реакций: мономолекулярная или первого порядка (реакция распада), реакция второго порядка или бимолекулярная, реакция третьего порядка или термомолекулярная. Стратосферный озон и особенности его распределения: вертикальное распределение концентрации озона, единицы Добсона, циркуляция Брюэра-Добсона, мониторинг озонового слоя, методы измерения общего содержания озона, озоновые дыры.

12. Состав, объем и источники загрязнений: естественные аэрозоли, молекулярные соединения и атомарные состояния, техногенное загрязнение, объемы выбросов в Республике Беларусь.

Наименования и виды методических средств

№ п / п	Наименование	Вид
1	Учебно-информационные материалы по теме лекций	Электронный файл - *.pdf
2	Презентации	Электронный файл - *.ppt

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменении содержания учебной программы по изучаемой дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Согласование с другими дисциплинами специальности не требуется			