

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  
**ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АТМОСФЕРНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ЯВЛЕНИЯ**

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	Короткова Н.В.	<i>Корт</i>	11.05.21
Председатель НМК	Кудрявцева М.Н.	<i>М.Н. Кудрявцева</i>	11.05.21
Заведующий кафедрой	Червяков М.Ю.	<i>М.Ю. Червяков</i>	11.05.21
Специалист Учебного управления			

## **1. Цели освоения дисциплины «Воздействия на атмосферные процессы и явления»**

Целью преподавания дисциплины «Воздействия на атмосферные процессы и явления» является изучение всего многообразия направлений, методов и средств, используемых метеорологами для преднамеренного воздействия на различные атмосферные образования, явления и процессы. В качестве основной задачи ставится освоение основ физики процессов и явлений, принципиальных вопросов научной методологии активных воздействий на атмосферные процессы.

В рамках данной дисциплины затрагиваются вопросы преднамеренного техногенного воздействия на атмосферу.

## **2. Место дисциплины «Воздействия на атмосферные процессы и явления» в структуре ООП**

Данная дисциплина входит в обязательную часть блока Б1 «Дисциплины». Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Она связана с дисциплинами «Физика атмосферы», «Экология атмосферы», «Теория общей циркуляции и атмосферы» и др.

## **3. Результаты обучения по дисциплине «Воздействия на атмосферные процессы и явления»**

<b>Код и наименование компетенции</b>	<b>Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения</b>
<b>ПК-1</b> Способен применять знания Наук о Земле для решения профессиональных прикладных задач, в том числе прогноза погоды и активных воздействий на гидрометеорологические процессы	<b>1.1_М.ПК-1.</b> Знаком с основными методами воздействия на атмосферные процессы	Знать: основные термины и понятия; основные свойства физики облаков; виды реагентов, способы их применения, хранения; Уметь: самостоятельно осваивать дополнительную литературу; выполнять практические задания по различным разделам дисциплины; анализировать результаты расчетов; полно и логично излагать освоенный учебный материал. Владеть: знаниями о современных технологиях активного

		воздействия на явления; основными методами и концепциями активных воздействий;
--	--	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины «Воздействия на атмосферные явления и процессы»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 часов).

№ п/п	Раздел 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	Практические занятия		КСР	
					Общая трудоемкость	Из них – практическая подготовка		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение. История и современное состояние проблемы.	3		1			8	Устный контроль
2	Законы термодинамики атмосферы.	3		1	4	2	8	Устный контроль
3	Фазовые переходы воды в атмосфере.	3		2	4	2	8	Устный контроль
4	Образование осадков.	3		2	4	2	8	Устный и письменный контроль
5	Концепции искусственного облако-образования и воздействий на другие атмосферные явления и процессы.	3		2	4	2	10	Устный контроль
6	Методы воздействия хладореагентами и льдообразующими реагентами	3		2	4	4	8	Устный контроль
7	Средства доставки и рассеивания реагентов. Технология активных воздействий разного типа.	3		2	4	2	8	Устный контроль

8	Средства наблюдения и контроля в проектах по АВ. Организация научно-исследовательских проектов по АВ.	3		2	4	2	8	Письменный тест
<b>Всего:</b>				<b>14</b>	<b>28</b>	<b>16</b>	<b>66</b>	<b>зачет</b>

### **1 Введение. История и современное состояние проблемы**

Цели и задачи курса. Исторический обзор развития данного направления науки. Основные виды и объекты активных воздействий (АВ) в атмосфере. Организация работ по АВ в России и за рубежом.

**2 Законы термодинамики атмосферы** Первое начало термодинамики. Частные процессы.

### **3 Фазовые переходы воды в атмосфере**

Виды фазовых переходов воды в атмосфере. Условия равновесия фаз в гомогенной и гетерогенной системах.

### **4 Образование осадков**

Льдообразующие атмосферные ядра.

**5 Концепции искусственного облако-образования и воздействий на другие атмосферные явления и процессы**

Засев с целью изменения концентрации и спектра ОЯК. Льдообразующие статический и динамический засева. Гигроскопический засев. Противорадовый засев. Концепции перезасева облаков.

**6 Методы воздействия хладореагентами и льдообразующими реагентами**

Принцип действия и свойства основных хладореагентов (твердая углекислота, жидкий азот, пропан) и льдообразующих аэрозолей. Другие реагенты.

**7 Средства доставки и рассеивания реагентов. Технология активных воздействий разного типа**

Самолетные и наземные аэрозольные генераторы непрерывного действия. Пиротехнические средства. Самолеты, артиллерийские и ракетные установки, как средства доставки реагента в зону воздействия. Различные технологии засева облаков, туманов и атмосферных слоев.

**8 Средства наблюдения и контроля в проектах по АВ. Организация научно-исследовательских проектов по АВ**

Радиолокационные, самолетные и наземные средства наблюдения в проектах по АВ. Планирование экспериментов.

## **Перечень практических работ**

1. Исследование зависимости давления насыщения водяного пара от температуры, размера капли (кристалла) и содержания растворенных веществ. - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab1.pdf>
2. Исследование процессов диффузионного и коагуляционного роста капель и кристаллов льда в слоистообразных и конвективных облаках. - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab4.pdf>
3. Исследование процесса кристаллизации переохлажденных капель в облаках - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab4.pdf>

### ***Перечень практических работ (практическая подготовка):***

1. Исследование процесса образования ядер капель и кристаллов в атмосфере. - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab2.pdf>
2. Исследование конденсационного роста капель и сублимационного роста кристаллов льда. - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab3.pdf>

## **5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

С целью реализации компетентностного подхода предусматривается широкое использование в учебном процессе активных 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. При выполнении практических работ в течение семестра обучающиеся должны овладеть методами сбора, обработки, анализа и систематизации научно-технической информации, умением выбора методик и средств решения задачи.

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.

Для формирования, развития и закрепления профессиональных навыков на лабораторную подготовку по данной дисциплине отводится 16 часов, в течение которых студентами будет выполняться следующий перечень заданий:

1. Исследование процесса образования ядер капель и кристаллов в атмосфере. - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab2.pdf>
2. Исследование конденсационного роста капель и сублимационного роста кристаллов льда. - <http://www.chukin.ru/edu/physics/lab/lab3.pdf>

**6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Воздействия на атмосферные процессы и явления»:**

Самостоятельная работа проводится в форме изучения дополнительной литературы и анализа гидрометеорологической информации интернет ресурсов.

***Тестовые задания для проведения текущего контроля по дисциплине «Воздействия на атмосферные процессы и явления»***

1. Успешный опыт засева облаков твердой углекислотой с самолета осуществлен Шефером (США) в:

- 1). 1921; 2). 1930; 3). 1946; 4). 1959; 5). 1968.

Верный вариант: 3).

2. Впервые предложил использовать йодистое серебро в качестве льдообразующего реагента:

- 1). Молчанов; 2). Бержерон; 3). Ленгмюр; 4). Воннегут; 5). Гайворонский;

Верный вариант: 4).

3. Гомогенная нуклеация воды в реальной атмосфере возможна при пересыщении:

- 1). 0,1%; 2). 1%; 3). 10%; 4). 100%; 5). 300%.

Верный вариант: 5).

4. Какому термодинамическому процессу соответствует выражение  $dq = p dv$ , где  $dq$  – тепло, переданное газу,  $p$  – давление,  $dv$  – изменение объема газа:

- 1). изобарическому; 2). изотермическому; 3). изостерическому; 4). адиабатическому;

Верный вариант: 2).

5. Средний радиус облачных частиц в жидкокапельном облаке вида  $Cu\text{cong}$ :

- 1). 1 мкм; 2). 6 мкм; 3). 25 мкм; 4). 50 мкм; 5). 100 мкм.

Верный вариант: 2).

6. Типичная концентрация облачных частиц в облаке вида  $Cb$  (в  $\text{см}^{-3}$ ):

- 1). 5; 2). 50; 3). 1000; 4). 5000; 5). 10000.

Верный вариант: 3).

7. При реальных условиях в атмосфере (пересыщение не более 1%) критический радиус капли в процессе диффузионного роста приблизительно равен:

- 1). 0,01 мкм; 2). 0,1 мкм; 3). 1 мкм; 4). 5 мкм; 5). 10 мкм.

Верный вариант: 2).

8. Гомогенное льдообразование в реальной атмосфере может привести к образованию преимущественно ледяного облака, начиная с  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) ниже:

- 1). - 2; 2). - 5; 3). - 10; 4). - 15; 5). - 30

Верный вариант: 5).

9. Максимальная скорость роста ледяных зародышей в реальных облаках наблюдается при  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ):

- 1). - 2; 2). - 5; 3). - 10; 4). - 15; 5). - 30.

Верный вариант: 4).

10. Преобладающим по скорости роста облачных частиц до величины частиц осадков (до 200 мкм диаметром) в облаках средних широт является механизм:

1). гомогенной нуклеации; 2). Бержерона-Финдейзена; 3). Клаузиуса - Клапейрона; 4). коагуляции; 5). коалесценции.

Верный вариант: 2).

11. В составе льдообразующих ядер атмосферного аэрозоля преобладают частицы:

1). морской соли; 2). органические частицы; 3). сульфатов и гидрокарбонатов; 4). глинозема и каолина; 5). кремнезема и сульфата аммония.

Верный вариант: 4).

12. Типичная концентрация ОЯК в атмосфере над континентами (в литре):

- 1). 10; 2). 100; 3). 1000; 4).  $10^4$ ; 5).  $10^6$ .

Верный вариант: 5).

13. Концепция гигроскопического засева успешно использовалась в (возможен не единственный ответ):

1). переохлажденных туманах; 2). теплых туманах; 3). переохлажденных облаках; 4). теплых тропических облаках; 5). кристаллических облаках.

Верный вариант: 2). и 4).

14. Наиболее низкая температура поверхности у реагента:

1). “сухой лед”; 2). жидкий пропан; 3). иодистое серебро; 4). жидкий азот; 5). сульфид меди.

Верный вариант: 4).

15. Концепция перезасева ЛОЯ используется для:

1). увеличения осадков; 2). уменьшения осадков; 3). рассеяния туманов; 4). уничтожения конденсационных следов самолетов; 5). создания искусственных перистых облаков.

Верный вариант: 2).

16. Порог активности ( $T$  °C) иодистого серебра как ЛОЯ:

1). - 2; 2). - 5; 3). - 10; 4). - 15; 5). - 20.

Верный вариант: 2).

17. Наиболее эффективен засев конвективного облака с целью усиления его осадкообразующей способности в стадии:

1). первых минут после его образования; 2). роста после достижения его вершиной изотермы – 10 °C; 3). роста после достижения его вершиной изотермы – 30 °C; 4). максимального развития облака (наковальня Сb); 5). распада и диссипации.

Верный вариант: 2).

18. Прямое тепловое и динамическое воздействие использовалось для (возможен не единственный ответ):

1). создания кучевых облаков; 2). разрушения кучевых облаков; 3). рассеивания туманов; 4). предотвращения града; 5). изменения траектории движения тропических циклонов.

Верный вариант: 1). и 3).

19. Максимальные оценки положительного эффекта засевов облаков с целью увеличения осадков на опытной территории в различных проектах составляют около:

1). 10%; 2). 20%; 3). 40%; 4). 60%; 5). 80%.

Верный вариант: 2).

20. Рандомизация – это метод активных воздействий основанный:

1). на применении опытной и контрольной площадей; 2). физическом контроле производства засева облаков; 3). случайном выборе объекта засева; 4). случайном выборе решения засева; 5). использовании концепции перезасева.

Верный вариант: 4).

21. Наиболее мощное непреднамеренное воздействие на атмосферу, усиливающее парниковый эффект, при эксплуатации ТЭС заключается в:

1). выбросе  $\text{CO}_2$ ; 2). выбросе оксидов азота; 3). выбросе водяного пара; 4). выбросе твердых аэрозолей; 5). образовании повышенных концентраций озона.

Верный вариант: 3).

22. Наибольшее воздействие человечества на атмосферные процессы за всю историю цивилизации до 20 века заключается в:

1). загрязнении атмосферы аэрозолем; 2). изменении альbedo подстилающей поверхности; 3). тепловом воздействии городов; 4). нарушении водного баланса территорий засевом облаков; 5). Выбросе в атмосферу парниковых газов.

Верный вариант: 2).

***Контрольные вопросы для проведения промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Воздействия на атмосферные процессы и явления»***

1 Преднамеренные и непреднамеренные воздействия на атмосферные процессы. Виды и основные принципы.

2 Фазовые переходы воды в атмосфере. Два основных типа процессов, приводящих к образованию облаков и осадков.

3 Уравнение состояния воздуха.

4 Первое начало термодинамики. Частные случаи для атмосферных процессов.

5 Уравнение Клаузиуса – Клайперона.

6 Потенциал Гиббса.

7 Гомогенная нуклеация водяного пара в атмосфере.

8 Уравнение Томсона (Кельвина). Критический радиус капли.

9 Гетерогенная нуклеация водяного пара в атмосфере.

10 Закон Рауля.

- 11 Атмосферные ядра конденсации. Классификация по размерам. Происхождение.
- 12 Морской и континентальный аэрозоли.
- 13 Льдообразующие облачные ядра.
- 14 Основные процессы приводящие к образованию осадков в облаках.
- 15 Процесс Бергерона – Финдайзена.
- 16 Основные концепции засева облаков.
- 17 Льдообразующий засев облаков для достижения микрофизических эффектов (статический).
- 18 Динамический льдообразующий засев облаков.
- 19 Концепция перезасева облаков.
- 20 Концепции борьбы с градом засевом облаков.
- 21 Концепции рассеяния туманов.
- 22 Реагенты, используемые для засева облаков и туманов.
- 23 Технологии (способы) засева облаков. Средства доставки реагента.
- 24 Хладореагенты, используемые для засева облаков.
- 25 Льдообразующие твердые аэрозоли.
- 26 Основные исторические этапы развития активных воздействий на атмосферные процессы.

## 7. Данные для учета успеваемости студентов в БАРС

Таблица 1. Таблица максимальных баллов по видам учебной деятельности

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Семестр	Лекции	Лабораторные занятия	Практические занятия	Самостоятельная работа	Автоматизированное тестирование	Другие виды учебной деятельности	Промежуточная аттестация	Итого
3	14	0	25	16	0	15	30	100

### Программа оценивания учебной деятельности студента

#### Лекции

Посещаемость, опрос, активность за один семестр – от 0 до 14 баллов

0 б – отсутствие на лекции

0,5 б – присутствие

2 б – присутствие и активное участие

#### Лабораторные работы

не предусмотрены

#### Практические занятия (всего 5 работ)

Контроль выполнения практических работ в течение одного семестра  
от 0 до 25 баллов

0 б – отсутствие на практическом занятии

3 балла – работа выполнена с ошибкой

5 баллов – работа выполнена верно

### **Самостоятельная работа**

#### **Подготовка к устному и письменному контролю**

Опросы по пройденному материалу 0 – 16 баллов

Всего 8 опросов. Максимальный балл за один опрос – 2 балла

### **Автоматизированное тестирование не предусмотрено**

### **Другие виды учебной деятельности**

#### **Письменный тест**

0 б - нет ответов

10 б – 50% ответов не правильно

15 б - 80-100% правильных ответов

### **Промежуточная аттестация**

16-30 – «зачтено»

0-15 – «не зачтено»

Таким образом, максимально возможная сумма баллов за все виды учебной деятельности студента за 3 семестр по дисциплине «Воздействия на атмосферные процессы и явления» составляет 100 баллов.

Таблица 2. Таблица пересчета полученной студентом суммы баллов по дисциплине «Воздействия на атмосферные процессы и явления» в зачет:

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

## **8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Воздействия на атмосферные процессы и явления»**

### **а) литература:**

1. Клёмин В.В., Кулешов Ю.В., Суворов С.С., Волконский Ю.Н. Динамика атмосферы. СПб.: Наука, 2013. – 421 с. (30 экз. на кафедре)
2. Кислов, А. В. Климатология: учебник для студентов учреждений высшего образования / А. В. Кислов. - 2-е изд., испр. - Москва: Издательский центр "Академия", 2014. – 221с.
3. Радиолокационная метеорология и активные воздействия / Федер. служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федер. гос. бюджет. учреждение "Гл. геофиз. обсерватория им. А.И. Воейкова"; Санкт-Петербург : Главная геофизическая обсерватория, 2012. 200 с. (2 экз. в фондах кафедры)
4. Бекряев В.И. Практикум по физическим основам воздействия на атмосферные процессы. Л.:Гидрометеиздат, 1991. (3 экз. в фондах кафедры)
5. Денис А. Изменение погоды засевом облаков: пер. с англ./- М.: Мир, 1983.- 272 с. (2 экз. на кафедре)
6. Семенченко Б.А. Физическая метеорология. М.: Аспект Пресс, 2002. 415 с.
7. Облака. Происхождение. Классификация, распознавание: уч. пособие под ред. Угрюмова А.Ю. СПб: Рос. гос. гидрометеор. Ун-т, 2007. 227 с.
8. Капустин А.В., Сторожук Н.Л. Технические средства гидрометеорологической службы. Санкт –Петербург.- 2005.- 283 с.

### **б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. [http://vgistikhiya.ru/index\\_page.html](http://vgistikhiya.ru/index_page.html) - Исследования туманов;
2. [http://vgistikhiya.ru/index\\_page.html](http://vgistikhiya.ru/index_page.html) - Нормы времени и нормативы численности на выполнение работ по организации и проведению противорадовой защиты;
3. <http://www.meteolab.ru/publish/2009-12-01.pdf> - Влияние солнечной активности на вариации количества облаков
4. Microsoft Word
5. Microsoft Access
6. Microsoft Exel

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

Литературные источники, конспекты лекций, тематические словари, тематические справочники, атласы.

Компьютеры, программные средства, включая ГИС-программы, техническое оборудование, станция приема спутниковой информации.

Бумажные и цифровые карты, видеотека.

Практическая подготовка студентов проходит в учебной метеорологической лаборатории университета.

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

Автор: Короткова Н.В., 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.