

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ**

Кафедра метеорологических прогнозов

Рабочая программа дисциплины

Б1.В.ДВ.03.02.05 Моделирование климата и его изменений

Основная профессиональная образовательная программа
высшего образования по направлению подготовки

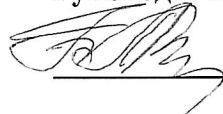
05.03.05 Прикладная гидрометеорология

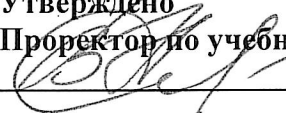
Направленность (профиль):
Метеорология, спутниковые и цифровые технологии

Уровень
Бакалавриат

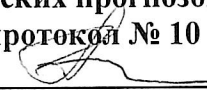
Форма обучения
Очная/заочная

Согласовано
Руководитель ОПОП

 **Восканян К.Л.**

Утверждено
Проректор по учебной работе
 **Н.О. Верещагина**

Рекомендована решением
Ученого совета метеорологического факультета
30.06.2023 г., протокол № 12

Рассмотрена и утверждена на заседании кафедры
метеорологических прогнозов
05.06.2023 г., протокол № 10
Зав. кафедрой  **Анискина О.Г.**

Автор-разработчик:
к.ф.-м.н. Ермакова Т.С.

1. Цель и задачи освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины — сформировать универсальную и общепрофессиональную компетентность, а также необходимый объем фундаментальных и прикладных знаний, умений и навыков у обучающихся по принципам построения и функционирования гидродинамических моделей атмосферы, воссоздающих атмосферные процессы в условиях изменения климата и грамотно использовать результаты моделирования.

Задачи:

1. Сформировать знание:
 - теоретические основы климатических процессов, а также процессов приводящих к экстремальным явлениям;
 - причинно-следственные связи, лежащие в основе изменения климата;
 - методы экстраполяции с учетом региональных климатических особенностей.
2. Сформировать умение:
 - ассоциировать аномалии для разных климатических характеристик с наблюдаемыми тенденциями;
 - связывать обратные связи и климатический прогноз;
 - учитывать особенности регионального и глобального климата при разработке сезонных прогнозов.
3. Сформировать владение:
 - методами представления климатических тенденций для разных характеристик из разных источников;
 - навыками сравнительного анализа;
 - навыками обработки результатов, полученных с применением климатических моделей.

2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных основной профессиональной образовательной программы, изучается в 7 семестре для очной формы обучения и на 5 курсе для заочной формы обучения для освоения профессиональных компетенций.

Изучению предшествуют следующие дисциплины:

«Гидродинамические прогнозы погоды», «Синоптические погоды погода», «Специализированные прогнозы погоды», «Прогноз погоды с использованием спутниковых данных», «Динамика атмосферы», «Общая циркуляция атмосферы».

Изучается параллельно в 7 семестре и на 5 курсе для заочной формы обучения с такими дисциплинами как:

«Теория климата», «Основы климатологии», «Численные модели атмосферы», «Метеорологические данные: цифровые базы и визуализация.

Дисциплина является базовой для изучения дисциплин:

«Метеорологическое обеспечение хозяйственной деятельности», «Практическая метеорология», «Геофизическое обеспечение безопасности эксплуатации техники.

Дисциплина может быть использована при выполнении научно-исследовательской работы, в преддипломной практике, а также при написании выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Перечень планируемых результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование компетенций:
ПК-2.

Таблица 1. Компетенции

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
ПК-2. Способен анализировать явления и процессы природной среды, выявлять их закономерности	ПК-2.1. Знает о закономерностях и аномалиях происходящих процессов в природной среде	Знать: – теоретические основы климатических процессов, а также процессов приводящих к экстремальным явлениям. Уметь: – ассоциировать аномалии для разных климатических характеристик с наблюдаемыми тенденциями. Владеть: – методами представления климатических тенденций для разных характеристик из разных источников.
	ПК-2.2. Умеет осуществлять анализ явлений и процессов, происходящих в природной среде, на основе данных наблюдений, экспериментальных и модельных данных	Знать: – причинно-следственные связи, лежащие в основе изменения климата. Уметь: – связывать обратные связи и климатический прогноз. Владеть: – навыками сравнительного анализа.
	ПК-2.3. Владеет навыками интерпретации результатов анализа природных явлений и процессов, а также умение формулировать обоснованные выводы и рекомендации для управления природными ресурсами и охраны окружающей среды	Знать: – методы экстраполяции с учетом региональных климатических особенностей. Уметь: – учитывать особенности регионального и глобального климата при разработке сезонных прогнозов. Владеть: – навыками обработки результатов, полученных с применением климатических моделей.

4. Структура и содержание дисциплины

4.1. Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет: 3 зачетные единицы, 108 академических часов.

Таблица 2. Объем дисциплины по видам учебных занятий в академических часах

Объём дисциплины	Очная форма обучения		Заочная форма обучения	
	Семестр	Итого	Семестр	Итого
	7 семестр		5 курс	
Зачётные единицы	3	3	3	3
Контактная работа обучающихся с преподавателем (по видам аудиторных учебных занятий) – всего:	46	46	10	10

в том числе:	-	-		
— лекции	18	18	2	2
— занятия семинарского типа	-	-	-	-
— практические занятия	-	-	-	-
— лабораторные занятия	28	28	8	8
Самостоятельная работа (далее – СРС) – всего:	60,84	60,84	96,84	96,84
в том числе:	-	-	-	-
— курсовая работа	-	-	-	-
— контрольная работа	-	-	-	-
Контроль:	1,16	1,16	1,16	1,16
ВСЕГО ЧАСОВ	108	108	108	108

4.2. Структура дисциплины

Таблица 3. Структура дисциплины для очной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
7 семестр							
1	Создание климатических моделей	2	-	4	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2,	ПК-2.1, ПК-2.2
2	Численное представление атмосферных и океанических уравнений и параметризация	2	4	10	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.2, ПК-2.3
3	Климатическое моделирование	2	4	10	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
4	Парниковый эффект в современном климате Земли. Обратные связи	3	4	10	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
5	Сценарии климатической модели глобального потепления	3	-	6	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
6	Ансамблевый прогноз. Проект взаимного сравнения связанных моделей (CMIP)	4	12	10	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.3
7	Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)	2	4	10,84	Устная защита подготовленных докладов	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.3
-	ИТОГО	18	28	60,84	-	-	-

Таблица 4. Структура дисциплины для заочной формы обучения

№	Раздел / тема дисциплины	Виды учебной работы, в т.ч. самостоятельная работа студентов, час.			Формы текущего контроля успеваемости	Формируемые компетенции	Индикаторы достижения компетенций
		Лекции	Лабораторные занятия	СРС			
5 курс							
1	Создание климатических моделей	-	-	10		ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2
2	Численное представление атмосферных и океанических уравнений и параметризация	-	-	14		ПК-2	ПК-2.2, ПК-2.3
3	Климатическое моделирование	1		14		ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
4	Парниковый эффект в современном климате Земли. Обратные связи	1	4	12	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
5	Сценарии климатической модели глобального потепления	-	-	18		ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3
6	Ансамблевый прогноз. Проект взаимного сравнения связанных моделей (CMIP)	-	4	12	Устная защита результатов лабораторной работы	ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.3
7	Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)	-	-	16,84		ПК-2	ПК-2.1, ПК-2.3
-	ИТОГО	2	8	96,84	-	-	-

4.3. Содержание разделов дисциплины

Таблица 5. Содержание разделов дисциплины

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание	Компетенция
1	Создание климатических моделей	Модели атмосферы. Процессы масштаба меньше горизонтального шага сетки. Разрешение и вычислительные затраты. Модель океана и взаимодействие океана и атмосферы. Поверхность земли, снег, лед и растительность. Основные уравнения климатической модели. Моделирование климатической системы.	ПК-2

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание	Компетенция
2	Численное представление атмосферных и океанических уравнений и параметризация	Метод конечных разностей и спектральные модели. Дискретность и устойчивость. Разные сетки в климатических моделях. Параллельная компьютерная архитектура. Параметризация турбулентности, конвекции. Процессы на поверхности земли и влажность почвы. Лед и снег в климатических моделях.	ПК-2
3	Климатическое моделирование	Иерархия климатических моделей. Климатическое моделирование и климатический дрейф. Оценка климатическими моделями современного климата. Атмосферная модель климатологии с учетом заданной ТПО. Моделирование реакции ЭНЮК	ПК-2
4	Парниковый эффект в современном климате Земли. Обратные связи	Глобальный энергетический баланс. Параметр обратной связи. Вклад обратных связей по климату через реакцию глобальной средней температуры. Чувствительность климата. Обратная связь по водяному пару. Обратная связь по снегу/льду. Обратная связь по облакам. Время реакции климата при переходном изменении климата	ПК-2
5	Сценарии климатической модели глобального потепления	Парниковые газы, аэрозоли и другие климатические воздействия. Глобально-осредненный ответ на сценарии парникового потепления. Пространственные закономерности потепления для зависящих от времени сценариев. Лед, уровень моря, экстремальные явления. Изменение климата, наблюдаемое на сегодняшний день.	ПК-2
6	Ансамблевый прогноз. Проект взаимного сравнения связанных моделей (CMIP)	Методы сезонного, межгодового, десятилетнего и столетнего прогнозирования с использованием МОЦАО. Климатические прогнозы для понимания прошлых, настоящих и будущих изменений климата. CMIP и связанная с ним инфраструктура данных	ПК-2
7	Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК)	Архив климатических, социально-экономических и экологических данных и сценариев, используемых в отчетах и ключевых показателях, подготовленных МГЭИК. Входные данные GCM и социально-экономические данные и сценарии.	ПК-2

4.4. Содержание занятий семинарского типа

Таблица 6. Содержание лабораторных занятий для очной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных работ	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
7 семестр			
2	Лабораторная работа №1. Эффективная температура	4	10
3	Лабораторная работа №2. Однослойная модель радиационного баланса	4	10
4	Лабораторная работа №3. Простая модель парникового эффекта	4	10
6	Лабораторная работа №4. Оценка разных экспериментов CMIP	12	10
7	Лабораторная работа №5. Анализ доступных данных, подготовленных МГЭИК.	4	10,84
-	ВСЕГО	28	50, 84

Таблица 7. Содержание практических занятий для заочной формы обучения

№ темы дисциплины	Тематика лабораторных работ	Всего часов	В том числе часов самостоятельной подготовки
5 курс			
2	Лабораторная работа №1. Эффективная температура	-	10
3	Лабораторная работа №2. Однослойная модель радиационного баланса	-	10
4	Лабораторная работа №3. Простая модель парникового эффекта	4	10
6	Лабораторная работа №4. Оценка разных экспериментов CMIP	4	10
7	Лабораторная работа №5. Анализ доступных данных, подготовленных МГЭИК.	-	10,84
-	ВСЕГО	8	50, 84

5. Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

В течение семестра студент обязан самостоятельно прорабатывать материал, изложенный на лекциях, для чего рекомендуется использовать сделанные на лекциях конспекты, изучить основную и дополнительную литературу. Электронный учебный курс «Моделирование климата и его изменений» в системе Moodle [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moodle.rshu.ru>

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Учет успеваемости обучающегося по дисциплине осуществляется по 100-балльной шкале.

Таблица 8. Учёт успеваемости обучающегося по дисциплине

Учет успеваемости	Количество баллов
– Максимальное количество баллов по дисциплине за один семестр	100
–Максимальное количество баллов за выполнение всех видов текущего контроля:	100
в том числе максимальное количество баллов за прохождение промежуточной аттестации	30

6.1. Текущий контроль

Задания, методика выполнения и критерии оценивания текущего контроля по разделам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

6.2. Промежуточная аттестация

Перечень вопросов и критерии оценивания ответов на вопросы в билете по темам дисциплины представлены в Фонде оценочных средств по данной дисциплине.

Форма промежуточной аттестации по дисциплине: **зачет**.

Форма проведения **зачета**: решение тестовых заданий.

6.3. Балльно-рейтинговая система оценивания

Таблица 9. Распределение баллов по видам учебной работы — 7 семестр для очной формы обучения и 5 курс для заочной формы обучения

Вид учебной работы, за которую ставятся баллы	Баллы
Текущий контроль:	0-100
в том числе промежуточная аттестация	0-30
ИТОГО	0-100

Таблица 9.1. Распределение баллов по текущему контролю

№	Вид работ	Min	Max
<i>1. Обязательная часть</i>			
1.1	Текущий контроль успеваемости по проверке сформированности остаточных знаний	<u>6</u>	<u>12</u>
1.1.1	Тест	6	12
1.2	Выполнение лабораторных работ	<u>14</u>	<u>28</u>
1.2.1	Лабораторная работа № 1	2	5
1.2.2	Лабораторная работа № 2	2	5
1.2.3	Лабораторная работа № 3	5	10
1.2.4	Лабораторная работа № 4	5	10
1.2.5	Лабораторная работа № 5	6	10
Итого баллов по обязательной части		20	40
<i>2. Вариативная часть</i>			
2.1	Тест	<u>15</u>	<u>30</u>
2.1.1	Тест на тему «Климатические модели»	5	10
2.1.2	Тест на тему «Парниковый эффект»	5	10
2.1.3	Тест на тему «Проект СМIP»	5	10
2.2	Решение профессиональных задач	<u>15</u>	<u>30</u>
2.2.1	Решение профессиональных задач с использованием языка программирования fortran	5	10
2.3	Участие в олимпиадах по моделированию климата и климатическим изменениям:	<u>60</u>	<u>60</u>
2.4.1	участник внутривузовской олимпиады	5	5
2.3.2	призер внутривузовской олимпиады	10	10
2.3.3	участие в межвузовской олимпиаде	10	10
2.3.4	призер межвузовской олимпиады	15	15
2.3.5	призер национальной олимпиады	20	20
3.1	Устные доклады	<u>10</u>	<u>15</u>
3.1.1	Доклад с презентацией по текущей теме	10	15
3.2	Участие в акселерационной программе университета / конкурсе грантов Росмолодежи с проектом, связанным с компьютерными технологиями	<u>10</u>	<u>20</u>
3.2.1	участие	10	10
3.2.2	победа	20	20
Итого баллов по вариативной части		20	60
4.1	Промежуточная аттестация по дисциплине	0	30
Итого баллов по дисциплине		40	100

Таблица 9.2. Конвертация баллов в итоговую оценку

Оценка	Баллы
Зачтено	40-100
Не зачтено	0-39

7. Методические рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины

Методические рекомендации ко всем видам аудиторных занятий, а также методические рекомендации по организации самостоятельной работы, в том числе по подготовке к текущему контролю и промежуточной аттестации представлены в Методических рекомендации для обучающихся по освоению дисциплины «Моделирование климата и его изменений».

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Переведенцев Ю. П. Теория климата. – Казань. : Изд. Казан. ун-та, 2009. – 503 с.
2. Володин Е.М., Дианский Н.А. Моделирование циркуляции атмосферы. Курс лекций. – Москва, РАН, МГУ, 2017. – 96 с.
3. Кислов А.В. Климатология с основами метеорологии. – Издательский центр «Академия», М. 2016. – 224 с.

Дополнительная литература:

1. Монин А.С. Введение в теорию климата – Л., Гидрометеиздат, 1982. – 246 с.
2. Дымников В. П. О предсказуемости изменений климата // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 1998. Т. 34, № 5. С. 741–751.
3. Монин А. С., Шишков Ю. А. Климат как проблема физики // Успехи физ. наук. 2000. Т. 170. С. 13–24.
4. Математическое моделирование общей циркуляции атмосферы и океана / Г. И. Марчук, В. П. Дымников, В. Б. Залесный, В. Н. Лыков, В. Я. Галин. Л. : Гидрометеиздат, 1984. 320 с.
5. Миланкович М. Математическая климатология и астрономическая теория колебаний климата : пер. с нем. / под ред. С. Л. Бастамова. М. ; Л. ГОНТИ, 1939. 208 с.
6. Матвеев Л. Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. Л. : Гидрометеиздат, 1991. С. 158–180.
7. Мордвинов В.И., Латышева И.В., Девятова Е.В. Теория климата. – Учебное пособие. Иркутск. Издательство ИГУ. 2013. - 187 с.

8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Образовательная платформа Нетология [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://netology.ru/>
2. Образовательная платформа Яндекс Практикум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/>
3. Образовательная платформа GeekBrains [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gb.ru/>
4. Образовательная платформа Skillbox [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://skillbox.ru/>
5. Образовательная платформа SkillFactory [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://skillfactory.ru/>
6. Образовательная платформа Открытое образование [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://openedu.ru/>
7. Образовательная платформа Лекториум [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.lektorium.tv/>

8.3. Перечень программного обеспечения

1. Операционная система: Astra linux [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://astralinux.ru/>
2. Операционная система: Alt linux [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.basealt.ru/alt-education/>
3. Браузер: Яндекс браузер [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://browser.yandex.ru/>
4. Файловый архиватор: 7-zip [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.7-zip.org/>
5. Файловый менеджер: Far-manager [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://farmanager.com/>
6. Офисный пакет: OpenOffice [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.openoffice.org/ru/>

8.4. Перечень информационных справочных систем

1. Веб-портал в области свободного программного обеспечения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.opennet.ru/>
2. Веб-портал в области современных технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.computerra.ru/>
3. Информационный портал «Научная Россия» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scientificrussia.ru/>
4. Сетевое издание «CNews» («СиНьюс») [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.cnews.ru/>
5. Сетевое издание «IT-World: Мир цифровых и информационных технологий» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.it-world.ru/>
6. Справочно-информационный портал «Грамота.ру» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gramota.ru/>
7. Справочно-правовая система «Гарант» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.garant.ru/>
8. Справочно-правовая система «Консультант плюс» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.consultant.ru/>

8.5. Перечень профессиональных баз данных

1. База данных исследований Центра стратегических разработок [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.csr.ru/ru/research/>
2. База данных международных индексов научного цитирования Scopus [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scopus.com/>
3. База данных международных индексов научного цитирования Web of Science [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://webofscience.com/>
4. База данных НП «Международное Исследовательское Агентство «Евразийский Монитор» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://eurasiamonitor.org/issliedovaniia>
5. База книг и публикаций электронной библиотеки «Наука и Техника» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://n-t.ru/>
6. Базы данных официальной статистики Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/statistic>
7. Электронная библиотечная система «Znanium» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://znanium.ru/>
8. Электронная библиотечная система «Юрайт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://urait.ru/>

9. Электронная научная библиотека «Elibrary» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elibrary.ru/>
10. Электронная научная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение программы соответствует действующим санитарно-техническим и противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов аудиторных занятий и самостоятельной работы студентов.

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, набором демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями, обеспечивающими тематические иллюстрации, соответствующие рабочим учебным программам дисциплин (модулей).

Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации.

Учебно-научный лабораторный центр «ИНФОГЕО» — укомплектована специализированной (учебной) мебелью, компьютерами, служащими для работы с информацией.

Помещение для самостоятельной работы — укомплектовано специализированной (учебной) мебелью, оснащено компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечено доступом в электронную информационно-образовательную среду организации.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение обучающихся с ограниченными возможностями здоровья при необходимости осуществляется на основе адаптированной рабочей программы с использованием специальных методов обучения и дидактических материалов, составленных с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся (обучающегося).

При определении формы проведения занятий с обучающимся-инвалидом учитываются рекомендации, содержащиеся в индивидуальной программе реабилитации инвалида, относительно рекомендованных условий и видов труда.

При необходимости для обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья создаются специальные рабочие места с учетом нарушенных функций и ограничений жизнедеятельности.

11. Возможность применения электронного обучения и дистанционных образовательных технологий

Дисциплина может реализовываться с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий.