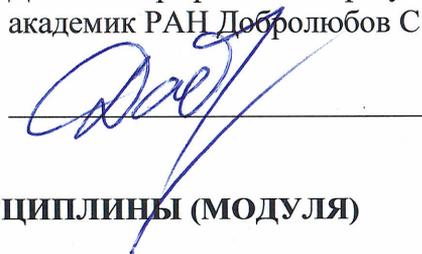


Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова  
Географический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан географического факультета,  
академик РАН Добролюбов С.А.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**  
**на английском языке**

**Уровень высшего образования:**  
**магистратура**

**Направление подготовки:**  
**05.04.04 «Гидрометеорология»**

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
**«Океанология»**

**Форма обучения:**  
**очная**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией географического факультета  
(протокол № )

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки «Гидрометеорология» (программы бакалавриата, магистратуры, реализуемым последовательно по схеме интегрированной подготовки).

ОС МГУ утверждены решением Ученого совета МГУ имени М.В. Ломоносова (приказ по МГУ № 1383 от 30 декабря 2020 года).

Год (годы) приема на обучение: 2021

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП** — относится к вариативной части ОПОП, курс по выбору

**2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:** английский язык, математика, физика, гидрология, климатология с основами метеорологии, дифференциальные уравнения, математический анализ, теория вероятности и математическая статистика, океанология, теоретическая механика и гидромеханика, технические средства и методы наблюдений в океанологии

**3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников**

Компетенции выпускников (коды)	Индикаторы (показатели) достижения компетенций	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), сопряженные с компетенциями
УК-6 ( <i>формируется частично</i> ) способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном языке (иностраных языках), для академического и профессионального взаимодействия	Применяет современные коммуникативные технологии на английском языке для академического и профессионального взаимодействия	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> основную терминологию по океанологии на английском языке;</li> <li>- <b>уметь</b> осуществлять письменное и устное общение на английском языке в сфере океанологических исследований;</li> <li>- <b>владеть</b> современными коммуникативными технологиями изучения английского языка в процессе взаимодействия в сфере океанологических исследований</li> </ul>
МПК-1 ( <i>формируется частично</i> ) владеет методами океанографического анализа водных масс, их классификации, районирования акваторий и поиска основных географических закономерностей формирования структуры вод Мирового океана	Применяет методы океанографического анализа водных масс и их классификации в научной и практической деятельности	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>знать</b> основные теоретические вопросы физики климата, физические и химические характеристики атмосферы, гидросферы, криосферы, причины их изменений;</li> <li>- <b>уметь</b> интерпретировать натурные данные и использовать их для оценки отдельных физических процессов и комплексной характеристики климатических изменений в целом для решения практических задач адаптации населения и хозяйства к этим изменениям;</li> <li>- <b>владеть</b> современными методами исследований и анализа явлений и процессов различного пространственно-временного масштаба с использованием современной аппаратуры, сетевых ресурсов и математического моделирования, методами прогноза количественных и качественных изменений характеристик океана.</li> </ul>
МПК-2 ( <i>формируется полностью</i> )	Применяет методы физико-статистического и	- <b>знать</b> основные теоретические вопросы физики климата, физические и химические

способен разрабатывать и использовать на практике методы физико-статистического и гидродинамического анализа и прогноза морских гидрологических процессов в океанах и морях различной заблаговременности	гидродинамического анализа и прогноза морских гидрологических процессов в океанах и морях различной заблаговременности	характеристики атмосферы, гидросферы, криосферы, причины их изменений; - <b>уметь</b> интерпретировать результаты математического моделирования и использовать их для оценки отдельных физических процессов; - <b>владеть</b> современными методами обработки результатов моделирования и анализа явлений и процессов различного пространственно-временного масштаба
--	--	--

**4. Объем дисциплины (модуля):** 4 з.е., в том числе 56 академических часов на контактную работу обучающихся с преподавателем, 88 академических часов на самостоятельную работу обучающихся

**5. Формат обучения** не предполагает электронного обучения и использования дистанционных образовательных технологий (за исключением форс-мажорных обстоятельств – пандемии и т.п.)

6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (час)	В том числе							
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) <i>Виды контактной работы, часы</i>				Самостоятельная работа обучающегося <i>Виды самостоятельной работы, часы</i>			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Всего	Работа с литературой (включая подготовку доклада)	Подготовка реферата	Всего
Вводная лекция	1	1				1			
Тема 1. Физические основы теории изменений климата	23	2	4			6	17		17
Устный опрос по теме 1	4		4			4			
Тема 2. Современные климатические изменения в различных средах	24	3	4			7	17		17
Устный опрос о теме 2	4		4			4			
Тема 3. Климаты прошлого	25	3	5			8	17		17
Устный опрос по теме 3	4		4			4			
Тема 4. Прогноз климатических изменений	25	3	5			8	17		17
Презентация по теме 4	4		4			4			
Тема 5. Методы смягчения последствий климатических изменений	23	2	4			6	15		17

Устный опрос по теме 5	4		4				4			
Промежуточная аттестация: устный зачет	3									3
<b>Итого</b>	<b>144</b>						<b>56</b>			<b>88</b>

## **Содержание лекций**

**Вводная лекция.** Цель и задачи курса. Термины и определения. Понятие о значимости климатических изменений для природы и общества. Обзор методов исследования климата и его изменений. Деятельность Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК).

### **Тема 1.** Физические основы теории изменений климата

Определение климата. Краткий исторический обзор концепций климатических изменений. Основные факторы, определяющие земной климат. Радиационный баланс поверхности Земли: вывод формулы. Определение парникового эффекта. Формула Аррениуса. Основные парниковые газы. Спектр поглощения земной атмосферы в инфракрасном диапазоне. Солнечная постоянная и ее изменчивость. Параметры земной орбиты эксцентриситет, прецессия, нутация. Циклы Миланковича. Вулканическая деятельность и ее влияние на климат. Обратные связи в климатической системе. Понятие о «полярном усилении». Роль адвективных процессов в атмосфере и океане в динамике климата. Глобальные циркуляционные ячейки в атмосфере и океане. Понятие о «термохалинной катастрофе».

### **Тема 2.** Современные климатические изменения в различных средах

#### *2.1. Изменения в атмосфере*

Газовый состав атмосферы. Изменение содержания основных парниковых газов. Естественные и антропогенные аэрозоли. Изменения в радиационном бюджете. Приземная температура воздуха. Вертикальные профили температуры в тропосфере и стратосфере. Гидрологический цикл. Влажность воздуха. Водяной пар в атмосфере и его роль в усилении парникового эффекта. Изменения в повторяемости экстремальной температуры и осадков. «Волны» тепла и холода. Циркуляция атмосферы и индексы изменчивости. Возрастание циклонической активности и изменение траекторий циклонов. Полярные мезоциклоны.

#### *2.2. Изменения в океане*

Океан, как основной аккумулятор энергии. Энергетическое взаимодействие между океаном и атмосферой. Изменения температуры и теплосодержания верхнего 700-метрового слоя. Изменения солёности и солёзапаса верхнего слоя океана. О связи поверхностной солёности с гидрологическим циклом. Региональные изменения солёности. Изменения в энергетическом балансе поверхности океана. Изменения в параметрах глубоководных водных масс. Изменения уровня океана и причины их вызывающие. Биогеохимические изменения. Понятие о закислении океана.

#### *2.3. Изменения в криосфере*

Климатически-значимые компоненты криосферы. Роль ледников и мерзлого грунта, как «хронографов» климатических изменений. Изменение параметров арктического и антарктического морского льда. Сокращение континентальных ледников. Изменение параметров ледяных щитов Антарктиды и Гренландии. Изменения площади и сезонных характеристик снежного покрова. Изменения параметров вечной мерзлоты и сезонно-замерзающего грунта. Речной и озерный лед. Роль сокращения ледяного покрова в изменении уровня океана.

### **Тема 3.** Климаты прошлого

Хронология климатических эпох от последнего оледенения до настоящего времени. Взаимосвязь циклов Миланковича и эпох оледенения – межледниковья. Роль

обратных связей в смене климатических эпох. Использование прокси-данных для восстановления климатических условий. Воспроизведение климатических условий последнего тысячелетия в климатических моделях и по прокси-данным. Изменения уровня океана при потеплении климата после последнего оледенения. Модельные оценки колебаний температуры воздуха в голоцене.

#### **Тема 4. Прогноз климатических изменений**

##### *4.1. Естественный и антропогенный радиационный форсинг*

Определения радиационного форсинга и эффективного радиационного форсинга. Прямые и обратные связи в климатической системе, генерируемые радиационным форсингом. Роль атмосферного водяного пара, как основного агента радиационного форсинга. Вклад парниковых газов и аэрозолей в радиационный форсинг. Климатическая значимость изменения ландшафта земной поверхности. Естественные факторы изменчивости радиационного форсинга. Роль вулканической активности. Понятие о «ядерной зиме». Базовая концепция радиационного форсинга в сценариях будущих изменений климата. Определение метрик радиационного форсинга: потенциала глобального потепления (GWP) и потенциал глобального изменения температуры (GTP). Возможности замедления глобального потепления через согласованные административные действия.

##### *4.2. Климатические модели*

О соотношении «природа – модель»: базовые определения. Типы климатических моделей. Международная программа сравнения климатических моделей CMIP5. Глобальные и региональные модели. Параметризация подсеточных процессов. Основные этапы разработки климатической модели. Обзор уравнений термогидромеханики сплошной среды на примере океана. Стратификация и турбулентность, как ключевые факторы, определяющие динамику атмосферы и океана. Основные принципы дискретизации уравнений в частных производных на расчетные сетки. Понятие о параллельных вычислениях. Необходимость параллелизации вычислений в климатических моделях. Отладка и тестирование моделей. Методы оценки качества модельных результатов. Понятие об ансамблевом расчете. Диаграммы оценки качества модельных расчетов, применяемые в CMIP5. Примеры модельных расчетов современных и прошлых изменений в атмосфере, океане и криосфере. Сравнение с осредненными данными наблюдений.

##### *4.3. Выявление климатических изменений и их соотнесение с влияющими факторами*

Термины и определения. Концептуальный подход соотнесения климатических изменений и влияющих факторов. Способы определения причин климатических изменений. Определение сценариев характерных изменений концентрации парниковых газов (RCP). Принятые в Пятом Докладе МГЭИК базовые сценарии RCP. Оценки относительного вклада естественных и антропогенных причин в современные изменения климата. Климатические изменения и влияющие факторы отдельных климатических параметров в атмосфере, океане и криосфере.

##### *4.4. Краткосрочные климатические прогнозы (2016-2035)*

Определение декадного климатического прогноза. Климатический расчет, проекция и прогноз. Понятие о предсказуемости. Интервал значимости начальных условий при климатическом прогнозе. Глобальный климатический прогноз параметров атмосферы. Региональные климатические прогнозы температуры воздуха. Прогноз температуры и солености поверхности океана. Прогноз параметров криосферы.

#### *4.5. Долгосрочные климатические прогнозы*

Особенности климатических прогнозов на длительную перспективу. Применение сценариев характерных изменений концентрации парниковых газов в долгосрочном климатическом прогнозировании. Методы картирования согласованности прогнозов ансамбля моделей. Прогноз радиационного форсинга по различным сценариям до конца 21-го века. Прогноз изменений средней температуры воздуха до 2300 года. Прогноз пространственного распределения приземной температуры воздуха для разных сценариев. Прогноз состояния ледяного покрова Северного Ледовитого океана к концу 21-го века. Основные различия между прогностическими траекториями циклонов в северном полушарии в 2081-2100 и 1986-2005. Тенденции изменения площади сезонного снежного покрова в северном полушарии. Колебания интенсивности Атлантической меридиональной циркуляции в прогностических расчетах на различных моделях. Прогноз изменений уровня океана в 21-м веке и основные факторы, его определяющие.

#### **Тема 5. Методы смягчения последствий климатических изменений**

Причины возможных отличий региональных климатических изменений от глобальных трендов. Прогноз долгосрочных климатических изменений приземной температуры воздуха и осадков в различных регионах. Понятие смягчения отрицательных последствий изменений климата. Понятие адаптации к изменениям климата. Административные, социально-экономические, технологические и гуманитарные подходы к адаптации. Обзор методов смягчения и адаптации к изменениям климата применительно к арктическому региону. Взаимосвязь экономических, экологических и социальных аспектов при проведении адаптационных мероприятий в арктическом регионе. Геополитические вызовы, как следствие потепления климата в Арктике. Возрастание частоты и изменение характера особо опасных явлений. Возможности «отключения» обратных связей в климатической системе путем целенаправленных технологических воздействий.

#### *Темы семинарских занятий*

**Тема 1.** Рассмотрение внешних и внутренних факторов, воздействующих на земной климат. Анализ формулы радиационного баланса поверхности Земли. Обсуждение физики парникового эффекта. Положительные и отрицательные обратные связи в климатической системе.

**Тема 2.** Относительный вклад различных газовых примесей в парниковый эффект. Роль естественных и антропогенных аэрозолей в формировании температуры стратосферы. Изменение параметров гидрологического цикла в условиях потепления/похолодания климата. Влияние циркуляции атмосферы на климатическую изменчивость. Пути поступления энергии в океан. Механизмы формирования режима температуры и тепло-содержания верхнего слоя океана. Взаимодействие поверхностных и глубинных вод и механизмы вертикального переноса свойств и энергии. Факторы, влияющие на изменение уровня. Возможные последствия закисления океана для биоценозов. Роль обратных связей в изменениях арктического ледяного покрова. Относительный вклад изменения ледяных щитов Антарктиды и Гренландии в вариации уровня океана.

**Тема 3.** Применение ледяных кернов для датирования климатических эпох. Согласованность изменений восстановленной температуры воздуха и концентрации парниковых газов в предшествующие климатические эпохи. Обсуждение значимости обратных связей в переходе от ледникового периода к межледниковью и наоборот.

**Тема 4.** Обсуждение отличий между радиационным форсингом и эффективным радиационным форсингом. Корреляция концентрации атмосферного водяного пара и температуры воздуха. Отражательная способность (альбедо) земной поверхности и возможные границы ее изменения под действием человеческой деятельности. Обсуждение вопроса: возможно ли остановить глобальное потепление через согласованные на международном уровне административные и технологические действия? Базовые ограничения существующих климатических моделей. Обсуждение вопроса: возможно ли создание математической модели, полностью воспроизводящей природные процессы? Оценка качества моделей по данным наблюдений. Обсуждение вопроса, насколько обоснован имеющийся скептицизм в выводах МГЭИК об определяющем вкладе антропогенных факторов в современные изменения климата. Основные показатели современных изменений климата в различных средах. Стратосферное похолодание и его причины. Отличия долгосрочных климатических прогнозов от краткосрочных.

**Тема 5.** Соотношение положительных и отрицательных воздействий современных климатических изменений на природу и общество. Изменение геополитического статуса приарктических государств в условиях повышения сезонности морского льда. Обсуждение вопроса: повысится ли коммерческая привлекательность навигации в Арктике в условиях сокращения площади летнего морского льда на 50% и при переходе к полностью сезонному ледяному покрову с продолжительностью безледного периода до нескольких месяцев? Будущее коренного населения Арктики в условиях потепления климата.

## **7. Фонд оценочных средств для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

*Вопросы к устному опросу по теме 1:*

1. Назовите основные факторы, определяющие земной климат?
2. Каковы основные компоненты радиационного баланса поверхности Земли?
3. В чем суть парникового эффекта?
4. Перечислите основные параметры земной орбиты?
5. Что означает термин «полярное усиление»?
6. К каким последствиям может привести «термохалинная катастрофа»?

*Вопросы к устному опросу по теме 2:*

1. Назовите основные парниковые газы.
2. Какие изменения произошли в приземной температуре воздуха?
3. Какие процессы формируют гидрологический цикл?
4. Как влияет водяной пар в атмосфере на парниковый эффект?
5. Что такое «индексы изменчивости»?
6. Каков характерный горизонтальный размер полярных мезоциклонов?
7. Какие изменения произошли в теплосодержании верхнего слоя океана?
8. Какие причины вызывают изменения уровня?
9. Что означает «закисление океана»?
10. Назовите климатически-значимые компоненты криосферы.
11. Как изменились параметры арктического ледяного покрова?
12. Как изменились характеристики сезонного снежного покрова?
13. Назовите 5 основных индикаторов современного изменения климата?

*Вопросы к устному опросу по теме 3:*

1. Что такое циклы Миланковича?
2. Когда закончилось последнее оледенение?

3. Когда наблюдался пик малого ледникового периода?
4. Что такое прокси-данные?
5. Как изменился уровень океана после последнего оледенения?

*Темы для подготовки презентаций по теме 4:*

1. Механизмы обратных связей в системе «атмосфера - морской лед – океан».
2. Спутниковые методы измерений параметров океана и морского льда.
3. Методы моделирования, используемые в Пятом оценочном докладе МГЭИК.
4. Атлантическая меридиональная циркуляция и ее роль в климатической системе.
5. Теплосодержание вод Мирового океана: современные тренды и их причины.
6. Современные и прогнозируемые в 21 веке изменения вечной мерзлоты.
7. Причины и следствия ожидаемых изменений гидрологического цикла в Евразии в 21 веке.
8. Последствия современных изменений климата для прибрежных районов: уязвимость и риски.

*Формат презентации*

Язык презентации – русский или английский. Структура презентации: введение, описание темы (задач), основное содержание, выводы. Время презентации: 20 мин. и ответы на вопросы.

*Вопросы к устному опросу по теме 5:*

1. К каким отрицательным последствиям может привести изменение климата?
2. Что означает термин «адаптация»?
3. Перечислите основные адаптационные подходы к изменению климата?
4. Почему приспособление и адаптация особенно актуальны для Арктики?
5. К каким переменам в геополитике может привести глобальное потепление?
6. Можно ли регулировать региональный климат через направленные технологические воздействия?

*Примерный перечень вопросов к устному зачету:*

1. Определение климата и его изменений.
2. Основные факторы, определяющие земной климат. Радиационный баланс поверхности Земли: вывод формулы.
3. Определение парникового эффекта. Формула Аррениуса. Основные парниковые газы.
4. Спектр поглощения земной атмосферы в инфракрасном диапазоне. Солнечная постоянная и ее изменчивость.
5. Параметры земной орбиты эксцентриситет, прецессия, нутация. Циклы Миланковича.
6. Обратные связи в климатической системе. Понятие о «полярном усилении».
7. Роль адвективных процессов в атмосфере и океане в динамике климата. Глобальные циркуляционные ячейки в атмосфере и океане.
8. Газовый состав атмосферы. Изменение содержания основных парниковых газов. Естественные и антропогенные аэрозоли.
9. Изменения в радиационном бюджете. Приземная температура воздуха. Вертикальные профили температуры в тропосфере и стратосфере.
10. Гидрологический цикл. Влажность воздуха. Водяной пар в атмосфере и его роль в усилении парникового эффекта.
11. Изменения в повторяемости экстремальной температуры и осадков. «Волны» тепла и холода.
12. Циркуляция атмосферы и индексы изменчивости. Возрастание циклонической активности и изменение траекторий циклонов. Полярные мезоциклоны.

13. Океан, как основной аккумулятор энергии. Энергетическое взаимодействие между океаном и атмосферой.
14. Изменения температуры и теплосодержания верхнего 700-метрового слоя. Изменения солёности и солёзапаса верхнего слоя океана.
15. Связь поверхностной солёности с гидрологическим циклом. Региональные изменения солёности.
16. Изменения в энергетическом балансе поверхности океана.
17. Изменения в параметрах глубинных водных масс.
18. Изменения уровня океана и причины их вызывающие.
19. Биогеохимические изменения. Понятие о закислении океана.
20. Климатически-значимые компоненты криосферы. Роль ледников и мерзлого грунта, как «хронографов» климатических изменений.
21. Изменение параметров арктического и антарктического морского льда.
22. Сокращение континентальных ледников. Изменение параметров ледяных щитов Антарктиды и Гренландии.
23. Изменения площади и сезонных характеристик снежного покрова. Изменения параметров вечной мерзлоты и сезонно-замерзающего грунта.
24. Речной и озерный лёд. Роль сокращения ледяного покрова в изменении уровня океана.
25. Хронология климатических эпох от последнего оледенения до настоящего времени. Взаимосвязь циклов Миланковича и эпох оледенения – межледниковья.
26. Роль обратных связей в смене климатических эпох. Использование прокси-данных для восстановления климатических условий.
27. Воспроизведение климатических условий последнего тысячелетия в климатических моделях и по прокси-данным.
28. Изменения уровня океана при потеплении климата после последнего оледенения. Модельные оценки колебаний температуры воздуха в голоцене.
29. Определения радиационного форсинга и эффективного радиационного форсинга.
30. Роль атмосферного водяного пара, как основного агента радиационного форсинга. Вклад парниковых газов и аэрозолей в радиационный форсинг.
31. Естественные факторы изменчивости радиационного форсинга. Роль вулканической активности.
32. Базовая концепция радиационного форсинга в сценариях будущих изменений климата.
33. Метрики радиационного форсинга. Возможности замедления глобального потепления через согласованные административные действия.
34. Типы климатических моделей. Международная программа сравнения климатических моделей CMIP5. Глобальные и региональные модели.
35. Основные этапы разработки климатической модели.
36. Основные уравнения термогидромеханики сплошной среды на примере океана.
37. Основные принципы дискретизации уравнений в частных производных на расчётные сетки.
38. Понятие о параллельных вычислениях. Необходимость параллелизации вычислений в климатических моделях.
39. Отладка и тестирование моделей. Методы оценки качества модельных результатов.
40. Понятие об ансамблевом расчёте. Диаграммы оценки качества модельных расчётов, применяемые в CMIP5.
41. Способы определения причин климатических изменений.

42. Определение сценариев характерных изменений концентрации парниковых газов (RCP). Принятые в Пятом Докладе МГЭИК базовые сценарии RCP.
43. Оценки относительного вклада естественных и антропогенных причин в современные изменения климата.
44. Климатический расчет, проекция и прогноз. Понятие о предсказуемости.
45. Краткосрочный глобальный климатический прогноз параметров атмосферы.
46. Краткосрочные климатический прогноз температуры и солености поверхности океана.
47. Краткосрочный прогноз параметров криосферы.
48. Применение сценариев характерных изменений концентрации парниковых газов в долгосрочном климатическом прогнозировании.
49. Методы картирования согласованности прогнозов ансамбля моделей.
50. Прогноз радиационного форсинга по различным сценариям до конца 21-го века.
51. Прогноз состояния ледяного покрова Северного Ледовитого океана к концу 21-го века.
52. Тенденции изменения площади сезонного снежного покрова в северном полушарии.
53. Колебания интенсивности Атлантической меридиональной циркуляции в прогностических расчетах на различных моделях.
54. Прогноз изменений уровня океана в 21-м веке и основные факторы, его определяющие.
55. Причины возможных отличий региональных климатических изменений от глобальных трендов.
56. Понятие смягчения отрицательных последствий изменений климата.
57. Понятие адаптации к изменениям климата. Административные, социально-экономические, технологические и гуманитарные подходы к адаптации.
58. Взаимосвязь экономических, экологических и социальных аспектов при проведении адаптационных мероприятий в арктическом регионе.
59. Геополитические вызовы, как следствие потепления климата в Арктике.
60. Возможности «отключения» обратных связей в климатической системе путем целенаправленных технологических воздействий.

*Дополнительные вопросы:*

1. В чем смысл параметризации подсеточных процессов в климатических моделях?
2. Почему стратификация и турбулентность являются ключевыми факторы, определяющие динамику атмосферы и океана?
3. Что характеризует интервал значимости начальных условий при климатическом прогнозе?
4. В чем отличие региональные климатические прогнозов от глобальных?
5. Укажите основные различия между прогностическими траекториями циклонов в северном полушарии в 2081-2100 и средними траекториями в 1986-2005?
6. Какие изменения ожидаются в характеристиках особо опасных явлений в более теплом климате?

**Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины – *устный зачет*

Оценка РО и соответствующие виды оценочных средств	Незачет	Зачет
<b>Знания</b> (виды оценочных средств: <i>устный вопрос</i> )	Фрагментарные знания или отсутствие знаний	Сформированные систематические знания или общие, но

		не структурированные знания
<b>Умения</b> (виды оценочных средств: контрольная работа)	В целом успешное, но не систематическое умение или отсутствие умений	Успешное и систематическое умение или в целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)
<b>Навыки (владения, опыт деятельности)</b> (виды оценочных средств: практические контрольные задания)	Наличие отдельных навыков или отсутствие навыков	Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач или, в целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме

## 8. Ресурсное обеспечение

- основная литература:

Изменение климата, 2013 г. Физическая научная основа. Вклад Рабочей группы I в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата. Резюме для политиков. ВМО-ЮНЕП. МГЭИК, Швейцария, 28 с.

IPCC, 2014: Summary for Policymakers. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field C.B., Barros V.R., Mastrandrea M.D., Mach K.J. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, <http://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>.

AMAP, 2017. Snow, Water, Ice and Permafrost in the Arctic (SWIPA) 2017. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xiv + 269 pp. <https://www.amap.no/documents/doc/Snow-Water-Ice-and-Permafrost-in-the-Arctic-SWIPA-2017/1610>

AMAP, 2017. Adaptation Actions for a Changing Arctic: Perspectives from the Barents Area. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP), Oslo, Norway. xiv + 267pp. <https://www.amap.no/documents/doc/Adaptation-Actions-for-a-Changing-Arctic-Perspectives-from-the-Barents-Area/1604>

Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации, 2014; <http://cc.voeikovmgo.ru/ru/publikatsii/2016-03-21-16-23-52>

- дополнительная литература:

Современные глобальные изменения природной среды (ред.: Н.С. Касимов, Р.К. Клиге) (отв. ред.). – М.: Науч. мир, 2006. – Т. 4: Факторы глобальных изменений. – 2012. – 539 с.

- перечень лицензионного программного обеспечения:

не требуется

- не лицензионное программное обеспечение:

не требуется

- перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

не требуется

- *перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости):*

Intergovernmental Panel on Climate Change ([www.ipcc.ch](http://www.ipcc.ch))

IPCC Data Distribution Centre ([www.ipcc-data.org](http://www.ipcc-data.org))

- *описание материально-технической базы:*

учебная аудитория с доской и экраном, мультимедийным проектором и доступом в Интернет

**9. Язык преподавания:**

английский

**10. Преподаватель (преподаватели):**

Иванов В.В.

г.н.с., д.ф.-м.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет,  
кафедра океанологии

**11. Разработчики программы**

Иванов В.В.

г.н.с., д.ф.-м.н.

МГУ имени М.В.Ломоносова,  
географический факультет,  
кафедра океанологии