


МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ  
(РОСГИДРОМЕТ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ИНСТИТУТ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ»  
(ФБГОУ ДПО «ИПК»)

УТВЕРЖДАЮ  
Ректор ФБГОУ ДПО «ИПК»,  
доктор географических наук,  
профессор  Г.Н. Чичасов

**Учебный план  
по образовательной программе:  
«Естественные и антропогенные изменения климата»**

**Цель:** повышение теоретических и практических знаний по вопросам климата и его изменений

**Категория слушателей:** специалисты УГМС, ЦГМС Росгидромета и других ведомств

**Срок обучения:** 2 недели, 72 учебных часа

**Режим занятий:** 6-8 часов в день

**Форма обучения:** очная, с отрывом от производства

## Аннотация

Учебная программа рассчитана на обучение специалистов учреждений Росгидромета и других ведомств, занимающихся климатическими вопросами и изменений климата, и направлена на повышение их теоретических и практических знаний. Программа составлена с учетом достижений в области климатологии. Курс состоит из лекционных и семинарских занятий. Общая продолжительность 72 учебных часа. Рекомендованный режим обучения 6 учебных часов в день. В конце занятий проводится итоговое собеседование.

Учебный план и программа разработана д.г.н. Чичасовым Г.Н. и к.г.н. Берестовским И.Ф.

Программа рассмотрена и утверждена на ученом совете ФГБОУ ДПО «ИПК».

## Учебный план

№ пп	Наименование разделов, дисциплин и тем	Количество часов		
		всего	распределение по видам занятий	
			лекции	практические
1	2	3	4	5
1	Численные методы обработки климатической информации	22	18	4
2	Источники информации о климатах прошлого	8	8	
3	Естественные и антропогенные изменения климата	12	10	2
4	Современные сценарии изменения климата. Основные международные документы по изменению климата	16	12	4
5	Влияние ожидаемых изменений климата на различные отрасли экономики	12	10	2
	Итоговое собеседование	2		
	<b>ИТОГО:</b>	<b>72</b>	<b>58</b>	<b>12</b>

## Учебно-тематический план

№ пп	Наименование разделов, дисциплин и тем	Количество часов		
		Всего	Распределение по видам занятий	
			лекции	пра тические
1	2	3	4	5
<b>1</b>	<b>Численные методы обработки климатической информации</b>	<b>22</b>	<b>18</b>	<b>4</b>
1.1	Выделение периодических циклов и флуктуации	1	1	
1.2	Исключение регулярных циклов	1	1	
1.3	Выделение и анализ нерегулярных циклов	2	2	
1.4	Автокорреляционные функции и спектральный анализ	4	2	2
1.5	Сглаживание и фильтрация	2	2	
1.6	Корреляция временных рядов	2	2	
1.7	Анализ временных спектров	2	2	
1.8	Метод наполнения эпох	2	2	
1.9	Методы палеоклиматических реконструкций	2	2	
1.10	Статистические методы оценки климатических трендов	4	2	2
<b>2</b>	<b>Источники информации о климатах прошлого</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	
2.1	Организация наблюдений и изучение климата в XVIII веке	2	2	
2.2	Роль Ломоносова М.В. в изучении климата	2	2	
2.3	Источники информации о климатах прошлого. Геохронология.	2	2	
2.4	Зарождение и развитие теории формирования климатов. Работы А.И. Воейкова	1	1	
2.5	Климат исторической и современной эпохи	1	1	
<b>3</b>	<b>Естественные и антропогенные изменения климата</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
3.1	Астрономические теории естественных изменений климата. Солнце и климат	2	2	
3.2	Влияние положительных факторов на климат	2	2	
3.3	Влияние других климатообразующих факторов на долгопериодные изменения глобального климата	2		2
3.4	Причины антропогенного изменения климата. Изменения концентраций углекислого газа	2	2	
3.5	Влияние биотических факторов на круговорот углекислого газа	2	2	
3.6	Малые примеси в атмосфере. Радиационно-фотохимические модели. Оценки ожидаемых изменений газового состава	2	2	

<b>4</b>	<b>Современные сценарии по изменению климата. Основные международные документы по изменению климата</b>	<b>16</b>	<b>12</b>	<b>4</b>
4.1	Чувствительность климата к изменениям газового состава атмосферы	4	2	2
4.2	Рамочная конвенция ООН по изменению климата	4	4	
4.3	Киотский протокол и его механизмы	4	2	2
4.4	Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой	4	4	
<b>5</b>	<b>Влияние ожидаемых изменений климата на различные отрасли экономики</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
5.1	Влияние ожидаемых изменений климата на сельскохозяйственное производство	2	2	
5.2	Изменение агроклиматических условий при глобальном потеплении	2	2	
5.3	Влияние изменений климата на динамику и структуру экономического развития: лесного и водного хозяйства, строительства, транспорта, среду услуг	2	2	
5.4	Региональные изменения климата при глобальном потеплении	4	2	2
5.5	Адаптация населения и экономики к ожидаемым изменениям климата	1	1	
5.6	Климатический фактор в стратегиях национальной безопасности и устойчивого развития экономики	1	1	
6	Итоговое собеседование	2		
	<b>ИТОГО:</b>	<b>72</b>	<b>58</b>	<b>12</b>

## Содержание

Изменчивость и характеристики периодических и непериодических колебаний. Стационарный временной ряд. Выделение регулярных циклов. Случайные флуктуации, обусловленные короткопериодными нерегулярными колебаниями. Гармонический анализ. Синусоидальные и косинусоидальные функции. Ряд Фурье и анализ Фурье. Первая и вторая гармоники и их физический смысл.

Исключение регулярных циклов. Тренд и отклонения от трендов. Выделение и анализ нерегулярных циклов. Метод скользящих средних. Наклон линии регрессии. Метод наименьших квадратов. Нелинейные зависимости.

Автокорреляция. Коэффициенты автокорреляции. Приложение гармонического анализа к автокорреляционной функции. Спектр временного ряда.

Волны и частоты. Дисперсия временного ряда. Сглаженный спектр. Спектральная функция. Выборочные спектральные оценки. Физический смысл спектра.

Сглаживание и фильтрация. Фильтрация низких и высоких частот. Фильтр пропускания. Весовые коэффициенты. Амплитуда волн временного ряда. Частотные характеристики сглаживающей функции. Экспоненциальное сглаживание. Обратная сглаживающая функция.

Корреляция временных рядов. Свойства коэффициента корреляции. Взаимная и частная корреляция. Корреляционное отклонение.

Анализ взаимных спектров. Коспектр и квадратурный спектр. Вклад различных частот. Взаимные ковариации в анализе временных рядов. Синхронные и асинхронные зависимости. Когерентность. Взаимосвязь между двумя рядами. Анализ рядов дискретных событий. Изотопные и палеомагнитные методы реконструкций. Скоро-пыльцевые данные кислородно-изотопных озерных карбонатов. Пещерные отложения, анализ континентальных льдов. Литолого-генетические методы. Дендроклиматология и ее методы.

Нулевая гипотеза. Уровень значимости. Средняя абсолютная ошибка, средняя квадратическая ошибка. Случайные, инерционные и климатологические прогнозы. О некоторых факторах формирования климатов прошлого мы знаем теоретически. Так известно, что в процессе звездной эволюции температура солнца должна возрастать. Сведения о колебаниях земной орбиты получены не только из эмпирических данных, но и по теоретическим расчетам. В частности, рассчитана необратимая тенденция изменений наклона эклиптики к экватору, связанная с действием приливных сил. Это приводит к постепенному увеличению периода вращения Земли вокруг оси, что подтверждается геологическими данными. Имеются общие соображения об изменении положения материков (в том числе существенных), об изменении соотношения площадей суши и океанов, о перемещении земных полюсов. Из геологии известно об эпохах горообразованиях (пусть лишь эмпирически), эволюции состава земной атмосферы и т.д. Все это наводит на мысль о существовании климатов прошлого, отличных от настоящих, что может быть использовано в математических моделях. Естественно, что средства информации и степень детальности восстановления тех или иных событий зависят от времени протекающего после исследуемых проявлений климата прошлого.

Последним хорошо известным периодом в истории исследований климата является инструментальная эпоха. Систематические метеорологические

наблюдения возникли в начале XVII в., но совершенствование приборов, да и развитие самой физики привело к тому, что относительно надежные сведения о температуре и по единичным пунктам с конца первой четверти XVIII в. по другим элементам – с конца XVIII в, а по многим величинам, как количество осадков или испарения точных величин нет до нашего времени.

Период, начавшийся 1-3 тыс. лет назад называется исторической эпохой. Здесь инструментальных наблюдений нет, но есть хроника явлений климата: засух, наводнений, вскрытия и замерзания рек, освобождения ото льда морей и т.д. Каждый источник информации нуждается в проверке.

Послеледниковая эпоха (галоген) в которую входит и упомянутая историческая эпоха изучаются теми же методами, но только шире применяются методы геологии и палеогеографии. Эта эпоха располагает относительно большой информацией, важную роль играют сведения о температуре по изотопному составу кислорода в отложениях морей, ледников в отложениях на последних микрочастицах и кислотных примесей, при вулканических извержениях и т.п.

Последующие изменения лика Земли во многих случаях уничтожили остатки следов климатов прошлого, поэтому получить информацию удастся далеко не в каждом пункте, но общие закономерности климата прошлых эпох в основных чертах удастся выявить.

Выясняется, что климаты прошлого были значительно более изменчивыми, чем думали сравнительно недавно, и в этом отношении имеют много общего с современным климатом.

Астрономическая теория колебаний климата изучается около 150 лет. Систематические исследования начались с начала девятнадцатого столетия и уточняется до сих пор. Колебания элементов земной орбиты известны трех видов. Самые короткие и более длительные.

Негативные воздействия экстремальных и опасных природных явлений на население и хозяйственную деятельность. Прямые и косвенные последствия изменений климата. Многофакторное влияние изменений климата на сельское хозяйство. Благоприятные факторы изменения климата. Рост теплообеспеченности сельскохозяйственных культур. Уменьшение степени континентальности климата. Неблагоприятные факторы изменений климата. Увеличение испарения. Увеличение дефицита почвенной влаги. Уменьшения количества осадков в южных районах. Работа ГЭС и ожидаемая водность рек.

Влияние изменения климата на гелио и ветроэнергетику. Биотопливо и климат. Ожидаемое изменение климата и продуктивность бореальных лесов пожароопасность лесов и торфяников. Изменение климата и ледовый режим рек. Сокращение сроков ледостава. Ожидаемые изменения глобальной температуры воздуха и ее влияния на наводнения и паводки. Климат и принципы строительного проектирования. Безопасность инженерных сооружений и состояние грунтов. Влияние изменений климата на водный, железнодорожный и морской транспорты. Деятельность сферы услуг в ожидаемых климатических условиях.

## **Список литературы**

### **Основная литература**

1. Антропогенные изменения климата. Под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Израэля – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 406 с.
2. Дроздов В.А., Васильев Н.В., Кобышева Н.В. и др. Антропогенные изменения климата. – Л.: Гидрометеиздат, 1989 – 658 с.
3. Климат России. Под ред. Н.В. Кобышевой. – С-Пб.: Гидрометеиздат, 2001. – 655 с.

### **Дополнительная литература**

4. Климатология /О.А. Дроздов, В.А. Васильев, Н.В. Кобышева и др. – Л.: Гидрометеиздат, 1989. – 568 с.
5. Российский гидрометеорологический энциклопедический словарь. 2010.