

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Директор физтех-школы**  
**аэрокосмических технологий**  
**С.С. Негодяев**

|                            |  |
|----------------------------|--|
|                            | <b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>   |
| <b>по дисциплине:</b>      | Физика климата   |
| <b>по направлению:</b>     | Прикладные математика и физика   |
| <b>профиль подготовки:</b> | Фундаментальная и прикладная физика природных систем<br>Физтех-школа Аэрокосмических Технологий<br>кафедра термогидромеханики океана |
| <b>курс:</b>               | 2  |
| <b>квалификация:</b>       | магистр  |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: И.И. Мохов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры термогидромеханики океана 08.06.2020

## Аннотация

Курс посвящен изложению основ теории климата, знание которых необходимо студентам для оценки современных глобальных процессов и изменений в земной климатической системе с физической точки зрения. Дается общее представление о структуре земной климатической системы и ее изменениях, основных климатообразующих факторах и причинно-следственных связях, изменениях климата в прошлом по палеорекострукциям и модельным расчетам. В результате изучения дисциплины студенты познакомятся с принципами функционирования земной климатической системы, с основными климатическими процессами, получают представление о методах исследования климата и разработки климатических моделей, а также о роли естественных и антропогенных факторов в современной изменчивости климата и различных сценариях моделирования будущего климата. Студенты получают навыки обработки результатов модельных расчетов и климатического прогнозирования.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Курс посвящен изложению основ теории климата, знание которых необходимо студентам для оценки современных глобальных процессов и изменений в земной климатической системе с физической точки зрения. Дается общее представление о структуре земной климатической системы и ее изменениях, основных климатообразующих факторах и причинно-следственных связях, изменениях климата в прошлом по палеорекострукциям и модельным расчетам.

#### Задачи дисциплины

- ознакомить студентов с основными климатическими процессами;
- дать представление об основных методах исследования климата;
- показать практическую важность климатического моделирования для решения задач прогноза изменений климата, рационального использования природных ресурсов и охраны водной и воздушной сред.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции  |
|---|--|
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук  | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук      |
|   | ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности                |
|   | ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности |
| ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения | ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения                                    |
|   | ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)           |

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- фундаментальные понятия, законы, теории климата;
- современные проблемы исследования климата;
- современные климатические модели.

уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

| №                     | Тема (раздел) дисциплины                              | Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час. |          |                 |                |
|-----------------------|---|---|----------|-----------------|----------------|
|                       |   | Лекции  | Семинары | Лаборат. работы | Самост. работа |
| 1                     | Общая структура земной климатической системы          | 4   | 4        |                 | 6              |
| 2                     | Характерные изменения климата в прошлом               | 2   | 2        |                 | 6              |
| 3                     | Сравнительная климатология планет Солнечной системы   | 2   | 2        |                 | 4              |
| 4                     | Радиационная энергетика климатической системы         | 2   | 2        |                 | 3              |
| 5                     | Климатические модели                                  | 4   | 4        |                 | 3              |
| 6                     | Чувствительность и устойчивость климатической системы | 2   | 2        |                 | 2              |
| 7                     | Характерные климатические процессы и структуры        | 6   | 6        |                 | 4              |
| 8                     | Естественные и антропогенные изменения климата        | 8   | 8        |                 | 2              |
| Итого часов           |   | 30  | 30       |                 | 30             |
| Подготовка к экзамену |   | 0 час.  |          |                 |                |
| Общая трудоёмкость    |   | 90 час., 2 зач.ед.  |          |                 |                |

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

###### 1. Общая структура земной климатической системы

Общие характеристики и структура атмосферы, океанов, деятельного слоя суши, криосферы, биосферы. Основные климатообразующие факторы. Причинно-следственные связи.

## 2. Характерные изменения климата в прошлом

Палеорекострукции. Модельные оценки.

## 3. Сравнительная климатология планет Солнечной системы

Климатология планет Солнечной системы. Критерии подобия планетных атмосфер.

## 4. Радиационная энергетика климатической системы

Простые радиационные модели. Облачный и аэрозольный радиационный форсинг. Парниковый и антипарниковый эффект. Эффект “ядерной зимы”.

## 5. Климатические модели

Энергобалансовые модели климата, включая стохастические.

Радиационно-конвективные модели. Климатические модели промежуточной сложности.

Климатические модели общей циркуляции. Региональные модели климата.

## 6. Чувствительность и устойчивость климатической системы

Оценки чувствительности и устойчивости климатической системы на основе энергобалансовых моделей климата. Обратные климатические связи.

## 7. Характерные климатические процессы и структуры

Турбулентные и циркуляционные процессы и структуры. Погранслои. Муссоны.

Центры действия. Внетропические циклоны и антициклоны. Блокинги. Тропические циклоны, ураганы/тайфуны. Квазидвухлетняя цикличность.

Эль-Ниньо / Южное колебание. Северо-Атлантическое и Арктическое колебания.

## 8. Естественные и антропогенные изменения климата

Теория Миланковича. Циклы солнечной активности. Углеродный и метановый цикл.

Фотохимические процессы в атмосфере. Эффекты вулканического и антропогенного аэрозоля.

Модельные оценки глобальных и региональных изменений климата при разных сценариях естественных и антропогенных воздействий.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Глобальные климатические катастрофы [Текст]/М. И. Будыко, Г. С. Голицын, Ю. А. Израэль, -М., Гидрометеиздат, 1986

2. Основы радиационных процессов в атмосфере [Текст]/Лиоу Ку - Нан, -Л., Гидрометеиздат, 1984

1. Будыко М.И., Ронов А.Б., Яншин А.Л. История атмосферы. Л.: Гидрометеиздат. 1985. 208 с.
2. Голицын Г.С. Введение в динамику планетных атмосфер. Л.: Гидрометеиздат. 1973. 104 с.
3. Кароль И.Л. Введение в динамику климата Земли. Л.: Гидрометеиздат. 1988. 215 с.
4. Монин А.С. Введение в теорию климата. Л.: Гидрометеиздат. 1982. 246 с.
5. Мохов И.И. Диагностика структуры климатической системы. СПб.: Гидрометеиздат. 1993. 271 с.
6. Радиационно-фотохимические модели атмосферы. Под ред. И.Л. Кароля. Л.: Гидрометеиздат. 1986. 192 с.
7. Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner et al. (eds.) // Cambridge/New York: Cambridge University Press. 2013. 1535p.

#### Дополнительная литература

1. Кислов А.В. Климат в прошлом, настоящем и будущем. М.: МАИК "Наука/Интерпериодика". 2001. 351 с.
2. Курганский М.В. Введение в крупномасштабную динамику атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат. 1993. 168 с.
3. Монин А.С., Шишков Ю.А. История климата. Л.: Гидрометеиздат. 1979. 407 с.
4. Peixoto J.P., Oort A.H. Physics of climate. AIP, New York. 1992. 520 pp.

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <http://lib.mipt.ru/> – электронная библиотека Физтеха
2. <http://www.edu.ru> – федеральный портал «Российское образование».
3. <http://benran.ru> –библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
4. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Пакеты программного обеспечения Microsoft Office (Word, Excel, PowerPoint), Matlab, программирование на языке FORTRAN.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса «Физика климата» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по конспектам лекций, семинаров, учебной и научной литературе);
- решение задач, предлагаемых студентам на лекциях и практических занятиях;
- подготовку к контрольным, самостоятельным работам и тестам.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также индивидуальных консультаций.

Показателем владения материалом служит умение решать задачи. Для формирования умения применять теоретические знания на практике студенту необходимо решать как можно больше задач.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>по направлению:</b>     | Прикладные математика и физика   |
| <b>профиль подготовки:</b> | Фундаментальная и прикладная физика природных систем<br>Физтех-школа Аэрокосмических Технологий<br>кафедра термогидромеханики океана |
| <b>курс:</b>               | <u>2</u>   |
| <b>квалификация:</b>       | магистр  |

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** И.И. Мохов, д-р физ.-мат. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

| Код и наименование компетенции  | Индикаторы достижения компетенции  |
|---|--|
| ОПК-1 Владеет системой фундаментальных научных знаний в области физико-математических наук  | ОПК-1.1 Знает и способен использовать в профессиональной деятельности фундаментальные научные знания в области физико-математических наук      |
|   | ОПК-1.2 Способен обобщать и критически оценивать опыт и результаты научных исследований в области профессиональной деятельности                |
|   | ОПК-1.3 Понимает междисциплинарные связи в области математики и физики и способен их применять при решении задач профессиональной деятельности |
| ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области профессиональной деятельности, учитывая особенности и ограничения различных методов решения | ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения                                    |
|   | ОПК-3.2 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки (техники)           |

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Физика климата» обучающийся должен:

### знать:

фундаментальные понятия, законы, теории климата;  
современные проблемы исследования климата;  
современные климатические модели.

### уметь:

- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- производить численные оценки по порядку величины;
- видеть в технических задачах физическое содержание;
- осваивать новые предметные области, теоретические подходы и экспериментальные методики;
- получать наилучшие значения измеряемых величин и правильно оценить степень их достоверности;
- эффективно использовать информационные технологии и компьютерную технику для достижения необходимых теоретических и прикладных результатов.

### владеть:

- навыками освоения большого объема информации;
- навыками самостоятельной работы;
- культурой постановки и моделирования физических задач;
- навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Текущий контроль представляет собой проверку самостоятельной работы, контрольных работ.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в результате анализа итогов контрольных, самостоятельных работ, индивидуальных консультаций.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Общие характеристики и структура атмосферы, океанов, деятельного слоя суши, криосферы, биосферы.
2. Энергобалансовые модели климата, включая стохастические.
3. Основные климатообразующие факторы.
4. Радиационно-конвективные климатические модели.
5. Причинно-следственные связи в климатической системе.
6. Климатические модели промежуточной сложности.
7. Палеореконструкции климата в прошлом.
8. Региональные модели климата.
9. Модельные оценки характерных изменений климата в прошлом.
10. Оценки чувствительности и устойчивости климатической системы на основе энергобалансовых моделей климата.
11. Климатология планет Солнечной системы.
12. Обратные климатические связи.
13. Критерии подобия планетных атмосфер.
14. Турбулентные и циркуляционные процессы и структуры.
15. Простые радиационные модели.
16. Пограничные слои в атмосфере.
17. Облачный и аэрозольный радиационный форсинг.
18. Муссоны. Центры действия.
19. Парниковый и антипарниковый эффект. Эффект “ядерной зимы”.
20. Внетропические циклоны и антициклоны.
21. Блокинги.
22. Теория Миланковича.
23. Тропические циклоны, ураганы/тайфуны.
24. Циклы солнечной активности.
25. Квазициклические процессы. Квазидвухлетняя цикличность.
26. Углеродный и метановый цикл.
27. Эль-Ниньо / Южное колебание.
28. Фотохимические процессы в атмосфере.
29. Северо-Атлантическое и Арктическое колебания.
30. Эффекты вулканического и антропогенного аэрозоля.
31. Модельные оценки глобальных и региональных изменений климата при разных сценариях естественных и антропогенных воздействий.
32. Иерархия климатических моделей.

#### Критерии оценивания

оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе экзаменационного билета и ответе на вопросы по программе дисциплины, а также по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов;

оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал экзаменационного билета, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности;



оценка «хорошо (6)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе много неточностей;

оценка «хорошо (5)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он знает материал экзаменационного билета, излагает его, умеет применять полученные знания на практике, не допускает в ответе грубых ошибок;

оценка «удовлетворительно (4)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал фрагментарный, характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения;

оценка «удовлетворительно (3)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета он показал разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушение логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации;

оценка «неудовлетворительно (2-1)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, а также, если во время ответа экзаменационного билета, он показал, что не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины и не умеет использовать полученные знания при решении типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачёте не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения дифференцированного зачёта при подготовке ответов на билеты, обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, семинаров и любой другой литературой.

Во время проведения дифференцированного зачёта при ответе обучающегося на вопросы по билету или по программе дисциплины, он не может пользоваться конспектами лекций и семинаров и любой другой литературой.