

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Д.А. Гаврилов**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Методы изучения и моделирования геолого-геофизических процессов в Арктическом регионе
<b>по направлению:</b>	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
<b>профиль подготовки:</b>	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий центр образовательных программ ФРКТ
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 15 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: Д.А. Алексеев, канд. физ.-мат. наук

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ ФРКТ 08.11.2024

## Аннотация

Дисциплина знакомит с проблематикой геодинамических явлений, происходящих в недрах Земли, и отражающихся в геофизических полях, а также с возможностями геофизических методов при изучении внутреннего строения геологических сред в Арктическом регионе. Дается представление об опасных геологических процессах, методах их моделирования и прогноза. Рассматриваются основные типы задач, решаемые геофизическими методами на акваториях, методы их решения, используемый математический аппарат, а также основные технологии сбора геофизических данных в море и устройство используемой аппаратуры.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Формирование базовых знаний в области геолого-геофизических процессов, происходящих в Арктическом регионе и активных континентальных окраинах Мирового океана, а также методов их исследования и моделирования.

#### Задачи дисциплины

- Познакомить студентов с представлениями о физической природе геолого-геофизических процессов, происходящих в Арктическом регионе и активных континентальных окраинах Мирового океана;
- дать представление о возможностях моделирования при изучении тех или иных геолого-геофизических процессов и решении различных геологических и геофизических задач.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
	ОПК-2.3 Владеет передовым отечественным и зарубежным опытом исследования современных инфокоммуникационных систем
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.2 Способен системно анализировать полученную информацию, использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки и техники
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и (или) участия в конференциях

ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Основы геодинамики и теории тектоники литосферных плит, основы методов космической геодезии и их роль в анализе и моделировании геодинамических процессов, протекающих в активных окраинах Мирового океана;
- основы теории упругости; основы сейсмических методов морской геофизической разведки; основы морских геофизических технологий и аппаратуры; специфику исследований в условиях шельфа Арктики;
- основы теории электромагнитного поля и основы электромагнитных методов геофизических исследований; специфику геоэлектрических моделей шельфа Арктики;
- основы методов моделирования генерации и распространения волн цунами;
- основы сейсмологии;
- основы анализа сейсмоакустических полей.

уметь:

- Выбрать соответствующий метод моделирования для решения той или иной геолого-геофизической задачи;
- применить тот или иной подход к интерпретации данных, в зависимости от используемого метода и особенностей данных.

владеть:

- Представлениями о моделировании тех или иных геолого-геофизических процессов с использованием аналитических и численных методов;
- навыками интерпретации данных геофизических исследований.

### 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	Основы геодинамики и взаимодействия геосфер	4			
2	Особенности освоения месторождений углеводородов в криолитозоне Арктики	2			
3	Введение в морскую геофизику	4			
4	Методы космической геодезии в сейсмологии и геодинамике	4			15
5	Введение в морскую сейсмоакустику	4			
6	Введение в проблему катастрофических цунами	4			
7	Основы моделирования экологического риска при освоении ресурсов Арктики	4			

8	Методы электромагнитной геофизики	4			
Итого часов		30			15
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		45 час., 1 зач.ед.			

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

Семестр: 2 (Весенний)

### 1. Основы геодинамики и взаимодействия геосфер

Геодинамическая эволюция Земли, теория деформируемых литосферных плит, происхождение полезных ископаемых, взаимодействие литосферы, гидросферы и атмосферы арктического региона. Опасные явления на шельфе арктических морей и методы их исследования.

### 2. Особенности освоения месторождений углеводородов в криолитозоне Арктики

Проблема вечной мерзлоты в Арктике и ее влияние на техногенные сооружения при освоении месторождений углеводородов в криолитозоне.

### 3. Введение в морскую геофизику

Роль и место морской геофизики в решении народнохозяйственных задач. Основы теории упругости. Основы измерительной аппаратуры, обработки и интерпретации данных.

### 4. Методы космической геодезии в сейсмологии и геодинамике

Основы геодинамики и тектоники литосферных плит. Введение в сейсмологию. Методы космической геодезии, обработка и интерпретация наблюдений при изучении деформаций земной поверхности. Основы методов решения прямых и обратных задач в сейсмологии и геодинамике.

### 5. Введение в морскую сейсмоакустику

Землетрясения и микросейсмы, сейсмические волны. Сейсмоакустические поля в океанической среде, подходы к их численному моделированию. Принципы измерений и регистрирующей аппаратуры.

### 6. Введение в проблему катастрофических цунами

Описание проблемы цунами. Статистический анализ наката волн цунами. Общая постановка задачи моделирования цунами и существующие модели. Анализ экспериментальных и модельных данных.

### 7. Основы моделирования экологического риска при освоении ресурсов Арктики

Особенности экосистем арктического шельфа и связанные с ними потенциальные риски. Подходы к моделированию экосистем акваторий Арктики и оценка кумулятивного влияния естественных и антропогенных воздействий.

### 8. Методы электромагнитной геофизики

Элементы теории электромагнитного (ЭМ) поля и геоэлектрические модели. Основы методов электромагнитной геофизики. Методы решения моделирования ЭМ полей, решения обратных задач ЭМ-зондирования и интерпретации ЭМ-данных. Геоэлектрика и прогноз космической погоды

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

Аудитория с компьютерами. Компьютер и мультимедийное оборудование (проектор, интерактивная доска).

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Приповерхностная геофизика [Текст] / А. А. Спивак ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) - М. Ин-т динамики геосфер РАН : МФТИ, 2010
2. Фейнмановские лекции по физике [Текст]. Вып. 5 : [учеб. пособие для вузов]. Электричество и магнетизм / пер. с англ. Г. И. Копылова, Ю. А. Симонова ; под ред. Я. А. Смородинского / Р. Фенман, Р. Лейтон, М. Сэндс .— 8-е изд. — М. : УРСС : Либроком, 2014 .— 310 с.

### Дополнительная литература

1. Численные методы [Текст] / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков ; МГУ им. Ломоносова - М. БИНОМ. Лаб. знаний, 2006
2. Теоретическая физика [Текст] : в 10 т. Т. 6 : Гидродинамика : учеб. пособие для вузов : рек. М-вом образования Рос. Федерации / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского .— 5-е изд., стереотип. — 3-е изд., перераб. — М. : Физматлит, 1986, 1988, 2003, 2006 .— 736 с.

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

<https://mipt.ru/drec/forstudents/study/studyMaterials/5kurs.1/oit/>  
<http://kprf.mipt.ru/index.php/metodicheskie-posobiya/44-lektsii-po-kursu-opticheskie-informatsionnye-tehnologii>  
<http://www.nanonewsnet.ru/>  
[http://edoc.ub.uni-muenchen.de/2367/1/Soennichsen\\_Carsten.pdf](http://edoc.ub.uni-muenchen.de/2367/1/Soennichsen_Carsten.pdf)

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций.

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

Успешное освоение курса «Методы изучения и моделирования геолого-геофизических процессов в Арктическом регионе» требует большой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- более глубокое ознакомление с тематикой разделов, посвященных различным геолого-геофизическим процессам и методам их моделирования;
- реализацию методов обработки данных, моделирования и интерпретации;
- освоение существующего программного инструментария для решения данных задач.



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Инфокоммуникационные технологии и системы связи
<b>профиль подготовки:</b>	Телекоммуникационные сети и системы Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий центр образовательных программ ФРКТ
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	Д.А. Алексеев, канд. физ.-мат. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	УК-1.2 Осуществляет поиск вариантов решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации
	УК-1.3 Разрабатывает стратегию достижения поставленной цели как последовательность шагов, предвидя результат каждого из них и оценивая их влияние на внешнее окружение планируемой деятельности и на взаимоотношения участников этой деятельности
УК-6 Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки	УК-6.2 Оценивает свою деятельность, соотносит цели, способы и средства выполнения деятельности с её результатами
ОПК-2 Способен реализовывать новые принципы и методы исследования современных инфокоммуникационных систем и сетей различных типов передачи, распределения, обработки и хранения информации	ОПК-2.2 Владеет навыками реализации новых принципов и методов исследования в современных инфокоммуникационных системах и сетях
	ОПК-2.3 Владеет передовым отечественным и зарубежным опытом исследования современных инфокоммуникационных систем
ОПК-3 Способен приобретать, обрабатывать и использовать новую информацию в своей предметной области, предлагать новые идеи и подходы к решению задач своей профессиональной деятельности	ОПК-3.2 Способен системно анализировать полученную информацию, использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания в различных областях науки и техники
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и (или) участия в конференциях
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы изучения и моделирования геолого-геофизических процессов в Арктическом регионе» обучающийся должен:

### знать:

- Основы геодинамики и теории тектоники литосферных плит, основы методов космической геодезии и их роль в анализе и моделировании геодинамических процессов, протекающих в активных окраинах Мирового океана;
- основы теории упругости; основы сейсмических методов морской геофизической разведки; основы морских геофизических технологий и аппаратуры; специфику исследований в условиях шельфа Арктики;
- основы теории электромагнитного поля и основы электромагнитных методов геофизических исследований; специфику геоэлектрических моделей шельфа Арктики;
- основы методов моделирования генерации и распространения волн цунами;
- основы сейсмологии;
- основы анализа сейсмоакустических полей.

### уметь:

- Выбрать соответствующий метод моделирования для решения той или иной геолого-геофизической задачи;
- применить тот или иной подход к интерпретации данных, в зависимости от используемого метода и особенностей данных.

**владеть:**

- Представлениями о моделировании тех или иных геолого-геофизических процессов с использованием аналитических и численных методов;
- навыками интерпретации данных геофизических исследований.

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

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлого занятия.

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

Вопросы для проведения дифференцированного зачета:

1. Формирование гидросферы Земли и ее эволюция.
2. Климатические изменения в Арктике, причины и следстви;
3. Скорости упругих волн горных пород;
4. Методы построения сейсмических изображений в при проведении морской 3-D съёмки.
5. Классификация методов морской сейсморазведки. Области применения этих методов
6. Постановка задачи расчета волновых полей в упругих средах. Система уравнений Ламэ.
7. Представления о глубинном строении Земли и основные положения тектоники плит
8. Сейсмический цикл. Основные модели процессов подготовки сильнейших землетрясений
9. Модель движения плоского однородно-деформированного тектонического блока
10. Прогноз землетрясений. Оценка сейсмической опасности методами космической геодезии
11. Применение методов космической геодезии при изучении деформации литосферных блоков
12. Сейсмоакустические поля в океанической среде, их возбуждение и распространение
13. Численное моделирование сейсмоакустических полей в океанической среде и на границе с континентами
14. Особенности измерения сейсмоакустических полей в океанической среде в условиях Арктики
15. Математические модели наката волны
16. Нелинейная система уравнений мелкой воды
17. Подходы к моделированию процессов генерации и распространения цунами
18. Статистический анализ наката волн цунами
19. Моделирование оптических характеристик шельфовых акваторий как индикаторов состояния арктических экосистем
20. Электрические свойства горных пород и геоэлектрические модели Земли
21. Принципы существующих методов электромагнитной геофизики (электроразведки); задачи, решаемые с их помощью
22. Модели источника и среды. Принципы решения краевых задач для электромагнитного поля
23. Методы решения обратных задач и интерпретации электромагнитных геофизических данных
24. Естественные электромагнитные поля. Возможности прогноза геомагнитно-индуцированных токов на основе моделей электропроводности Земли

#### **Критерии оценивания**

- оценка «отлично (10)» выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;

- оценка «отлично (9)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины;
- оценка «отлично (8)» выставляется студенту, показавшему систематизированные, знания учебной программы дисциплины при ответе билета и ответе на вопросы по программе дисциплины
- оценка «хорошо (7)» выставляется студенту по результатам контрольных, самостоятельных работ и тестов, если он твердо знает материал, 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, 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, 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 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 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, 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 дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося не должен превышать 60 мин.

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