

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Пермский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения  
Российской академии наук

Принято на заседании  
Объединенного ученого совета  
ПФИЦ УрО РАН  
Протокол № 7  
«24» сентября 2019 г.

Утверждаю

Директор ПФИЦ УрО РАН  
Чл. корр. РАН А.А. Барях



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»**  
(наименование дисциплины по учебному плану)

Направление 21.06.01 – Геология, разведка и разработка полезных ископаемых  
(код и наименование)

**Профиль программы аспирантуры** Геомеханика, разрушение горных пород,  
рудничная аэрогазодинамика и горная  
теплофизика (25.00.20)

**Квалификация выпускника:** Исследователь. Преподаватель-исследователь

**Форма обучения:** Очная

**Курс:** 2                      **Семестр(ы):** 4

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:                      **3 ЗЕ**  
Часов по рабочему учебному плану:                              **108 ч**

**Виды контроля:**

Экзамен **нет**                      Зачёт: **да**                      Курсовой проект: **нет**                      Курсовая работа: **нет**

Пермь 2019

Рабочая программа дисциплины «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов» разработана на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «30» июля 2014 г. номер приказа «886» по направлению подготовки 21.06.01 «Геология разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;
- учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 21.06.01 «Геология разведка и разработка полезных ископаемых (уровень подготовки кадров высшей квалификации), программы аспирантуры «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика», утверждённого «24» сентября 2019 г.

**Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин:**

1. Геомеханическое обеспечение освоения месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом.
2. Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами.
3. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика.
4. Актуальные проблемы геомеханического обеспечения освоения недр.

Программами научно-исследовательской практики и научно-исследовательской деятельности аспирантов, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик:



к.т.н., н.с. Евсеев А.В.

## **Общие положения**

### **1. Наименование дисциплины**

Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов.

### **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в Блок 1, относится к циклу дисциплин вариативной части профиля подготовки образовательной программы по направлению подготовки 21.06.01 «Геология разведка и разработка полезных ископаемых», направленности 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика». Дисциплина «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов» изучается на 4 семестре и является одной из дисциплин, формирующих профессиональные знания и навыки, характерные для аспиранта направления 21.06.01 «Геология, разведка и разработка полезных ископаемых», направленности «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (25.00.20)». Дисциплина является теоретической, существенно расширяет знания и навыки в области исследований геомеханики и позволяет оценивать значение месторождения полезного ископаемого для горнодобывающей промышленности страны и влияние горногеологических факторов на условия его эксплуатации. Изучение дисциплины опирается на знания, умения и навыки, приобретенные в предшествующих дисциплинах: математика, физика, химия, основы горного дела; геометрия недр, проектирование горных предприятий и др. специальные дисциплины, проблемы горной науки и производства.

**Цель освоения дисциплины:** формирование у аспирантов фундаментальных, специальных и прикладных знаний в области изучения геомеханических процессов, направленных на повышение эффективности и безопасности освоения недр.

#### **Задачи освоения дисциплины:**

- освоить методы расчета геомеханических процессов;
- уметь выполнять работу по совершенствованию методик исследования геомеханических процессов, как в лабораторных, так и в натуральных условиях;
- осуществлять патентный поиск, изучать научно-техническую информацию обосновывать параметры, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследований.

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов» у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

- **ПК-1** Способность осуществлять исследования структуры, свойств и состояния горных пород в лабораторных и натуральных условиях.
- **ПК-2** Способность прогнозировать устойчивость конструктивных элементов систем разработки и опасные динамические явления в массиве при ведении горных

работ и в подземном строительстве.

- **ПК-3** Владение инструментальными и программными средствами реализации геологических, геофизических и маркшейдерских исследований массива горных пород и протекающих в нем природных и техногенных процессов различной физической природы.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

**Знать:**

базовые методы организации и постановки научных экспериментов и основы научно-исследовательской деятельности;  
средства определения механических свойств горных пород и массивов в натуральных и лабораторных условиях;  
математический аппарат при проведении научных исследований и обработке результатов исследований;  
методы расчета геомеханических процессов;  
основные способы моделирования свойств горного массива.

**Уметь:**

выполнять теоретические и экспериментальные исследования физических процессов горного производства, анализировать и оформлять полученные результаты;  
пользоваться приборами и оборудованием, выбирать материалы для постановки научных экспериментов, делать выводы и обосновывать принятые решения;  
формировать типовые модели горного массива с использованием специализированного программного обеспечения в области проводимых исследований;  
совершенствовать методики исследования геомеханических процессов как в лабораторных, так и в натуральных условиях.

**Владеть:**

методами определения механических свойств и параметров деформирования породного массива в лабораторных условиях и по результатам натуральных измерений;  
навыками создания моделей горного массива с заданными физико-механическими свойствами, знаниями методов обработки массивов исходных данных;  
навыками постановки научных экспериментов, обобщения и анализа полученных результатов исследований, аргументированного изложения собственной точки зрения;  
математическим аппаратом при проведении научных исследований и обработки результатов исследований.

### **3.1. Связь с предшествующими дисциплинами**

Наличие у аспиранта знаний по теории и практике разработки месторождений в объеме освоенных дисциплин:

1. Методология науки и методы научных исследований.
2. Геомеханическое обеспечение освоения месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом.

3. Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами.
4. Актуальные проблемы геомеханического обеспечения освоения недр.

### 3.2. Связь с последующими дисциплинами

Знание и навыки, полученные аспирантом при изучении данного курса, необходимы для освоения дисциплины «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика» и сдаче кандидатского экзамена, а также при подготовке и написании диссертации по программе аспирантуры 25.00.20 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика».

### 4. Виды учебной работы и тематическое содержание дисциплины

Таблица 1

| Наименование темы (раздела) дисциплины  | Лекции | Практические занятия | Самостоятельная работа |
|---|--------|----------------------|------------------------|
| 1. Исследования геомеханических процессов в природных условиях. Разработка наблюдательной станции. Конструкция реперов.   | 2      | 2                    | 6                      |
| 2. Методика измерений. Анализ данных полевых измерений. Визуальные наблюдения.  | 2      | 2                    | 8                      |
| 3. Физическое и математическое моделирование. Методы физического моделирования. Основы теории подобия. Моделирование на эквивалентных материалах.   | 2      | 2                    | 8                      |
| 4. Инструментальная база при изучении геомеханических процессов в лабораторных природных условиях. Современные маркшейдерские приборы. Стенды для производства моделирования на эквивалентных материалах.   | 2      | 2                    | 8                      |
| 5. Современное программное обеспечение для моделирования геомеханических процессов на горном производстве.  | 2      | 2                    | 16                     |
| 6. Методы физического моделирования.  | 2      | 2                    | 6                      |
| 7. Стенды для производства моделирования на эквивалентных материалах.   | 2      | 2                    | 5                      |
| 8. Изучение геомеханических процессов при открытом способе разработки месторождений.  | 2      | 2                    | 5                      |
| 9. Практика использования методов исследования геомеханических процессов. Изучения геомеханических процессов при открытом способе разработки месторождений. Изучения геомеханических процессов при открытом и комбинированном способах разработки месторождений | 2      | 2                    | 8                      |
| Итого   | 18     | 18                   | 70                     |
| Зачет по вопросам курса   | 2      |                      |                        |

## 5. Контроль успеваемости и промежуточная аттестация по дисциплине

Оценка качества освоения дисциплины включает текущий контроль успеваемости в виде собеседований по теме лекции и итоговый контроль в форме устного зачета.

### 5.1. Образовательные технологии по дисциплине

В ходе проведения лекционных занятий предусматривается: использование электронного демонстрационного материала, лабораторного оборудования и установок по темам, требующим иллюстрации механизмов разделения минералов, работы установок; использование стандартных компьютерных программ моделирования и расчета процессов и схем; активные и интерактивные формы обучения: вариативный опрос, дискуссии, устный опрос.

### 5.2. Примерные вопросы к зачету

1. Принципы определения напряженно-деформированного состояния массива горных пород.
2. Шкала крепости пород проф. М.М. Протодяконова.
3. Прочность горных пород и методы ее определения.
4. Особенности процесса деформирования и разрушения горных пород.
5. Влияние скорости нагружения на прочностные и деформационные характеристики горных пород.
6. Свойства горных пород при динамическом нагружении.
7. Свойства горных пород в условиях трехосного неравномерного сжатия.
8. Влияние трещиноватости на прочностные и деформационные характеристики горных пород.
9. Измерение деформаций и напряжений на поверхности горных выработок и в глубине массива.
10. Измерение перемещений в окрестности горных выработок.
11. Измерение нагрузки на крепь горной выработки.
12. Оценка структурно-механических особенностей породных массивов методами томографии.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература

Таблица 2

| № п/п<br>О | Автор                  | Наименование   | Издательс<br>тво  | Год<br>издани<br>я | Кол-во<br>экземп<br>л. |
|------------|------------------------|--|---|--------------------|------------------------|
| 1.         | Ред. В.Л.<br>Шкуратник | Методы и измерительные приборы для моделирования и натурных исследований нелинейных деформационно-волновых процессов в блочных массивах горных пород | ИГД СО<br>РАН,<br>Новосиби<br>рск, Изд-<br>во СО<br>РАН | 2007               | 6                      |

## 6.1. Дополнительная литература

Таблица 3

| № п/п<br>О | Автор | Наименование  | Издательство  | Год<br>издания | Кол-во<br>экземп<br>л. |
|------------|-------|---|---|----------------|------------------------|
| 1.         |       | Геомеханические и геотехнологические проблемы эффективного освоения месторождений твердых полезных ископаемых северных и северо-восточных регионов России: труды Второй Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. памяти чл.-кор. РАН Новопашина М.Д. / | Якутск:<br>Изд-во<br>Института<br>мерзлотов<br>едения им.<br>П.И.<br>Мельнико<br>ва СО<br>РАН | 2014           | 3                      |

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 4

| Наименование специальных помещений для работы аспирантов   | Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы  |
|--|--|
| Лекционная ауд. – 402 каб. 614007, Пермь, Сибирская 78-а   | Доска маркерная 1 шт.; монитор для видеопрезентаций и видеоконференций, настенный экран, ПЭВМ с выходом в интернет.  |
| Аудитория для практик – каб. 1, лаборатория геоэкологии горнопромышленных регионов, 614007, Пермь, Сибирская 78-а. | Комплект оборудования для исследования реологических свойств горных пород, оборудование для одноостного нагружения горных пород, Барометр DPI 740, Анемометр АПР-2, Установка алмазного бурения ДД130, Система мониторинга напряжений и деформаций в массиве горных пород SisGeo, 15 каналный счетчик частиц «IAQcheck-8» 15 Chanel Dust-Spectrometer, система определения физико-механических свойств горных пород в шахтных условиях; Приемник геодезической спутниковой аппаратуры Trimble R8/5800 GNSS: Микроскоп Axioskop 40, Источник продольных волн- AWG AE MODEL 80/100 – 2 шт., Импульсный источник упругих колебаний, Сейсмоакустический регистратор «IS-128», аппаратно-программный обрабатывающий комплекс «Focus» (Paradigm Geophysical B.V. (США)) – 1 рабочее место, Система мониторинга напряжений и деформаций в массиве горных пород SisGeo, 15 каналный счетчик частиц «IAQcheck-8» 15 Chanel Dust-Spectrometer, Система GPS Trimble 4700 (2 шт) и Trimble 5700 (2 шт), Электронные тахеометры Trimble 3305 (4 шт), Газоанализатор Ecorprobe-5, Хромато-масс-спектрометрическая система Agilent 5973N (производство фирмы «INTERLAB Inc.», США), Анализатор углерода и азота в воде multi N/C 2100 |

|  |   |
|--|---|
|  | (производство фирмы «Analytikjena», Австрия), Сканер Trimble GX, Тепловизор SC640, Анемометр «ЛАД-056», Хроматограф GC-2014АТТФ, Счетчик аэроионов Сапфир-3м, Лазерный оптический пылемер серии 1.108, Мобильные сейсмометрические станции SAQS (3 шт.), сканирующий электронный микроскоп VEGA 3LMH, для исследования морфологии и состава объектов размером от 150 мм до первых микрон; электроразведочная аппаратура АМС ИМ2470; регистрирующий модуль Tellus 3 channels (3 шт.) для исследований сейсмичности; Тахеометр Торсор GPT-3107N «Сибирь» для геодезических наблюдений, портативный барометр прецизионный DPI740 (2 шт.) для измерения давления в шахтах, установка для измерения магнитного поля Земли (цезиевый портативный магнитометр G-859SX с встроенной системой GPS (США); установка многоканальной регистрации и измерения в реальном времени параметров акустической эмиссии AMSY-6; система определения физико-механических свойств горных пород в шахтных условиях; система сейсмологического мониторинга; интерактивный дисплей; комплект аудио-видео протоколирования; Стереомикроскоп Leica MZ16, Поляризационный микроскоп проходящего и отраженного света Axioskop 40 Pol (Carl Zeiss), Настольный рентгенофлуоресцентный энергодисперсионный анализатор X-Supreme8000. |
| Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.<br>Каб. 3, лаборатория ФПОГ, Пермь, Сибирская 78а | Специализированная мебель и технические средства для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.   |
| Помещение для самостоятельной работы   | Библиотека «ГИ УрО РАН», лаборатории Горного института ФПОГ (каб. 4), АТ (каб. 222), рабочие места оборудованы компьютерами с выходом в Интернет  |

#### Перечень лицензионного программного обеспечения

| № п.п. | Вид учебного занятия | Наименование программного продукта | Номер договора на покупку лицензии | Назначение программного продукта      |
|--------|----------------------|------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| 1      | Практическое         | RadExPro Plus                      | 180530-1 от 18.06.2018             | Моделирование геофизических процессов |
| 2      | Практическое         | ZondRes                            | 337.04/2019/74 от 15.11.2019       | Моделирование геофизических процессов |
| 3      | Практическое         | ЭС «Охрана труда»                  | 3 431 от 24.01.02019               | Анализ решений для специалистов по    |



|   |                             |  |                              |  |
|---|-----------------------------|--|------------------------------|--|
|   |                             |  |                              | охране труда   |
| 4 | Практическое                | Kaspersky total security                                   | A0019369661<br>от 14.08.2019 | Безопасность<br>данных   |
| 5 | Практическое,<br>Лекционное | Office Standard 2013<br>Russian OLP NL<br>Academic Edition | 93/14 от<br>16.12.2014       | Работа с<br>текстовыми<br>документами,<br>презентациями и<br>таблицами |

### **Перечень электронных информационно-образовательных ресурсов**

1. Библиографическая и реферативная база данных международных индексов научного цитирования Web of Science; <http://webofknowledge.com>
2. Библиографическая и реферативная база данных международных индексов научного цитирования Scopus; <http://scopus.com>
3. Электронные ресурсы издательства Springer. <http://springer.com>
4. Научная электронная библиотека eLibrary.ru. <http://elibrary.ru>
5. Национальная электронная библиотека (НЭБ). <http://нэб.рф>
6. Центральная научная библиотека Уральского отделения Российской академии наук (ЦНБ УрО РАН) . <http://cnb.uran.ru>
7. ГКБУ «Пермская государственная ордена «Знак Почета» краевая универсальная библиотека им. А.М. Горького». <http://gorkilib.ru>.

### **Информационные справочные системы**

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс. <http://consultant.ru>

### **Оценочные средства**

Приведены в отдельном документе «Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов», утвержденном 24 сентября 2019 г.

