

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

«24» сентября 2019 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ»**  
(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 «Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами» 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 (25.00.20)», утверждённого «24» сентября 2019 г.

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

1. Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов.
2. Геомеханическое обеспечение освоения месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом.
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., с.н.с. Токсаров В.Н.

## Общие положения

### 1. Наименование дисциплины

Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами.

### 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 «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (25.00.20)». Дисциплина «Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами» 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:** углубление знаний о методах прогнозирования и управления геомеханическими процессами при освоении недр Земли; получение представлений о современном состоянии и путях развития методов контроля за изменением геомеханического состояния породного массива в процессе освоения недр, по средствам проведения инструментальных наблюдений за деформациями горных пород и земной поверхности; получение представлений об основных научно-технических проблемах управления деформационными и фильтрационными процессами по средствам приведения к взаимному соответствию параметров и порядка ведения горных работ с геомеханическим и газодинамическим состоянием массива.

#### **Задачи освоения дисциплины:**

- изучить характер развития геомеханических процессов при комплексном освоении недр;
- овладеть основами теории геомеханики;
- освоить современные методы прогнозирования, контроля и управления геомеханическими процессами.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины «Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами» 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:**

основные понятия геомеханики и особенности развития геомеханических процессов;

способы управления геомеханическими и газодинамическими процессами при ведении подземных горных работ.

#### **Уметь:**

оценивать взаимосвязи геомеханических процессов и методов ведения горных работ;

прогнозировать гидрогеологические условия и геодинамическую обстановку производства горных работ и их влияние на окружающую среду;

оценивать влияние свойств горных пород и состояния породного массива на выбор технологии и механизации разработки месторождений полезных ископаемых.

#### **Владеть:**

информацией о современных подходах к вопросам управления геомеханическими процессами в массивах пород;

методами расчёта параметров защитных мероприятий;

методами оценки геомеханического состояния породного массива;

методами контроля за напряженно-деформированным состоянием массива горных пород в области влияния горных работ.

#### 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. Экспериментальные методы исследования геомеханических процессов.
3. Геомеханическое обеспечение освоения месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом.
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 специальности по программе аспирантуры «Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (25.00.20)».

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

Таблица 1

Наименование темы (раздела) дисциплины	Лекции	Самостоятельная работа
1. Исследования геомеханических процессов в натуральных условиях	4	18
2. Физическое и математическое моделирование	2	8
3. Управление непосредственной кровлей в лавах	2	8
4. Способы химического укрепления горных пород	2	16
5. Управление геомеханическими процессами посредством обрушения	2	10
6. Поддержание подработанного массива на целиках	2	10
7. Управление состоянием массива при комбинированной разработке руд.	2	10
8. Геомеханические аспекты обеспечения безопасных условий совместной разработки калийных и нефтяных месторождений	2	8
Зачет по вопросам лекционного курса	2	
Итого	20	88
Всего по дисциплине	108	

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов
1	1	Исследования геомеханических процессов в природных условиях. Разработка наблюдательной станции. Конструкция реперов. Измерительное оборудование. Методики проведения измерений и обработки полученных данных. Оценка напряженного состояния породного массива. Анализ данных измерений. Визуальные наблюдения.	4
	2	Физическое и математическое моделирование. Основы теории подобия. Моделирования на эквивалентных материалах. методы и технические средства физического моделирования	2
2	3	Управление непосредственной кровлей в лавах. Устойчивость непосредственной кровли. Управление труднообрушаемой кровлей в лавах. Особенности управления кровлей в лавах при отработке угольных пластов на больших глубинах.	2
	4	Способы химического укрепления горных пород. Химические вещества для укрепления горных пород. Параметры нагнетания упрочняющих составов. Применение синтетических смол для повышения устойчивости пород в выработках.	2
	5	Управление геомеханическими процессами посредством обрушения. Факторы, определяющие характер сдвижения и обрушения пород. Последовательность обрушения пород. Шаг обрушения пород. Взаимосвязь обрушения пород с опорным давлением.	2
3	6	Поддержание подработанного массива на целиках. Взаимодействие целика с вмещающими породами. Напряженное состояние и несущая способность целика. Запас прочности целиков. Расчет целиков при наклонном и крутом залегании рудных тел. Расчет междуэтажных целиков. Искусственные способы поддержания выработанного пространства. Поддержание выработанного пространства магазинированной	2

		рудой. Закладка выработанного пространства. Поддержанием очистного пространства крепью.	
	7	Управление состоянием массива при комбинированной разработке руд. Расчет барьерных целиков. Определение зон влияния открытых и подземных выработок при комбинированной системе разработки месторождения. Основы механики горного массива при разработке свиты пластов.	2
	8	Геомеханические аспекты обеспечения безопасных условий совместной разработки калийных и нефтяных месторождений. Влияние совместной отработки нефтяных и калийных месторождений на напряженно-деформированное состояние недр.	2
		Итого:	18

## **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. Взаимосвязь геомеханических процессов с естественным состоянием массива и методами ведения горных работ.
2. Анализ современных подходов к вопросам управления геомеханическими процессами в массивах пород и перспективные направления их решения.
3. Природные факторы, определяющие геомеханическое состояние массивов горных пород.
4. Основные технические факторы, определяющие характер и параметры геомеханических процессов при проведении горных выработок.
5. Управление геомеханическими процессами при проведении капитальных выработок и строительстве подземных сооружений.
6. Особенности развития геомеханических процессов в массиве пород вокруг очистных выработок и выработанных пространств.

7. Управление геомеханическими процессами при системах с естественным поддержанием выработанного пространства.
8. Управление геомеханическими процессами при системах с закладкой выработанного пространства.
9. Управление геомеханическими процессами при системах с magazинированием полезного ископаемого.
10. Управление геомеханическими процессами при системах с креплением очистного пространства.
11. Управление геомеханическими процессами при системах с обрушением вмещающих пород.
12. Особенности управления геомеханическими процессами при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых.
13. Гидрогеомеханические явления при подработке водных объектов.
14. Управление геомеханическими процессами в условиях динамических проявлений горного давления.
15. Управление геомеханическими процессами с целью снижения вредного влияния горных работ на объекты и сооружения.
16. Наблюдения за сдвижением горных пород и земной поверхности. Расчет величин сдвижений и деформаций горных пород и земной поверхности.
17. Методы физического моделирования горных процессов.
18. Основные методы определения размеров устойчивых целиков и обнажений пород в очистных выработках.
19. Организация геомеханического мониторинга по контролю за состоянием массива и происходящими в нем деформационными процессами.

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1. Основная литература

Таблица 3

№ п/п О	Автор	Наименование	Изд-во	Год издания	Кол-во экземпляров
1.	Баклашов И.В.	Геомеханика: учебник для вузов. В 2-х т. т.1. Основы геомеханики. - М.: МГГУ, 2004. - 208 с.	МГГУ	2004	7
2.	Баклашов И.В.	Геомеханика: учебник для вузов. В 2-х т. т.2. Геомеханические процессы. - М.: МГГУ, 2004. - 249 с.	МГГУ	2004	9

### 6.2 Дополнительная литература

Таблица 4

3.	Шкуратник В.Л.	Измерения в физическом эксперименте: учебник для вузов. – М.: Академия горн. наук, 2000. – 256 с.	Академия горн. наук	2000	6
----	----------------	---	---------------------	------	---

### 6.3. Литература национальной электронной библиотеки

1. Геомеханика. Учебник для вузов. Том 1. Основы геомеханики / Баклашов И. В.. Издательство Московского государственного горного университета, Москва, 2005 г., 208 с. [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_002492846/](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002492846/)
2. Геомеханика. Учебник для вузов. Том 2. Геомеханические процессы/ Баклашов И. В., Борисов В.Н., Картозия Б.А., Шашенко А.Н. Издательство Московского государственного горного университета, Москва, 2004 г., 249 с. [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_002492843/](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002492843/)
3. Технология и комплексная механизация открытых горных работ. Гидромеханизированные и подводные горные работы / Ялтанец И. М. М. : Изд-во МГГУ «Мир горной книги». 2006. 220 стр. [https://rusneb.ru/catalog/000199\\_000009\\_002894109/](https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_002894109/)

### 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 5

<b>Наименование специальных помещений для работы аспирантов</b>	<b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>
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 ФПОГ, 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 канальный 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 канальный 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 Escorprobe-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 «ИАД-056», Хроматограф GC-2014ATTF, 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 нм до первых микрон; электроразведочная аппаратура АМС ИМ2470; регистрирующий модуль Tellus 3 channels (3 шт.) для исследований сейсмичности; Тахеометр Topcon 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. 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 от 14.08.2019	Безопасность данных
5	Практическое, Лекционное	Office Standard 2013 Russian OLP NL	93/14 от 16.12.2014	Работа с текстовыми

		Academic Edition		документами, презентациями и 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 «Методы прогнозирования и управления геомеханическими процессами», утвержденном 24 сентября 2019 г.

