

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

**УТВЕРЖДАЮ**

**Декан Геологического факультета  
академик**

\_\_\_\_\_/Д.Ю.Пушаровский/

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Тектоническая интерпретация сейсмических данных**

Автор-составитель: Корбутяк А.Н.

**Уровень высшего образования:**

*Магистратура*

**Направление подготовки:**

**05.04.01 Геология**

**Направленность (профиль) ОПОП:**

**Геотектоника и геодинамика**

Форма обучения:

*Очная*

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методическим Советом Геологического факультета

(протокол № \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_)

Москва 2019

---

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 «Геология» (*программы бакалавриата, магистратуры, реализуемых последовательно по схеме интегрированной подготовки*) в редакции приказа МГУ №1674 от 30 декабря 2016 г.

Год (годы) приема на обучение – 2019.

© Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова  
*Программа не может быть использована другими подразделениями университета и другими вузами без разрешения факультета.*

### **Цель и задачи дисциплины**

**Цель:** формирование у студентов геологических специальностей навыка анализа сейсмических материалов в областях со сложной тектоникой. Отработка практических навыков творческого приложения знаний, полученных в курсах фундаментальных дисциплин («Структурная геология», «Тектонофизика», «Геотектоника» и др.) для анализа регионального сейсмического материала и реконструкции глубинного строения территорий на основании сейсмического материала.

**Задачи:** знакомство с принципами, подходами и технологиями тектонической интерпретации сейсмических материалов для областей сложного строения; выработка навыков структурного анализа данных геофизики; комплексирования сейсмических данных с материалами иных методов геологических исследований (дистанционными, тектонофизического моделирования и др.) для разработки геодинамической модели развития территории.

**1. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО** – вариативная часть, профессиональный цикл, курс – I, семестр – 1.

### **2. Входные требования для освоения дисциплины, предварительные условия:**

освоение дисциплин «Структурная геология и геологическое картирование», «Геотектоника», «Тектонофизика», «Геология России», «Региональная геотектоника», «Геофизика».

Дисциплина необходима для научно-исследовательской работы и выполнения выпускных квалификационных работ.

### **3. Результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с требуемыми компетенциями выпускников.**

Компетенции выпускников, формируемые (полностью или частично) при реализации дисциплины:

СПК-2.М Владение основами системного подхода к изучению новейших тектонических движений и способность строить карты новейшей и современной активности; умение использовать ранговый подход в решении задач прогнозирования природных геокатастроф (формируется частично).

СПК-3.М Способность реконструировать кинематику и динамику формирования структур земной коры; определять и реконструировать структурные парагенезы, сформировавшиеся в различных геодинамических обстановках (формируется частично).

### **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю):**

**знать:** критерии выделения разрывных нарушений на сейсмических материалах, геологические основы особенностей выражения в сейсмическом поле разрывных нарушений, формирующихся в разнотипных элементарных геодинамических обстановках; основы парагенетического подхода к интерпретации выделенных разрывных и пликтивных дислокаций; сочетания разрывных и пликтивных структур, характерные для тех или иных тектонических обстановок;

**уметь:** диагностировать основные сейсмогеологические признаки разрывных нарушений, различать кинематические и динамические признаки разломов, учитывать проявление в сейсмическом облике тектонических объектов таких условий, как: неоднородность деформации геологической среды, реологическая неоднородность разреза, многоэтапность деформации и др.; диагностировать проявления в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок – транспрессии и транстензии;

**владеть:** навыками прослеживания разрывных нарушений на сейсмических профилях; навыками парагенетического подхода к рисовке и анализу разломного рисунка на

сейсмических профилях; навыками формулирования предположений о тектонической обстановке образования наблюдаемого сочетания разрывных и пликативных структур; навыками работы с основными современными сейсмическими пакетами.

**4. Формат обучения** – лекционные и семинарские занятия

**5. Объем дисциплины (модуля)** составляет 2 з.е., в том числе 52 академических часов, отведенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (10 часов – занятия лекционного типа, 14 часов – занятия практического типа, 18 часов – занятия семинарского типа, 10 часов – мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации), 20 академических часа на самостоятельную работу обучающихся. Форма промежуточной аттестации – экзамен.

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

**Краткое содержание дисциплины (аннотация):**

Данный учебный курс специализируется на формировании у студентов геологических специальностей навыков анализа сейсмических данных областей со сложной тектоникой. Формулируются методические приемы диагностики в волновом поле тектонических нарушений различной морфологии и кинематики, а также образуемых ими структурных рисунков. Рассматриваются подходы к реконструкции на основе 2D и 3D сейсмических данных трехмерного разломного каркаса блоков земной коры.

Тектонический анализ сейсмических данных основывается на выделении в сейсмическом поле устойчивых сочетаний разрывных и пликативных структурных форм, характерных для различных кинематических ситуаций. Рассматриваются примеры сейсмических данных, характерные для ряда геодинамических обстановок: зон сдвига, сжатия, растяжения, транспрессии и транстенсии. Подробно разбираются «сейсмический рисунок» платформенных областей, пассивных окраин, зон крупных континентальных сдвигов, предгорных прогибов, внутренних зон складчатых поясов. Курс базируется на знаниях по структурной геологии, общей и региональной геотектоники, тектонофизики; построен с учетом уже полученных навыков по геологической интерпретации сейсмических данных. Планом курса предусмотрены самостоятельные занятия студентов под руководством преподавателя по тектонической интерпретации сейсмических профилей.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе				Самостоятельная работа обучающегося, часы * <i>(виды самостоятельной работы – эссе, реферат, контрольная работа и пр. – указываются при необходимости)</i>
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем) Виды контактной работы, часы				
		Занятия лекционного типа	Занятия практического типа	Занятия семинарского типа	Всего	
Раздел 1. Введение. Задачи и содержание курса.		1	1	1	3	Подготовка реферата на одну из рекомендуемых тем, 7 часов
Раздел 2. Зоны сдвига.		2	4	6	12	
Раздел 3. Зоны растяжения.		2	2	2	6	
Раздел 4. Зоны сжатия.		2	2	2	6	Подготовка к промежуточной сдаче интерпретации индивидуального сейсмического проекта, 4 часа
Раздел 5. Зоны траспрессии и транстенсии.		2	3	4	9	Подготовка к контрольному опросу, 3 часа
Раздел 6. Комплексирование методов для решения тектонических задач.		1	2	3	6	Подготовка к итоговой сдаче интерпретации индивидуального сейсмического проекта, 6 часов
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>						10**
<b>Итого</b>	<b>72</b>		<b>42</b>			<b>30</b>

## **Содержание разделов дисциплины:**

### **Введение. Задачи и содержание курса:**

Лекция: основы сейсморазведки. Виды съемок (2D-, 3D). Современные возможности создания структурных моделей блоков земной коры на основе сейсмических данных. Содержание и стадийность процесса сейсмогеологического моделирования. Примеры интерпретации 3D данных. Основы структурно-парагенетического метода.

Семинар: исходные данные: 2D и 3D материалы, различия в их информативности, детальности, отличия в подходах к их обработке и достоверности получаемых геологических моделей. Программное обеспечение для трехмерной визуализации геологических моделей. Архитектура сейсмических 3D проектов: основы геологического анализа сейсмических материалов. Базовые понятия геологической интерпретации сейсмических данных.

Практическое занятие: знакомство с ПП The Kingdom. Загрузка Seg-Y. Корреляция ОГ в сейсмическом проекте.

### **Зоны сдвига:**

Лекции: зоны сдвига. Виды, способы формирования, характерные особенности. Типичный структурный облик. Примеры выделения на сейсмических материалах (профили, слайсы, структурные карты). Признаки сдвиговых деформаций. «Цветковые» структуры на сейсмических профилях, их происхождение, типы, положение в разрезе. Сдвиговые дуплексы. Тектонофизические модели сдвига и трехмерный сейсмический облик сдвиговой структуры.

Семинары: парагенетический подход к тектонической реконструкции зон крупных континентальных сдвигов. Особенности волнового облика различных элементов сдвигового парагенеза. Эволюция сдвиговых зон по материалам сеймики и тектонофизического моделирования. Особенности формирования сдвига в реологически неоднородной среде. Определение морфологии поверхности фундамента и его структуры по сейсмическим данным. Роль фундамента в локализации и облике структур чехла.

Сейсмогеологическое моделирование сдвиговых зон. Континентальные сдвиговые зоны по данным 2D и 3D сеймики. Методические приемы реконструкции сдвиговых зон по 2D данным. Примеры сдвиговых парагенезов в 3D кубах. Роль сдвигов в формировании структурных объектов – потенциальных ловушек углеводородов.

Подходы к анализу и прогнозу проницаемости разрывных нарушений в областях сдвиговой тектоники. Примеры проводимости разломов на месторождениях УВ сдвиговой тектонической природы.

Практическое занятие: выделение разрывных нарушений в своем сейсмическом проекте.

### **Зоны растяжения:**

Лекции: структурно-парагенетические признаки наличия обстановки растяжения. Соль с точки зрения сейсморазведки. Трудности интерпретации (сейсмическая тень, вертикальный и отрицательный наклон границ, скоростные аномалии).

Семинары: соляная тектоника и галокинез. Триггеры галокинеза. Стадии формирования соляного диапира согласно модели F. Trusheim. Модель эволюции межкупольного пространства согласно Arbenz J.K. Выделение тектонических стадий роста соляного купола по характеру строения осадочного заполнения межкупольных минибассейнов. Модель формирования структуры типа «черепашья спина».

Практические занятия: построение 3хмерного разрывного каркаса в своем сейсмическом проекте.

### **Зоны сжатия:**

Лекции: Структурные элементы сейсмического облика области конвергенции: взбросы, надвиги, послонные срывы, зоны микститов, ремповые складки и т.п.; их

закономерные сочетания, диагностика в сейсмическом изображении. Надвиговые дуплексы, развитие различных типов дуплексных систем по сейсмическим данным.

Семинары: Методика диагностики надвиговых структур на сейсмических разрезах; различные типы надвигов и их диагностика в сейсмическом изображении. Анализ структур по 2D и 3D сейсмическим данным в контексте геодинамического анализа региона. Тектонические микститы их признаки и роль в расшифровке структуры.

Особенности и проблемы прогноза и поиска месторождений УВ в областях надвигового строения. Примеры интерпретации сейсмического материала по месторождениям УВ в областях надвигового строения различного типа и времени формирования.

Практические занятия: построение структурных поверхностей, атрибутивный анализ сейсмического куба.

#### **Зоны транспрессии и транстенсии:**

Лекция: структурно-парагенетические признаки наличия сложных геодинамических обстановок сдвига-сжатия и сдвига-растяжения. Сейсмический облик характерных черт транспрессии и транстенсии.

Семинары: рассмотрение примеров геологической интерпретации областей сложных геодинамических обстановок: зон транспрессии и транстенсии.

Практические занятия: выделение тектонических объектов, благоприятных для улавливания и сохранности углеводородов.

#### **Комплексирование методов для решения тектонических задач:**

Лекция: принципы и технологии комплексирования сейсмических данных с материалами регионального тектонического анализа, данными дистанционного зондирования поверхности, результатами геолого-геоморфологического анализа и др.

Семинары: применение опыта тектоно-физического моделирования сдвигов в интерпретации сейсмических данных.

Практические занятия: подготовка проекта по тектонической интерпретации сейсмического куба к сдаче. Подготовка к докладу о геодинамической обстановке, представленной в данном кубе.

### **Рекомендуемые образовательные технологии**

В рамках курса используются следующие образовательные технологии: презентации, доклады и рефераты, дискуссии, самостоятельная работа под руководством преподавателя. Практические занятия проводятся с использованием ПК и компьютерного проектора в компьютерном классе кафедры Динамической геологии Геологического факультета МГУ с использованием специализированного программного обеспечения.

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

#### **7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости.**

##### **Рекомендуемые темы докладов, рефератов:**

1. Атрибутивный анализ сейсмических данных, его информативность для тектонической интерпретации.
2. Признаки надвиговых структур на сейсмических разрезах.
3. Признаки тектонической нарушенности разреза на сейсмических данных.
4. Сейсмические данные, основы их геологического анализа.
5. Подходы к выделению структурных объектов, перспективных для поисков УВ.
6. Геодинамический анализ региона, роль сейсмических данных.

7. Современные возможности компьютерного моделирования при решении геодинамических задач.

**Перечень вопросов для текущего контроля успеваемости**

1. Основы сейсмической корреляции.
2. Анализ кинематики разрывных нарушений на сейсмических разрезах.
3. Диагностика элементов сдвигового парагенеза на сейсмических данных.
4. Анализ соотношения седиментационных и тектонических процессов.
5. Методика комплексирования геологических и геофизических данных.
6. Признаки геодинамической обстановки сдвига по сейсмическим данным.
7. Признаки геодинамической обстановки сжатия по сейсмическим данным.
8. Признаки геодинамической обстановки растяжения по сейсмическим данным.
9. Признаки геодинамических обстановок транспрессии и транстенсии по сейсмическим данным.
10. Взаимодействию тектонического и седиментационного фактора при формировании осадочных бассейнов

**7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации.**

Промежуточная аттестация состоит из перечня вопросов для контроля успеваемости, а также анализа сейсмического проекта, который включает в себя выбор комплекса процедур для геологической интерпретации, диагностика структурно-геологических особенностей блока, тектоническая интерпретация материала.

***Примерный перечень вопросов при промежуточной очной аттестации:***

1. Критерии выделения разрывных нарушений на сейсмических материалах.
2. Различия кинематических и динамических признаков разломов.
3. Геологические основы особенностей выражения в сейсмическом поле разрывных нарушений, формирующихся в разнотипных элементарных геодинамических обстановках.
4. Специфика проявлений в сейсмическом облике тектонических объектов неоднородности деформации геологической среды, реологической неоднородности разреза, многоэтапности деформации.
5. Основы парагенетического подхода к интерпретации выделенных разрывных и пликвативных дислокаций.
6. Сочетания разрывных и пликвативных структур, характерные для тех или иных тектонических обстановок.
7. Специфика проявлений в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок – транспрессии и транстенсии.

**Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Результаты обучения	«Неудовлетворительно»	«Удовлетворительно»	«Хорошо»	«Отлично»
Знания: геологические основы особенностей выражения в сейсмическом поле разрывных нарушений, формирующихся в разнотипных	Знания отсутствуют	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Систематические знания



элементарных геодинамических обстановках; основы парагенетического подхода к интерпретации выделенных разрывных и пликативных дислокаций				
Умения: диагностировать основные сейсмогеологические признаки разрывных нарушений, различать кинематические и динамические признаки разломов, диагностировать проявления в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок	Умения отсутствуют	В целом успешное, но не систематическое умение, допускает неточности непринципиального характера	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение диагностировать основные сейсмогеологические признаки разрывных нарушений	Успешное умение диагностировать разрывные нарушения, а также проявления в сейсмическом облике территории эффектов сложных геодинамических обстановок
Владения: навыками прослеживания разрывных нарушений на сейсмических профилях; навыками парагенетического подхода к рисовке и анализу разломного рисунка; навыками формулирования предположений о тектонической обстановке образования наблюдаемого сочетания разрывных и пликативных структур; навыками работы с основными современными сейсмическими пакетами.	Навыки отсутствуют	Фрагментарное владение методикой, наличие отдельных навыков	В целом сформированные навыки прослеживания разрывных нарушений, парагенетические подходы к рисовке и анализу разломного рисунка	Владение навыками прослеживания разрывных нарушений, парагенетический подход к рисовке и анализу разломного рисунка, навыками формулирования предположений о тектонической обстановке образования структур

## 8. Ресурсное обеспечение:

А) Перечень основной и дополнительной литературы:

- основная литература:

1. Пейтон Ч. Сейсмическая стратиграфия. М.: Мир. В 2х т. 1982. Т.1 374 с, т.2. 486 с.
2. Сейсмическая стратиграфия. Под ред. Ч.Пейтона. В 2-х частях. Изд-во «Мир», Москва, 1982, с.841.
3. Урупов А.К. Основы трехмерной сейсморазведки. М: ФГУП Издательство "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И. М. Губкина, 2004. 584 с.
4. Шерифф Р., Гелдарт Л. Сейсморазведка. Том 2. Обработка и интерпретация данных. Пер. с англ. – М.: Мир, 1987, 400 с.
5. Шлезингер А.Е. Региональная сеймостратиграфия. – М.: Научный мир, 1998. – 144 с. (Тр. ГИН РАН; Вып. 512).

- дополнительная литература:

1. Алаеи Б. Сейсмические атрибуты и их использование в сейсмической интерпретации. Учебный курс. М.: 2013.
2. Ампилов Ю.П. Сейсмическая интерпретация: опыт и проблемы. М.: Изд-во "Геоинформмарк", 2004.
3. Боганик Г.Н., Гурвич И.И. Сейсморазведка. Учеб.для вузов. Тверь: изд-во АИС, 2006. 744 с.
4. Бондарев В.И. Сейсморазведка. Екатеринбург: изд-во УГГУ. 2007. 697 с.
5. Воскресенский Ю.Н. Построение сейсмических изображений. М.: РГУ нефти и газа, 2006. 116 с.
6. Прокопьев А.В., Фридовский В.Ю., Гайдук В.В. Разломы (морфология, геометрия и кинематика). Якутск: ЯФ Изд-ва СО РАН, 2004. 148 с.
7. Стоянов С. Механизм формирования разрывных зон. М.: Недра. 1977. 144 с.
8. Hatcher R. D. Structural Geology. Prentice Hall.1995. 525 с.
9. Interpretation of three-dimensional seismic data. Fifth edition. Alistair R. Brown. AAPG memoir 42, SEG Investigation in geophysics, No 9. Tulsa, Oklahoma, USA. 1999. P. 514.
10. Brown A.R. Interpretation of three-dimensional seismic data. 5th edition. AAPG Memoir 42, Tulsa, Oklahoma. 1999. P. 514.
11. Хромова И.Ю. Технология построения цифровой сейсмогеологической модели. На примере программного комплекса Landmark. М.: 2007. 315 с.

Б) Перечень лицензионного программного обеспечения: пакеты программ Microsoft Office (при необходимости).

В) Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем: Google Earth Pro.

Г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (лицензионное программное обеспечение не требуется): программные пакеты The Kingdom, Petrel, SeiSee.

Д) Материально-технического обеспечение: мультимедийный проектор, компьютер, экран, альбом учебных сейсмических материалов (2D профилей, материалы 3D сейсмической съемки, слайсы) с примерами вариантов интерпретации, комплектом геологических материалов (геологические карты, разрезы, тектонические схемы, дистанционные материалы)

9. Язык преподавания – русский.

10. Преподаватель (преподаватели) – Корбутяк А.Н.

11. Автор (авторы) программы – Корбутяк А.Н.