

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА ФИЗИКИ ЗЕМЛИ

УТВЕРЖДАЮ
Декан физического факультета
МГУ

«__» _____ 20__ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины:
Физические основы прогноза землетрясений

Уровень высшего образования:
Специалитет

Специальность:
03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Специализация ОПОП:
Фундаментальная и прикладная физика Земли

Форма обучения: Очная форма обучения

Рабочая программа рассмотрена и одобрена
Ученым советом физического факультета МГУ

(протокол № _____, дата _____)

Москва 2023

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика».

Год (годы) приема на обучение: 2020

Авторы–составители:

Доктор физ.-мат. наук, доцент, Смирнов Владимир Борисович, кафедра физики
Земли физического факультета МГУ

Заведующий кафедрой

Доктор физ.-мат. наук, доцент, Смирнов Владимир Борисович, заведующий кафедрой
физика Земли

Аннотация к рабочей программе дисциплины

«Физические основы прогноза землетрясений»

Курс носит проблемный характер. Несмотря на то, что утилитарная задача прогноза времени землетрясения далека еще от окончательного решения, активное внедрение физики в эту область науки объясняет причины многих неудачных прогнозов и позволяет выработать реалистичные требования, как к системам наблюдений, так и к алгоритмам прогноза. Цель настоящего курса – ознакомить студентов с современными физическими представлениями о процессе подготовки землетрясения, обсудить основные проблемы научных исследований в области прогноза места, величины и времени землетрясения, определить место этих проблем в физической картине процесса подготовки землетрясения, рассмотреть основания наиболее перспективных направлений в решении проблемы прогноза землетрясений, горных ударов и других катастрофических явлений сходной природы. В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать основные физические процессы в литосфере, ведущие к образованию очага землетрясения, основные концепции образования очагов землетрясений, основные принципы построения алгоритмов прогноза, уметь оценить объем и структуру данных наблюдений необходимые для развития прогностических исследований.

Разделы рабочей программы

1. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОПОП ВО).
2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (при наличии)
3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями
4. Формат обучения.
5. Язык обучения.
6. Содержание дисциплины.
7. Объем дисциплины
8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий
9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.
10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).
11. Шкала оценивания.
12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.
13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.
14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Физические основы прогноза землетрясений» относится к основным курсам вариативной части учебного плана по специальности 03.05.02 «Фундаментальная и прикладная физика».

2. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия

Знание основных разделов физики и математики; знание основных разделов физики Земли, реологии и физики разрушения; умение пользоваться сейсмологическими интернет-ресурсами; владение методами математической статистики; владение навыками работы с учебной и научной литературой.

3. Результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с формируемыми компетенциями

В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора (индикаторов) достижения компетенции	Результаты обучения
СПК-1. Способен использовать знания современных проблем и новейших достижений физики и геофизики в своей научно-исследовательской деятельности	З1 СПК-1.1. Знает основные теоретические разделы геофизики	Знать основные теоретические разделы физических основ прогноза землетрясений
	У1 СПК-1.2. Умеет самостоятельно определять основные параметры различных исследуемых процессов в области физики Земли	Уметь самостоятельно определять основные параметры геофизических процессов при подготовке землетрясения
	В1 СПК-1.3. Владеет методами решения задач профессиональной деятельности, используя теоретические знания в области физики Земли	Владеть методами решения задач прогноза землетрясения, используя теоретические знания в области физики Земли
СПК-2. Способен организовывать и планировать геофизические исследования, ставить конкретные задачи научных исследований в области физики Земли и решать их с помощью современных приборов, методов и информационных технологий.	З1 СПК-2.1. Знает специфику организации научной деятельности в области физики Земли	Знать специфику организации научной деятельности в области прогноза землетрясений
	У1 СПК-2.2. Умеет формулировать научные задачи в области физики Земли	Уметь формулировать научные задачи в области прогноза землетрясений
	В1 СПК-2.3. Владеет методами решения практических научных задач, связанных с физикой Земли	Владеть методами решения практических научных задач, связанных с физическими основами прогноза землетрясений
СПК-3. Способен проводить свою профессиональную деятельность с учётом природоохранных и экологических требований.	З1 СПК-3.1. Знает методы исследования и решения профессиональных задач в области физики Земли с учётом природоохранных аспектов	Знать методы исследования и решения профессиональных задач в области прогноза землетрясений с учётом природоохранных аспектов
	У1 СПК-3.2. Уметь применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физики Земли при разработке и	Уметь применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физических основ прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований

	проведении актуальных научных исследований В1 СПК-3.3. Владеет приемами и технологиями оценки результатов актуальных научных исследований в области физики Земли, полученных самостоятельно с учетом природоохранных аспектов	Владеть приемами и технологиями оценки результатов актуальных научных исследований в области физических основ прогноза землетрясений, полученных самостоятельно с учетом природоохранных аспектов
--	---	--

4. Форма обучения: очная.

5. Язык обучения: русский.

6. Содержание дисциплины

Тема 1. Физические параметры очага землетрясения.

Энергетические характеристики очага землетрясения. Шкалы магнитуд.

Геометрические и динамические характеристики очага землетрясения.

«Дискретные» свойства литосферы. Кусковатость Садовского.

Связь энергии и размера очага землетрясения.

Тема 2. Статистические закономерности сейсмичности.

Закон Гутенберга-Рихтера.

Фрактальная геометрия сейсмичности.

Группирование землетрясений, закон Омори-Утсу, закон Бота, закон продуктивности землетрясений.

Обобщенный закон повторяемости землетрясений и параметры цикла разрушения.

Тема 3. Концепции и модели подготовки землетрясений.

Дилатантно-диффузная модель (ДД-модель).

Модель лавинно-неустойчивого трещинообразования (модель ЛНТ).

Концентрационный критерий разрушения материалов применительно к литосфере Земли.

Трение горных пород и модель стик-слип.

Тема 4. Предвестники землетрясений.

Концепция предвестника землетрясения.

Сейсмические предвестники.

Деформационные предвестники.

Электромагнитные предвестники.

Геохимические предвестники.

Прочие предвестники.

Тема 5. Закономерности проявления предвестников.

Статистические закономерности связи параметров предвестника с параметрами очага будущего (готовящегося) землетрясения, их природа.

Классификация предвестников.

Тема 6. Стратегия прогноза землетрясений, прогностические алгоритмы.

Физика подготовки землетрясения и необходимые фазы алгоритмов прогноза.

Проблемы долгосрочного, среднесрочного и краткосрочного прогноза.

Диаграмма ошибок прогнозов.

Алгоритмы прогноза землетрясений. Достижения и перспективы.

Объективные и субъективные факторы, стоящие на пути прогноза землетрясений.

7. Объем дисциплины

НАЗВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	Трудоемкость в зачетных единицах	объем учебной нагрузки в ак. часах					
		Общая трудоемкость	в том числе ауд.занятий				Самостоятельная работа студентов
			Общая аудиторная нагрузка	Лекций	Семинаров	Учебно- практические занятия	
Физические основы прогноза землетрясений	3	108	68	34	34		40

8. Структурированное по темам (разделам) содержание дисциплины (модуля) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий

№ темы		Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы					Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
		Всего часов	Лекции	Семинары	Учебно-практические занятия (лабораторные или практические занятия)	Самостоятельная работа	
1	Физические параметры очага землетрясения.	18	6	6		6	Устный и письменный опросы, КР, ДЗ
2	Статистические закономерности сейсмичности.	18	6	6		6	
3	Концепции и модели подготовки землетрясений.	24	8	8		8	
4	Предвестники землетрясений.	24	8	8		8	
5	Закономерности проявления предвестников.	8	2	2		4	

6	Стратегия прогноза землетрясений, прогностические алгоритмы.	12	4	4		4	
	Промежуточная аттестация	4				4	Экзамен
ИТОГО:		108	34	34		40	

ДЗ- домашнее задание, Оп- опрос, КР- контрольная работа, Т- тестирование

9. Текущий контроль и промежуточная аттестация.

Текущий контроль осуществляется на семинарах и заключается в оценке активности и качества участия в опросах и собеседованиях по проблемам, изучаемых в рамках тем лекционных занятий, аргументированности позиции; оценивается широта используемых теоретических знаний.

Промежуточная аттестация проводится в форме экзамена.

10. Фонд оценочных средств (ФОС) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).

Перечень оценочных средств, применяемых на каждом этапе проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, представлены в таблице

Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
Оценочные средства текущего контроля		
Тематический опрос (в форме ответов на вопросы)	Средство контроля, организованное как специальная беседа по тематике предыдущей лекции и рассчитанное на выяснение объема и качества знаний, усвоенных обучающимися по определенному разделу, теме, проблеме.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины; образцы вопросов
Письменный опрос	Средство контроля, позволяющее получить оценку уровня фактических знаний студента по изученной теме.	Образцы вопросов
Оценочные средства промежуточной аттестации		
Письменная работа	Средство, позволяющее оценить сформированность систематических представлений о методах научно-исследовательской деятельности.	Перечень вопросов к экзамену
Собеседование	Средство, позволяющее получить экспертную оценку знаний, умений и навыков для оценивания и анализа фактов и явлений в предметной области дисциплины.	Перечень тем, изучаемых в рамках дисциплины; перечень вопросов к экзамену

11. Шкала оценивания.

Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения			
	2/ не зачтено	3/ зачтено	4/ зачтено	5/ зачтено

Знать основные теоретические разделы физических основ прогноза землетрясений	Отсутствие знаний.	Фрагментарное знание теоретических разделов физических основ прогноза землетрясений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание теоретических разделов физических основ прогноза землетрясений	Успешное и систематическое знание теоретических разделов физических основ прогноза землетрясений
Знать специфику организации научной деятельности в области прогноза землетрясений	Отсутствие знаний.	Фрагментарное знание специфики организации научной деятельности в области прогноза землетрясений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание специфики организации научной деятельности в области прогноза землетрясений	Успешное и систематическое знание специфики организации научной деятельности в области прогноза землетрясений
Знать методы исследования и решения профессиональных задач в области прогноза землетрясений с учётом природоохранных аспектов	Отсутствие знаний.	Фрагментарное знание методов исследования в области прогноза землетрясений с учётом природоохранных аспектов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы знание методов исследования в области прогноза землетрясений с учётом природоохранных аспектов	Успешное и систематическое знание методов исследования в области прогноза землетрясений с учётом природоохранных аспектов
Уметь самостоятельно определять основные параметры геофизических процессов при подготовке землетрясения	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение самостоятельно определять основные параметры геофизических процессов при подготовке землетрясения	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение самостоятельно определять основные параметры геофизических процессов при подготовке землетрясения	Успешное и систематическое умение самостоятельно определять основные параметры геофизических процессов при подготовке землетрясения
Уметь формулировать научные задачи в области прогноза землетрясений	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение формулировать научные задачи в области прогноза землетрясений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение формулировать научные задачи в области прогноза землетрясений	Успешное и систематическое умение формулировать научные задачи в области прогноза землетрясений
Уметь применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физических основ прогноза	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физических основ	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение применять методы исследования и решения	Успешное и систематическое умение применять методы исследования и решения профессиональных задач в области

землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований		прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований	профессиональных задач в области физических основ прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований	физических основ прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований
Владеть методами решения задач прогноза землетрясения, используя теоретические знания в области физики Земли	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физических основ прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физических основ прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований	Успешное и систематическое владение применять методы исследования и решения профессиональных задач в области физических основ прогноза землетрясений при разработке и проведении актуальных научных исследований
Владеть методами решения практических научных задач, связанных с физическими основами прогноза землетрясений	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение методами решения практических научных задач, связанных с физическими основами прогноза землетрясений	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение методами решения практических научных задач, связанных с физическими основами прогноза землетрясений	Успешное и систематическое владение методами решения практических научных задач, связанных с физическими основами прогноза землетрясений
Владеть приемами и технологиями оценки результатов актуальных научных исследований в области физических основ прогноза землетрясений, полученных самостоятельно с учетом природоохранных аспектов	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение приемами и технологиями оценки результатов актуальных научных исследований в области физических основ прогноза землетрясений, полученных самостоятельно с учетом природоохранных аспектов	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы владение приемами и технологиями оценки результатов актуальных научных исследований в области физических основ прогноза землетрясений, полученных самостоятельно с учетом природоохранных аспектов	Успешное и систематическое владение приемами и технологиями оценки результатов актуальных научных исследований в области физических основ прогноза землетрясений, полученных самостоятельно с учетом природоохранных аспектов

12. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.

Образцы вопросов.

1. Какие типы магнитуд вы знаете?
2. Какова погрешность оценки физических параметров очага землетрясения по данным о магнитуде?
3. В чем суть закона повторяемости землетрясений Гуттенберга-Рихтера?
4. В чем суть обобщенного закона повторяемости землетрясений?
5. Что такое дилатансия?
6. В чем суть дилатантно-диффузной модели подготовки землетрясения?
7. В чем суть модели ЛНТ?

13. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.

Перечень основных вопросов к экзамену.

1. Энергетические характеристики очага землетрясения. Шкалы магнитуд.
2. Геометрические характеристики очага землетрясения.
3. Динамические характеристики очага землетрясения.
4. «Дискретные» свойства литосферы. Кусковатость Садовского.
5. Основные статистические закономерности сейсмичности: закон Гутенберга-Рихтера.
6. Основные статистические закономерности сейсмичности: фрактальная геометрия сейсмичности.
7. Основные статистические закономерности сейсмичности: группирование, закон Омори-Утсу.
8. Обобщенный закон повторяемости землетрясений и параметры цикла разрушения.
9. Модели подготовки землетрясений: дилатантно-диффузная модель.
10. Модели подготовки землетрясений: модель ЛНТ.
11. Модель стик-слип.
12. Концентрационный критерий разрушения материалов применительно к литосфере Земли.
13. Сейсмические предвестники землетрясений.
14. Деформационные и электромагнитные предвестники землетрясений.
15. Комплекс электромагнитных предвестников землетрясений.
16. Геохимические и прочие предвестники.
17. Закономерности проявления предвестников. Классификация предвестников.
18. Стратегия прогноза землетрясений. Принципиальные трудности прогноза.
19. Алгоритмы прогноза землетрясений.

14. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Основная литература.

1. Соболев Г. А. Основы прогноза землетрясений. М.: Наука, 1993. 313 с.
2. Соболев Г.А., Пономарев А.В. Физика землетрясений и предвестники. М.: Наука.2003. 270 с.
3. Сидорин А. Я. Предвестники землетрясений. М.: Наука, 1992. 191 с.
4. Смирнов В.Б., Пономарев А.В. Физика переходных режимов сейсмичности. – М.: РАН, 2020 – 412 с.

5. Садовский М. А., Болховитинов Л. Г., Писаренко В. Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987. 100 с.
6. Садовский М. А., Писаренко В. Ф. Сейсмический процесс в блоковой среде. М.: Наука, 1991. 96 с.
7. Добровольский И. П. Теория подготовки тектонического землетрясения. М.: ИФЗ РАН, 1991. 217 с.
8. Scholz C.H. The mechanics of earthquakes and faulting. Cambridge Univ. Press. 2002. 471 p.
9. Kanamori H. Earthquake Seismology // Treatise on geophysics. V.4. Elsevier B.V.: 2015. 692 p.

Дополнительная литература.

1. Баранов С.В., Шебалин П.Н. Закономерности постсейсмических процессов и прогноз опасности сильных афтершоков. – М.: РАН, 2019. – 218 с.
2. Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. / Ред. Шебалин Н. В. М.: Недра, 1984. 312 с.
3. Могги К. Предсказание землетрясений. М.: Мир, 1988. 382 с.
4. Смирнов В. Б. Повторяемость землетрясений и параметры сейсмического режима // Вулканология и сейсмология, 1995, N 3, с. 59-70.
5. Смирнов В. Б., Завьялов А. Д. Концентрационный критерий разрушения с учетом фрактального распределения разрывов // Вулканология и сейсмология, 1996, N 4, с. 75-80.
6. Смирнов В.Б. Оценка длительности цикла разрушения литосферы Земли по данным каталогов землетрясений. Физика Земли. 2003. № 10. С. 13-32.
7. Федер Е. Фракталы. М.: Мир, 1991. 260 с.
8. Физические основы прогнозирования разрушения горных пород при землетрясениях. / Ред. Садовский М. А., Соболев Г. А. М.: Наука, 1987. 126 с.
9. Экспериментальные и численные методы в физике очага землетрясения. / Ред. Садовский М. А. М.: 1989. 237 с.
10. Molchan G. Space–Time Earthquake Prediction: The Error Diagrams // Pure Appl. Geophys. 2010. V. 167 (2010), 907–917 DOI 10.1007/s00024-010-0087-z
11. Panza G.F. et al. (editors) Earthquakes and sustainable infrastructure – Elsevier, 2022. 648 p.
12. Shebalin P.N. et al. Earthquake productivity law // Geophys. J. Int. 2020, V. 222, 1264–1269.
13. Stefánsson R. Advances in Earthquake Prediction: Research and Risk Mitigation. – Springer Praxis Books. Geophysical Sciences, 2011. – 300 p.

Интернет-ресурсы

- <http://www.pnsn.org/seismosurfing.html>
- <http://seismos-u.ifz.ru/personal/index.htm>
- <https://earthquake.usgs.gov/>

- <http://www.isc.ac.uk/>
- <http://www.emsd.ru/seismicity>
- <http://www.ceme.gsras.ru/new/news/>

Материально-техническое обеспечение

Аудитория с доской, компьютер с подключением к Интернет, проектор для презентаций