

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 21.05.2026 17:29:31
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы»**

Инженерная академия

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ НЕДРОПОЛЬЗОВАНИЯ

(наименование дисциплины/модуля)

Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:

05.04.01 ГЕОЛОГИЯ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):

ГОРНОПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования» входит в программу магистратуры «Горнопромышленная геология» по направлению 05.04.01 «Геология» и изучается в 1 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Кафедра Вуза-Партнёра. Дисциплина состоит из 4 разделов и 30 тем и направлена на изучение современных подходов получения достаточной и достоверной инженерно-геологической информации на различных этапах освоения участка недр для обеспечения проектных и эксплуатационных работ.

Целью освоения дисциплины является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области современных методов изучения свойств горных пород и их массивов, а также применения полученных данных для принятия проектных решений и оптимизации технологических цепочек добычи и переработки минерального сырья, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы. являются: информации на различных этапах освоения участка недр; навыков обработки первичной инженерно-геологической информации;

- формирование умений построения инженерно-геологических моделей и их применения на различных этапах жизненного цикла горнодобывающего объекта.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-1	Способен использовать теоретические основы специальных и новых разделов геологических наук при решении задач профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Знает основы специальных и новых разделов геологических наук; ОПК-1.2 Умеет осуществлять выбор метода или методики решения задачи профессиональной деятельности; ОПК-1.3 Владеет навыками выбора метода или методики решения задачи профессиональной деятельности;
ПК-1	Способен осуществлять обработку геологических данных, выполнять построение моделей рудных тел с использованием современного программного обеспечения, решать задачи по управлению качеством и запасами полезных ископаемых, разрабатывать мероприятия по инженерно-геологическому изучению территории	ПК-1.2 Умеет применять методы обработки геологических данных, осуществлять построение моделей рудных тел, решать задачи по управлению качеством и запасами полезных ископаемых, разрабатывать мероприятия по инженерно-геологическому изучению территории;

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования».

Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-1	Способен использовать теоретические основы специальных и новых разделов геологических наук при решении задач профессиональной деятельности		Research Work (Mining Geology). Part 1; Research Work (Geological and Geophysical Survey). Part 1; Research Work (Mining Geology). Part 2; Research Work (Geological and Geophysical Survey). Part 2; Hydrogeology; Mining Hydrogeology; Geological and Geophysical Basics of Mineral Prospecting and Exploration;
ПК-1	Способен осуществлять обработку геологических данных, выполнять построение моделей рудных тел с использованием современного программного обеспечения, решать задачи по управлению качеством и запасами полезных ископаемых, разрабатывать мероприятия по инженерно-геологическому изучению территории		Geological and Geophysical Basics of Mineral Prospecting and Exploration; Digital Technologies in Geology; Modelling of Mineral Deposits; Pre-Graduation Practice; Research Work (Geological and Geophysical Survey). Part 1; Research Work (Mining Geology). Part 1; Research Work (Geological and Geophysical Survey). Part 2; Research Work (Mining Geology). Part 2;

* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования» составляет «7» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			1
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	144		144
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36		36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	252	252
	зач.ед.	7	7

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Основы инженерной геологии	1.1	инженерно-геологическая классификация горных пород	Введение в дисциплину. Цели и задачи инженерной геологии при освоении месторождений твердых полезных ископаемых. Понятие «горная порода» как объекта инженерно-геологических исследований. Принципы инженерно-геологической классификации горных пород. Классификации по генезису, минералогическому составу, характеру структурных связей, показателям физико-механических свойств. Обзор классификаций Ф.П. Саваренского, В.Д. Ломтадзе, Е.М. Сергеева. Значение классификации для выбора методов инженерно-геологических изысканий, расчета устойчивости бортов карьеров и подземных выработок, выбора технологии отработки.	ЛК, СЗ
		1.2	структурные связи в горных породах	Понятие о структурных связях как факторе, определяющем прочность и деформируемость горных пород. Классификация структурных связей по П.А. Ребиндеру: кристаллизационные (жесткие) — химические, ионные, ковалентные, металлические; конденсационные (фазовые); коагуляционные (водно-коллоидные) — слабые обратимые связи; цементационные (переходные). Роль структурных связей в формировании свойств скальных, полускальных, глинистых и раздельнозернистых пород. Влияние выветривания, водонасыщения и техногенных воздействий на характер и прочность структурных связей.	ЛК, СЗ
		1.3	скальные и полускальные горные породы: основные характеристики и особенности	Определение скальных и полускальных пород с инженерно-геологических позиций. Критерии выделения по пределу прочности на одноосное сжатие ($R_{сж}$). Минералого-петрографическая характеристика: магматические (интрузивные, эффузивные), метаморфические, осадочные сцементированные. Особенности скальных пород: высокие прочностные показатели, хрупкий характер разрушения, трещиноватость как ведущий фактор, определяющий устойчивость массива. Полускальные породы: аргиллиты, алевролиты, мергели, опоки, туфы, слабометаморфизованные	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				сланцы. Специфические свойства: размокаемость, размягчаемость, склонность к выветриванию, снижение прочности при водонасыщении. Учет особенностей скальных и полускальных пород при проектировании буровзрывных работ, проходке выработок и оценке устойчивости бортов карьеров.	
		1.4	глинистые породы: особенности и основные характеристики	Глинистые породы как наиболее сложный объект инженерно-геологических исследований. Минеральный состав глинистой фракции: глинистые минералы (каолинит, монтмориллонит, гидрослюды, смешанослойные образования). Физико-химическая природа свойств глинистых пород: гидрофильность, пластичность, набухание, усадка, липкость, тиксотропия. Консистенция глин и суглинков, пределы Аттерберга. Деформационное поведение глинистых пород: ползучесть, релаксация напряжений. Проблемы обеспечения устойчивости бортов карьеров и отвалов в глинистых породах (оползни скольжения, вязкопластическое течение). Особенности проходки подземных выработок в глинистых толщах (пучение, выдавливание, горное давление).	ЛК, СЗ
		1.5	раздельнозернистые породы: особенности и основные характеристики	Определение раздельнозернистых (несвязных) пород: пески, гравий, галечник, дресва, щебень. Отсутствие жестких структурных связей между частицами. Основные характеристики: гранулометрический состав, плотность сложения, пористость, коэффициент фильтрации. Угол естественного откоса в сухом и водонасыщенном состоянии. Явления пльвунности и суффозии. Особенности разработки раздельнозернистых пород: устойчивость откосов, водоотлив, защита от оплывания и размыва. Применение как строительного материала (балласт, заполнители бетонов, дорожное строительство).	ЛК, СЗ
		1.6	понятие «грунт»	Определение термина «грунт» в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ 25100-2020 «Грунты. Классификация»). Грунт как многокомпонентная система (твердая, жидкая, газообразная и биотическая составляющие). Отличие понятий «грунт» и «горная порода». Грунт как основание сооружений, среда для размещения подземных выработок и материал для возведения отвалов, дамб, насыпей.	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Роль грунтоведения в инженерно-геологическом обеспечении горных работ.	
		1.7	классификация грунтов	<p>Детальное изучение классификации грунтов по ГОСТ 25100-2020. Классы грунтов: скальные, дисперсные, мерзлые, техногенные. Группы, подгруппы, типы, виды и разновидности. Классификационные показатели: для скальных грунтов — предел прочности на одноосное сжатие, коэффициент размягчаемости, степень выветрелости; для дисперсных — гранулометрический состав, число пластичности, показатель текучести, коэффициент пористости, степень влажности. Практическое применение классификации при документации горных выработок, составлении инженерно-геологических разрезов и моделей.</p>	ЛК, СЗ
		1.8	техногенные грунты, сформированные на горных предприятиях	<p>Понятие о техногенных грунтах как результате инженерно-хозяйственной деятельности человека. Классификация техногенных грунтов: насыпные (отвалы вскрышных и вмещающих пород, дамбы хвостохранилищ), намывные (гидроотвалы), измененные in situ (уплотненные, закрепленные). Специфические свойства техногенных грунтов горных предприятий: неоднородность состава и сложения, склонность к самоуплотнению, возгоранию (породные отвалы угольных шахт), пылению, формированию кислых дренажных вод. Инженерно-геологические проблемы использования техногенных грунтов для рекультивации и строительства. Оценка устойчивости отвалов и дамб.</p>	ЛК, СЗ
		1.9	многолетнемерзлые грунты	<p>Распространение и условия залегания многолетнемерзлых пород (ММП) в районах горнодобывающей деятельности (Север, Арктика, высокогорье). Особенности состава и строения ММП: льдистость, криогенная текстура, наличие повторно-жильных льдов. Физико-механические свойства мерзлых грунтов: прочность на сжатие и растяжение, сжимаемость, реологические свойства. Принципы строительства и эксплуатации горных предприятий в криолитозоне: I принцип (сохранение мерзлого состояния) и II принцип (оттаивание с упрочнением или выемкой). Опасные криогенные процессы при ведении горных работ: термокарст,</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				пучение, наледеобразование, термоэрозия. Обеспечение устойчивости бортов карьеров и отвалов в условиях ММП.	
Раздел 2	Физические и механические свойства горных пород	2.1	классификация свойств горных пород	Систематизация свойств горных пород, изучаемых в инженерной геологии. Физические свойства (плотностные, влажностные, водно-физические, теплофизические). Механические свойства (прочностные, деформационные, реологические). Классификация методов определения свойств: лабораторные (на образцах) и полевые (в массиве). Прямые и косвенные методы. Статистический характер показателей свойств, необходимость оценки их изменчивости.	ЛК, СЗ
		2.2	физические свойства горных пород и отложений	Детальное изучение физических свойств, определяющих состояние и поведение пород. Плотностные свойства: плотность частиц, плотность породы в естественном сложении, плотность скелета, пористость, коэффициент пористости. Влажностные свойства: естественная влажность, гигроскопическая влажность, максимальная молекулярная влагоемкость, полная влагоемкость, степень влажности (коэффициент водонасыщения). Водно-физические свойства для глинистых пород: границы пластичности (верхний и нижний пределы текучести), число пластичности, показатель текучести, набухание, усадка, размокание. Фильтрационные свойства: коэффициент фильтрации, закон Дарси. Значение физических свойств для расчетов напряженно-деформированного состояния массива, устойчивости откосов, водопритоков.	ЛК, СЗ
		2.3	механические свойства горных пород	Изучение поведения горных пород под воздействием внешних нагрузок. Прочностные свойства: предел прочности на одноосное сжатие ($R_{сж}$), предел прочности на растяжение (R_p), сцепление (С), угол внутреннего трения (φ). Теория прочности Кулона-Мора. Паспорт прочности горной породы. Деформационные свойства: модуль общей деформации (E_0), модуль упругости (Е), коэффициент Пуассона (ν). Упругие, пластические и вязкие деформации. Компрессионные и штамповые испытания. Реологические свойства: ползучесть, релаксация напряжений, длительная прочность. Учет фактора времени при оценке	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				устойчивости горных выработок.	
		2.4	лабораторные и полевые методы определения свойств горных пород	Методика подготовки образцов к испытаниям включает отбор монолитов, их парафинирование для сохранения естественной влажности, транспортировку и хранение в условиях, исключающих нарушение структуры. Лабораторное оборудование представлено гидравлическими прессами для определения прочности на одноосное сжатие и растяжение, сдвиговыми приборами для определения параметров сопротивления сдвигу (сцепления и угла внутреннего трения), стабилόμεтрами для трехосных испытаний в условиях объемного напряженного состояния, компрессионными приборами для изучения сжимаемости грунтов. Определение физических свойств производится стандартными методами: метод режущего кольца для плотности, взвешивание в воде и парафинирование для плотности неоднородных образцов, высушивание до постоянной массы для влажности. Полевые методы включают штамповые испытания в шурфах и скважинах для определения модуля деформации, сдвига целиков породы для оценки сопротивления сдвигу в массиве, прессиометрию, дилатометрию, сейсмоакустические и ультразвуковые методы. Применение полевых методов особенно важно для скальных и полускальных пород, где масштабный эффект и трещиноватость массива не могут быть адекватно учтены при лабораторных испытаниях малых образцов.	ЛК, СЗ
		2.5	обработка результатов экспериментальных данных, оценка их достоверности	Экспериментальные данные о свойствах горных пород характеризуются значительной природной и техногенной изменчивостью, что требует применения статистических методов обработки. Основные этапы статистической обработки включают построение вариационных рядов и гистограмм распределения показателей, исключение грубых промахов (выбросов) с использованием критериев (критерий Стьюдента, критерий Ирвина), вычисление основных статистических характеристик — среднего арифметического значения, среднего квадратического отклонения, коэффициента вариации, асимметрии и эксцесса. Для оценки достоверности	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>средних значений рассчитывается доверительный интервал при заданной доверительной вероятности (обычно 0,85 или 0,95 в зависимости от класса ответственности сооружения). Определение необходимого и достаточного количества образцов для получения представительных данных основывается на коэффициенте вариации и требуемой точности. Корреляционный и регрессионный анализ применяется для установления эмпирических зависимостей между различными показателями свойств (например, между прочностью на сжатие и скоростью прохождения ультразвуковых волн, между пористостью и модулем деформации), что позволяет сократить объем дорогостоящих прямых испытаний. Оформление результатов в виде таблиц и паспортов свойств грунтов.</p>	
		2.6	паспорт прочности горных пород и его основные характеристики	<p>Паспорт прочности является фундаментальным документом, графически и аналитически обобщающим прочностные свойства горной породы в условиях различных напряженных состояний. Теоретической основой построения паспорта прочности служит теория прочности Кулона-Мора, согласно которой разрушение породы происходит при достижении касательными напряжениями на площадке скольжения предельного значения, зависящего от нормального напряжения. Паспорт прочности строится в координатах «касательное напряжение (τ) — нормальное напряжение (σ)». Он представляет собой огибающую предельных кругов Мора, полученных при испытании образцов в условиях различных напряженных состояний (одноосное сжатие, одноосное растяжение, сжатие с боковым обжатием в стабилометре). Основные характеристики, определяемые по паспорту прочности: сцепление (C) — отрезок, отсекаемый огибающей на оси ординат, характеризующий прочность структурных связей; угол внутреннего трения (φ) — угол наклона огибающей к оси абсцисс, отражающий трение между частицами или блоками породы; пределы прочности на одноосное сжатие ($R_{сж}$) и растяжение (R_p) — крайние точки пересечения огибающей с осью абсцисс. Для упрощенных</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>расчетов часто используется прямолинейная аппроксимация паспорта прочности, хотя для большинства скальных пород огибающая имеет криволинейный характер, особенно в области растягивающих напряжений. Паспорт прочности является исходным документом для расчетов устойчивости бортов карьеров, целиков, подземных выработок и отвалов.</p>	
		2.7	масштабный фактор при оценке свойств горных пород	<p>Масштабный фактор (масштабный эффект) отражает фундаментальную закономерность изменения показателей физико-механических свойств горных пород в зависимости от объема или линейных размеров рассматриваемой области массива. Сущность масштабного фактора заключается в том, что прочность и деформируемость, определенные на малых образцах в лаборатории, как правило, не соответствуют свойствам массива пород в целом. Основные причины проявления масштабного фактора включают структурную неоднородность массива (наличие трещин, слоистости, включений, даек, зон дробления), которая не может быть в полной мере представлена в малом образце; влияние напряженного состояния и истории нагружения массива; технологические нарушения при отборе, транспортировке и подготовке образцов. Установлено, что с увеличением рассматриваемого объема прочность массива, как правило, снижается, а деформируемость возрастает. Для количественного учета масштабного фактора используются переходные коэффициенты и эмпирические зависимости, связывающие лабораторные показатели со свойствами массива. Наиболее известна зависимость Хоека-Брауна, учитывающая степень трещиноватости и нарушенности породного массива через геологический индекс прочности GSI (Geological Strength Index). Практический учет масштабного фактора осуществляется путем введения коэффициента структурного ослабления (K_s), который представляет собой отношение прочности массива к прочности образца. Для различных типов пород и степени их трещиноватости K_s может изменяться от 0,1 до 0,8. Корректный учет масштабного фактора является обязательным условием при переходе от лабораторных данных</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				к инженерно-геологическим расчетам устойчивости крупных горнотехнических сооружений.	
		2.8	инженерно-геологические изыскания на различных стадиях освоения участка недр: обоснование точности и достоверности данных, периодичность измерения, современные способы получения данных	Инженерно-геологические изыскания проводятся в соответствии со стадийностью геологоразведочных работ и проектирования горного предприятия. На стадии предпроектных проработок и технико-экономического обоснования (ТЭО) выполняются рекогносцировочные изыскания, направленные на общую оценку инженерно-геологических условий района. Основной объем изысканий приходится на стадию проектной документации, когда детально изучаются физико-механические свойства пород, гидрогеологические условия, геодинамические процессы. На стадии эксплуатации выполняются дополнительные изыскания для уточнения параметров устойчивости уступов и бортов карьера, целиков и выработок. Точность и достоверность данных обеспечиваются соблюдением требований нормативных документов (СП 47.13330, СП 11-105-97), достаточным объемом полевых и лабораторных исследований, применением аттестованных методик и поверенного оборудования. Периодичность измерений определяется стадией работ и изменчивостью свойств: при разведке — единовременное определение для подсчета запасов; при эксплуатации — мониторинг с частотой, зависящей от скорости подвигания горных работ и выявленных опасных процессов. Современные способы получения данных включают применение цифровых технологий: лазерное сканирование (LiDAR) для оперативного получения трехмерных моделей обнажений и уступов, цифровая фотограмметрия с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для документирования трещиноватости и мониторинга деформаций, георадарные (GPR) и сейсмотомографические исследования для изучения внутренней структуры массива, автоматизированные системы геомеханического мониторинга (радары, экстензометры, инклинометры) с передачей данных в режиме реального времени.	ЛК, СЗ
		2.9	инженерно-геологический мониторинг на	Инженерно-геологический мониторинг представляет собой	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			горных предприятиях	<p>комплексную систему непрерывных или периодических наблюдений за состоянием и поведением геологической среды в зоне влияния горных работ, включающую сбор, обработку, анализ данных и прогнозирование изменений. Основными объектами мониторинга являются массив горных пород в прибортовой зоне карьера и вокруг подземных выработок, отвалы вскрышных пород и хвостохранилища, гидродинамический режим подземных и поверхностных вод, деформации земной поверхности. Мониторинг включает визуальные наблюдения (осмотры уступов, выявление свежих трещин, проявлений оползневых подвижек, фильтрационных выходов) и инструментальные измерения с применением геодезических методов (тахеометрия, GPS/ГЛОНАСС-наблюдения за реперами), глубинных измерений (инклинометрия, экстензометрия), геофизических методов (сейсмоакустический контроль, электрометрия), гидрогеологических наблюдений (режимная сеть скважин). Важнейшим элементом современного мониторинга является применение радарных систем (GroundProbe, IBIS), позволяющих в реальном времени отслеживать подвижки бортов карьера с субмиллиметровой точностью. Данные мониторинга являются основой для своевременного выявления опасных тенденций, принятия превентивных мер (выполаживание откосов, установка анкерного крепления, изменение схемы водоотлива) и обеспечения безопасности горных работ. Результаты мониторинга документируются в виде журналов, отчетов и трехмерных моделей, отражающих динамику развития деформационных процессов.</p>	
Раздел 3	Инженерная геодинамика	3.1	общая характеристика горно-геологических процессов	<p>Горно-геологические процессы представляют собой совокупность природных и техногенно-природных геологических явлений, возникающих или активизирующихся в результате ведения горных работ и оказывающих негативное влияние на безопасность и эффективность разработки месторождений. Отличительной особенностью горно-геологических процессов является их инженерная природа, то есть прямая или косвенная связь с техногенным воздействием</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>на геологическую среду. Классификация горно-геологических процессов включает гравитационные процессы (оползни, обрушения, осыпи, оплывины), гидродинамические и гидрогеохимические процессы (прорывы воды и пльвунов, карстово-суффозионные процессы, формирование кислых шахтных вод), деформационные процессы в массиве (сдвигение горных пород, горные удары, стреляние пород, пучение), процессы, связанные с изменением термодинамических условий (оттаивание многолетнемерзлых пород, эндогенные пожары). Факторами, определяющими развитие горно-геологических процессов, являются геологическое строение и структурно-тектонические особенности массива, физико-механические свойства пород, гидрогеологические условия, климатические и геокриологические факторы, а также технологические параметры горных работ (глубина и геометрия выработок, способ и интенсивность отработки). Изучение горно-геологических процессов направлено на прогнозирование их развития, разработку защитных мероприятий и обеспечение безопасных условий недропользования.</p>	
		3.2	гравитационные процессы при открытой разработке месторождений полезных ископаемых	<p>Открытый способ разработки сопровождается формированием значительных по высоте и протяженности откосных сооружений (уступы, борта карьеров, отвалы), что создает предпосылки для развития разнообразных гравитационных процессов. Основными видами гравитационных деформаций в карьерах являются оползни скольжения по четко выраженным поверхностям ослабления (контактам слоев, тектоническим трещинам, зонам дробления); оползни вращения (оползни-обрушения) в однородных глинистых и суглинистых толщах; обрушения скальных блоков по крутопадающим трещинам отрыва; осыпи и вывалы отдельных обломков с поверхности уступов; оплывины и спльвы водонасыщенных глинистых и песчано-глинистых отложений; вязкопластическое течение глинистых пород, проявляющееся в виде выдавливания и медленного смещения откоса без образования четкой поверхности скольжения. Особую опасность представляют</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>оползни-потоки (селеподобные), формирующиеся при переувлажнении техногенных грунтов отвалов и хвостохранилищ. Причинами активизации гравитационных процессов являются увеличение высоты и крутизны откосов при углублении карьера, подрезка наклонных поверхностей ослабления, изменение напряженного состояния массива, снижение прочностных свойств пород при выветривании и водонасыщении, гидродинамическое давление фильтрационного потока, динамические нагрузки от массовых взрывов и работы горнотранспортного оборудования. Прогнозирование и управление гравитационными процессами является ключевой задачей инженерно-геологического обеспечения открытых горных работ.</p>	
		3.3	методы оценки устойчивости откосных сооружений	<p>Оценка устойчивости откосов уступов и бортов карьеров, отвалов и дамб хвостохранилищ выполняется на основе анализа соотношения сдвигающих и удерживающих сил, действующих на потенциальную призму обрушения. Расчетные методы подразделяются на аналитические (методы предельного равновесия), численные и вероятностные. Методы предельного равновесия основаны на решении уравнений статики для призмы обрушения и определении коэффициента запаса устойчивости ($K_{зу}$) как отношения удерживающих сил к сдвигающим. Наиболее распространены методы круглоцилиндрических поверхностей скольжения (метод Терцаги, метод Крея) для однородных массивов, методы плоских поверхностей скольжения для слоистых и трещиноватых пород (метод алгебраического сложения сил), методы ломаных поверхностей скольжения (метод многоугольника сил). Для сложных геологических условий применяются численные методы (метод конечных элементов, метод конечных разностей, метод дискретных элементов), реализованные в специализированных программных комплексах (Slide, Phase2, FLAC, UDEC). Вероятностные методы оценки устойчивости учитывают статистическую изменчивость свойств пород и позволяют оценить риск возникновения деформаций. Критические значения</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				коэффициента запаса устойчивости регламентируются нормативными документами и зависят от класса ответственности сооружения и стадии проектирования (обычно от 1,2 до 1,5). Результатом расчетов является обоснование оптимальных параметров откосов (высота, угол наклона, ширина берм безопасности) и необходимость инженерных мероприятий по повышению устойчивости.	
		3.4	горно-геологические процессы при подземном способе освоения недр	Подземная разработка месторождений вызывает сложный комплекс геомеханических процессов в массиве горных пород, обусловленный образованием полостей различной формы и размеров. Основными процессами являются сдвигание горных пород и земной поверхности, проявляющееся в виде мульды сдвига, провалов, образования зон обрушения и трещин; горное давление, выражающееся в деформировании и разрушении пород в окрестности выработок; горные удары — внезапное хрупкое разрушение краевых частей массива с выбросом породы в выработку, характерное для глубоких горизонтов и крепких хрупких пород; пучение пород почвы, связанное с пластическим выдавливанием глинистых пород или растрескиванием скальных пород под действием высоких напряжений; отжим угля или руды, проявляющийся в высыпании или выдавливании полезного ископаемого в очистное пространство; прорывы воды и пльвунов, газа. Интенсивность и характер проявления горно-геологических процессов зависят от глубины разработки, физико-механических свойств пород, тектонической нарушенности массива, формы и размеров поперечного сечения выработок, системы разработки и способа управления горным давлением. Прогнозирование этих процессов и обоснование мер защиты (крепление выработок, оставление целиков, закладка выработанного пространства, дегазация) являются неотъемлемой частью инженерно-геологического обеспечения подземных горных работ.	ЛК, СЗ
		3.5	горно-геологические явления при использовании физико-химической геотехнологии	Физико-химическая геотехнология (подземное выщелачивание, скважинная гидродобыча, подземная выплавка) характеризуется специфическими горно-геологическими	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>явлениями, обусловленными изменением состава, состояния и свойств пород в результате закачки технологических растворов. При подземном выщелачивании металлов (урана, меди, золота) происходит растворение и вынос рудных и породообразующих минералов, что приводит к увеличению пористости и проницаемости продуктивного горизонта, но одновременно может вызывать локальные просадки и оседания поверхности над отработанными блоками. Кольматация порового пространства продуктами химических реакций (гидроксиды железа, гипс, глинистые частицы) снижает проницаемость и эффективность процесса выщелачивания. Растекание технологических растворов за пределы рудной залежи представляет серьезную геологическую проблему, требующую создания гидродинамических барьеров. При скважинной гидродобыче рыхлых и слабосцементированных руд размыв и гидротранспорт пород к скважине сопровождается формированием камер, неконтролируемое развитие которых может привести к внезапным обрушениям покрывающей толщи и провалам на поверхности. Изменение температурного режима при подземной выплавке серы или битумов вызывает термодформации и изменение свойств вмещающих пород. Инженерно-геологическое обеспечение геотехнологических методов включает контроль за развитием камер и зон обрушения, мониторинг деформаций поверхности, контроль распространения технологических растворов в водоносных горизонтах.</p>	
		3.6	проектирование мероприятий по защите горных выработок от негативных явлений	<p>Защита горных выработок от опасных горно-геологических процессов базируется на результатах инженерно-геологических изысканий, прогнозных расчетах и данных мониторинга. Мероприятия подразделяются на профилактические (предупреждающие развитие процессов) и активные (противодействующие уже развивающимся процессам). Для обеспечения устойчивости бортов карьеров применяются следующие меры: выколаживание откосов до безопасных углов; оставление предохранительных берм; срезка неустойчивых массивов; укрепление поверхности откосов</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>торкрет-бетоном, набрызг-бетоном, сетками; установка анкерной крепи глубокого заложения; организация водоотвода (нагорные канавы, дренажные скважины, подземные дренажные галереи). При подземной разработке для управления горным давлением и предотвращения обрушений используется крепление выработок (анкерная, арочная, тубинговая крепь), выбор рациональной формы поперечного сечения, опережающее упрочнение пород (цементация, химическое закрепление, замораживание), оставление целиков, закладка выработанного пространства. Для предотвращения горных ударов на глубоких горизонтах применяется разгрузка массива путем бурения разгрузочных скважин, камуфлетное взрывание, изменение порядка отработки. Защита от водопритоков и прорывов воды включает предварительное осушение водоносных горизонтов, создание противодиффузионных завес, тампонаж трещиноватых зон, оборудование водоотливных установок необходимой производительности. Выбор конкретных мероприятий осуществляется на основе технико-экономического сравнения вариантов и оценки рисков.</p>	
		3.7	<p>влияние сейсмических условий территории на ведение горных работ</p>	<p>Сейсмичность территории оказывает существенное влияние на устойчивость горных выработок и безопасность ведения горных работ. Природные землетрясения вызывают дополнительные динамические нагрузки на массив пород, которые могут спровоцировать обрушения уступов и бортов карьеров, потерю устойчивости подземных выработок, разжижение водонасыщенных песчаных грунтов в основании отвалов и хвостохранилищ. Инженерно-геологическая оценка сейсмической опасности включает определение фоновой сейсмичности района по картам общего сейсмического районирования (ОСР), уточнение сейсмичности площадки строительства горного предприятия методом сейсмического микрорайонирования с учетом грунтовых условий, расчет приращения балльности за счет резонансных явлений в рыхлых толщах, оценку вероятности возникновения сейсмогравитационных и сейсмодислокационных явлений</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				(оползни, обвалы, разжижение грунтов). Особое значение имеет техногенная сейсмичность, вызываемая массовыми взрывами на карьерах. Мощные взрывы генерируют сейсмические волны, которые могут вызывать повреждения зданий и сооружений горного предприятия и прилегающих населенных пунктов, а также активизировать оползневые процессы. Расчет сейсмического эффекта взрыва и определение безопасных расстояний производится на основе эквивалентной энергии взрыва и закона затухания сейсмических волн в конкретных инженерно-геологических условиях. При проектировании горных предприятий в сейсмически активных районах в расчеты устойчивости откосов вводится сейсмический коэффициент, учитывающий дополнительные инерционные силы, а параметры откосов корректируются в сторону выполаживания.	
Раздел 4	Построение инженерно-геологических моделей массивов горных пород	4.1	понятие инженерно-геологической модели	Инженерно-геологическая модель (ИГМ) представляет собой формализованное описание геологической среды, содержащее систематизированную информацию о составе, строении, состоянии и свойствах массива горных пород, необходимую и достаточную для решения конкретных инженерных задач при проектировании, строительстве и эксплуатации горного предприятия. ИГМ является результатом синтеза данных, полученных при геологической съемке, геологоразведочных работах, гидрогеологических и инженерно-геологических изысканиях, геофизических исследованиях и режимных наблюдениях. Основными компонентами ИГМ являются структурно-геологическая основа (границы инженерно-геологических элементов, тектонические нарушения, зоны выветривания), гидрогеологическая составляющая (положение уровней подземных вод, фильтрационные параметры, химический состав), физико-механические свойства пород (нормативные и расчетные значения), напряженно-деформированное состояние массива, проявления геодинамических процессов. ИГМ подразделяются по назначению (для оценки устойчивости бортов карьера, для расчета водопритоков, для прогноза сдвижения горных пород),	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				по стадийности (на этапе разведки, проектирования, эксплуатации), по размерности (одномерные, двумерные и трехмерные). Современные ИГМ создаются в цифровом формате с использованием горно-геологических информационных систем, что обеспечивает возможность их оперативной актуализации по мере поступления новых данных.	
		4.2	построение 2D моделей	Двумерные инженерно-геологические модели представляют собой вертикальные разрезы или горизонтальные сечения массива, на которых отображаются границы инженерно-геологических элементов, разрывные нарушения, контуры горных выработок, положение уровней подземных вод и другие значимые характеристики. Построение 2D модели начинается с создания геологического разреза на основе данных буровых скважин, горных выработок и геофизических профилей. Инженерно-геологические элементы (ИГЭ) выделяются с учетом литологического состава, степени трещиноватости и выветрелости, прочностных и деформационных свойств пород. Для каждого ИГЭ назначаются расчетные значения физико-механических свойств, полученные в результате статистической обработки лабораторных и полевых испытаний. На разрезе отображается положение депрессионной поверхности подземных вод, рассчитанное по данным гидрогеологических наблюдений или моделирования. В контур карьера или подземной выработки выносятся результаты расчетов устойчивости откосов, зоны возможного обрушения или сдвижения. 2D модели широко применяются на стадии технико-экономического обоснования и для предварительной оценки устойчивости бортов карьеров по характерным профилям. Они позволяют оперативно анализировать влияние изменения геометрии горных выработок или водопонижения на устойчивость массива. Основным ограничением 2D моделей является невозможность учета пространственного перераспределения напряжений и деформаций, что требует перехода к трехмерному моделированию для ответственных объектов.	ЛК, СЗ
		4.3	построение 3D моделей с применением	Трехмерное инженерно-геологическое моделирование является	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
			современных горно-геологических информационных систем	современным стандартом при обосновании параметров разработки сложноструктурных месторождений, проектировании глубоких карьеров и подземных рудников. Построение 3D модели начинается с создания цифровой модели рельефа (ЦМР) и каркасных моделей инженерно-геологических элементов на основе интерпретации данных бурения и геофизических исследований. В специализированных горно-геологических информационных системах (Micromine, Surpac, Datamine, Leapfrog) производится интерполяция границ выделенных элементов с использованием методов кригинга, обратных взвешенных расстояний или триангуляции. Важнейшим этапом является создание блочной модели массива, в которой каждый элементарный блок (ячейка) содержит информацию о литологическом типе пород, степени трещиноватости, значениях прочностных и деформационных характеристик, фильтрационных параметрах. В 3D модель интегрируется гидрогеологическая информация, позволяющая рассчитывать пространственное распределение напоров и фильтрационных потоков. Современные ГГИС позволяют визуализировать модель в виде объемных изображений, производить произвольные сечения, выполнять расчеты объемов вскрышных пород и руды, оконтуривать зоны с неблагоприятными инженерно-геологическими условиями. Трехмерная модель служит основой для передачи данных в специализированные геомеханические программные комплексы (FLAC3D, RS3, Abaqus), в которых выполняется численное моделирование напряженно-деформированного состояния массива и оценка устойчивости горных выработок с учетом реальной геометрии и свойств пород.	
		4.4	блочные инженерно-геологические модели	Блочная модель является специфическим типом трехмерной инженерно-геологической модели, в которой массив горных пород разделен на элементарные объемные блоки (воксели) правильной геометрической формы, каждому из которых присвоен набор атрибутивных данных о составе, состоянии и свойствах пород. Размер блоков выбирается исходя из масштаба решаемой задачи, плотности разведочной сети и	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>требуемой точности расчетов. Для крупных карьеров типичный размер блока составляет от 5х5х5 до 20х20х20 метров, для детального моделирования прибортовой зоны может уменьшаться до 1-2 метров. Основное преимущество блочной модели заключается в возможности проведения объемных расчетов (подсчет запасов, определение объемов вскрыши, оценка распределения содержаний полезного компонента) одновременно с инженерно-геологической оценкой условий разработки. Атрибутивная информация блочной модели включает литологический код, плотность пород, предел прочности на сжатие, сцепление, угол внутреннего трения, модуль деформации, коэффициент фильтрации, категорию пород по устойчивости и буримости. Заполнение атрибутов производится методами интерполяции данных точечных определений (скважины, расчистки, лабораторные испытания) на весь объем модели. Блочная модель является динамической, она может дополняться и корректироваться по мере поступления новых данных эксплуатационной разведки и мониторинга, что обеспечивает возможность оперативного пересчета устойчивости уступов и корректировки параметров откосов при изменении горно-геологической ситуации.</p>	
		4.5	<p>особенности интерпретации физико-механических свойств в инженерно-геологических моделях</p>	<p>Корректное назначение расчетных значений физико-механических свойств пород является ключевым фактором достоверности инженерно-геологических моделей и основанных на них прогнозных расчетов. Исходными данными служат результаты лабораторных испытаний образцов и полевых методов, которые подлежат статистической обработке для каждого инженерно-геологического элемента. Определяются нормативные значения показателей (средние арифметические) и расчетные значения, получаемые делением нормативных на коэффициент надежности по грунту, зависящий от изменчивости свойства и класса ответственности сооружения. При переходе от свойств образца к свойствам массива обязателен учет масштабного фактора путем введения коэффициента структурного ослабления. Для скальных и полускальных пород критически важна оценка трещиноватости</p>	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				<p>массива, которая производится по данным документирования обнажений, керн скважин и геофизических исследований. Количественные показатели трещиноватости (модуль трещиноватости, показатель качества породы RQD, рейтинговые классификации RMR и GSI) используются для редукции лабораторных показателей прочности и деформируемости с использованием эмпирических зависимостей (критерий Хоека-Брауна). При интерпретации свойств глинистых пород учитывается их консистенция, определяемая по показателю текучести и зависящая от естественной влажности. Для раздельнозернистых пород ключевым параметром является плотность сложения, определяемая по коэффициенту пористости или данным статического зондирования. Важным аспектом является пространственная интерполяция свойств, которая должна выполняться с учетом геологического строения и закономерностей изменения свойств в пределах выделенных инженерно-геологических элементов. Верификация модели производится путем сопоставления прогнозных расчетов с данными инструментальных наблюдений за деформациями откосов и водопритоками на этапе эксплуатации.</p>	

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/семинарские занятия.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:

1. Marjoribanks, Roger. "Geological Methods in Mineral Exploration and Mining". Springer, 2010 г - <https://www.geokniga.org/books/22451>
2. Moon, Charles J., Whateley, Michael K.G., and Evans, Anthony M. "Introduction to Mineral Exploration". Wiley-Blackwell, 2012 - <https://www.geokniga.org/books/22422>
3. Gangopadhyay S. "Engineering geology". Oxford university press, 2013 г - <https://www.geokniga.org/books/23310>

Дополнительная литература:

1. Bell F.G. "Engineering geology". Elsevier, 2007 г - <https://www.geokniga.org/books/8578>
2. J. Wasowski, Daniele Giordan, Piernicola Lollino. "Engineering Geology and Geological Engineering for Sustainable Use of the Earth's Resources". Springer, 2017 - <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-61648-3>
3. Paola Gattinoni, Enrico Maria Pizzarotti, Laura Scesi. "Engineering Geology for Underground Works". Springer Dordrecht

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>
- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>
- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>
- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru
- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации
<http://docs.cntd.ru/>
- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>
- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS

<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля:*

1. Курс лекций по дисциплине «Инженерно-геологическое обеспечение недропользования».

* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор ОГ ИШПР ТПУ

Должность, БУП

Подпись

Гусева Наталья
Владимировна

Фамилия И.О.

Научный сотрудник ОГ ИШПР
ТПУ

Должность, БУП

Подпись

Пургина Дарья
Валерьевна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Заведующий кафедрой
недропользования и
нефтегазового дела

Должность, БУП

Подпись

Котельников Александр
Евгеньевич

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Заведующий кафедрой
недропользования и
нефтегазового дела

Должность, БУП

Подпись

Котельников Александр
Евгеньевич

Фамилия И.О.