Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра горного дела

Рабочая программа дисциплины (модуля)

ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Специальность и специализация
21.05.04 Горное дело. Горное дело

Год набора на ОПОП
2024

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Основы физико-химической геотехнологии» составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело (утв. приказом Минобрнауки России от 12.08.2020г. №987) и Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утв. приказом Минобрнауки России от 06.04.2021 г. N245).

Составитель(и):

Васянович Ю.А., доктор технических наук, профессор, Кафедра горного дела, Y.Vasyanovich@vvsu.ru

Свинцов Н.Ю., старший преподаватель, Кафедра горного дела

Утверждена на заседании кафедры горного дела от 22.04.2026, протокол № 8

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой (разработчика)

Кузнецов П.А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат	1576663924
Номер транзакции	0000000000F03944
Владелец	Кузнецов П.А.

1 Цель, планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

Целью освоения дисциплины «Основы физико-химической геотехнологии» является получение современных знаний по базовым принципам, производственным процессам, технологическим схемам и методам воздействия на массив при строительстве и разработке месторождений полезных ископаемых геотехнологическими методами, основанными на физико-химических принципах воздействия на горный массив, обеспечивающими безопасное, ресурсосберегающее, экономически эффективное освоение месторождений полезных ископаемых.

Задачи освоения дисциплины:

- изучить возможные направления применения физико-химических технологий исходя из свойств горных пород и полезных ископаемых как объектов воздействия;
- изучить основные технологические схемы горных производств, основанных на применении методов физико-химической геотехнологии;
- ;• изучить опыт использования и знать основные подходы к применению физико-химической технологии с позиций обоснования экономически перспективных технологий добычи, ресурсосбережения, расширения линейки выпускаемой продукции, диверсификации горных производств;
- получить навыки расчета, обоснования и проектирования производственных процессов и технологических схем геотехнологии.

Планируемыми результатами обучения по дисциплине (модулю), являются знания, умения, навыки. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы, представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, формируемые в результате изучения дисциплины (модуля)

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине		
			Код результата	Формулировка результата	
21.05.04 «Горное дело» (ГД)	ПКВ-2 : Способен разрабатывать технологии и процессы переработки строительных горных пород и обработки блочного камня, осуществлять техническое руководство горными работами на карьерах строительных горных пород	ПКВ-2.1к : Применяет методы и осуществляет выбор параметров буровзрывных работ на карьерах строительных горных пород	РД1	Знание	Применяет методы и осуществляет выбор параметров буровзрывных работ на карьерах строительных горных пород;
		ПКВ-2.2к : Использует методику расчета производительности для определения потребности в горном и транспортном оборудовании	РД2	Умение	Использует методику расчета производительности и определяет потребность в горном и транспортном оборудовании
		ПКВ-2.3к : Обосновывает параметры схем выполнения работ по выемке и погрузке, транспортированию	РД3	Навык	Обосновывает параметры схем выполнения работ по выемке и погрузке, транспортированию и складированию горных пород

		и складированию горных пород			

2 Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП

Дисциплина «Основы физико-химической геотехнологии» входит в элективную часть учебного плана специальности 21.05.04 Горное дело и проводится на 6 курсе.

3. Объем дисциплины (модуля)

Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу с обучающимися (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу, приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины

Название ОПОП ВО	Форма обуче-ния	Часть УП	Семестр (ОФО) или курс (ЗФО, ОЗФО)	Трудо-емкость	Объем контактной работы (час)						СРС	Форма аттес-тации
				(З.Е.)	Всего	Аудиторная			Внеауди-торная			
						лек.	прак.	лаб.	ПА	КСР		
21.05.04 Горное дело	ОФО	С1.В	10	3	55	36	18	0	1	0	53	З

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

4.1 Структура дисциплины (модуля) для ОФО

Тематический план, отражающий содержание дисциплины (перечень разделов и тем), структурированное по видам учебных занятий с указанием их объемов в соответствии с учебным планом, приведен в таблице 3.1

Таблица 3.1 – Разделы дисциплины (модуля), виды учебной деятельности и формы текущего контроля для ОФО

№	Название темы	Код ре-зультата обучения	Кол-во часов, отведенное на				Форма текущего контроля
			Лек	Практ	Лаб	СРС	
1	Введение. Цель и задачи курса. Общие сведения о физико-химической геотехнологии	РД1, РД2, РД3	4	4	0	6	Устный опрос. Тестирование
2	Классификация геотехнологических способов разработки. Физико-геологические технологии	РД1, РД2, РД3	6	6	0	7	Устный опрос. Тестирование
3	Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания	РД1, РД2, РД3	4	4	0	8	Устный опрос. Тестирование
4	Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения	РД1, РД2, РД3	6	6	0	8	Устный опрос. Тестирование
5	Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии	РД1, РД2, РД3	4	4	0	8	Устный опрос. Тестирование

6	Средства добычи и управления. Оборудование предприятий и скважин	РД1, РД2, РД3	6	6	0	8	Устный опрос. Тестирование
7	Технологические схемы физико-химической геотехнологии	РД1, РД2, РД3	6	6	0	8	Устный опрос. Тестирование
Итого по таблице			**36**	**36**	**0**	**53**	

4.2 Содержание разделов и тем дисциплины (модуля) для ОФО

Тема 1 Введение. Цель и задачи курса. Общие сведения о физико-химической геотехнологии.

Содержание темы: История вопроса. Роль русских (и зарубежных) ученых в создании, развитии и совершенствовании геотехнологических методов (физико-химических) добычи полезных ископаемых. Связь геотехнологии с другими науками и учебными дисциплинами. Три основных направления в изучении ФХГ.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции и практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

Тема 2 Классификация геотехнологических способов разработки. Физико-геологические технологии.

Содержание темы: Классификация геотехнологических способов разработки полезных ископаемых по процессам добычи. Основные направления развития геотехнологических способов добычи. Физико-геологические основы геотехнологии. Горная среда, горная порода, полезные ископаемые и их свойства. Физико-геологические факторы, определяющие эффективность отработки месторождения ФХМГ. Требования, предъявляемые к физико-геологической обстановке. Исследование месторождений при их подготовке к отработке геотехнологическими методами. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции и практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

Тема 3 Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания.

Содержание темы: Химия геотехнологических процессов. Процесс растворения. Процесс выщелачивания. Процесс выгазования угля.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции и практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

Тема 4 Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения.

Содержание темы: Термохимические процессы. Тепловые процессы, процесс гидравлического разрушения. Электрофизические процессы. Процессы, определяющие движение рабочих агентов и продуктивных флюидов. Процессы сдвижения и гидроразрыва. Процесс подъема полезного ископаемого на поверхность.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции и практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

Тема 5 Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии.

Содержание темы: Продукты физико-химической геотехнологии. Пульпы скважинной гидродобычи. Рассолы. Расплавы. Продуктивные растворы выщелачивания. Переработка продуктивных растворов. Химическое осаждение металлов. Сгущение и фильтрование. Коагуляция и флокуляция. Флотация осадков.

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции и практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

Тема 6 Средства добычи и управления. Оборудование предприятий и скважин.

Содержание темы: Оборудование предприятий. Оборудование добычных скважин. Оборудование и инструмент для ремонта скважин. Управление и контроль процесса добычи. Вскрытие и подготовка месторождений. Требования к вскрытию месторождения. Факторы, влияющие на схему и способ вскрытия. Вскрытие месторождения скважинами. Конструкция скважин. Бурение и крепление скважин. Буровое оборудование. Гидравлическая система скважина-пласт. Исследования на скважинах и их документация. Системы разработки. Классификация систем разработки. Выбор системы разработки месторождения. Порядок ввода скважин в эксплуатацию. Потери и разубоживание полезного ископаемого. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

Тема 7 Технологические схемы физико-химической геотехнологии.

Содержание темы: Подземное растворение солей. Подземное сжигание серы. Основные понятия и технология растворения. Подземная выплавка серы. Подземная газификация угля: основные понятия и технология ПГУ; факторы, влияющие на процесс подземной газификации; реакции газообразования в канале, зональность процесса газообразования; особенности поведения угольного массива при выгазовывании угольного пласта; особенности гидрогеологии, баланс влаги, участвующей в процессе газифика-ции; подземная газификация и перегонка сланцев. Скважинная гидродобыча. Оборудование для СГД, параметры разработки полезных ископаемых. Скважинная гидротехнология: основные понятия и представления; общая технологическая схема СГД; физико-геологические факторы, определяющие параметры технологии; оборудование скважинной гидродобычи; технико-экономические показатели способа СГД. .

Формы и методы проведения занятий по теме, применяемые образовательные технологии: Лекции и практические работы. Интерактивные технологии.

Виды самостоятельной подготовки студентов по теме: Подготовка к практическим занятиям; Самостоятельное изучение отдельных тем и вопросов; Выполнение контрольной работы; Подготовка к промежуточной аттестации.

5 Методические указания для обучающихся по изучению и реализации дисциплины (модуля)

5.1 Методические рекомендации обучающимся по изучению дисциплины и по обеспечению самостоятельной работы

5.2 Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов (по заявлению обучающегося) предоставляется учебная информация в доступных формах с учетом их индивидуальных психофизических особенностей:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания, консультации и др.
- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; индивидуальные задания, консультации и др.

6 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ФГОС ВО для аттестации обучающихся на соответствие их персональных достижений планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю) созданы фонды оценочных средств. Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 1.

7 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Лопанов, А. Н. Физико-химические основы теории горения и взрыва : учебное пособие / А. Н. Лопанов. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 232 с. - ISBN 978-5-9729-1552-1. - Текст : электронный. - URL: https://znanium.ru/catalog/product/2171842 (Дата обращения - 22.01.2026)

2. Физико-химическая механика разрушения материалов. Охрупчивание, зарождение и развитие трещин : учебное пособие : [16+]. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 168 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=726317 (дата обращения: 19.01.2026). – ISBN 978-5-9729-2374-8. – Текст : электронный.

7.2 Дополнительная литература

1. Столбикова, Г. Е. Строительная геотехнология: методические указания : методические указания / Г. Е. Столбикова, А. В. Купорова. — Тверь : ТвГТУ, 2025. — 24 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL:

https://e.lanbook.com/book/510730 (дата обращения: 20.01.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Урбаев Д.А., Вохмин С.А. Оценка риска подземной геотехнологии сложных жильных месторождений : Монография [Электронный ресурс] : Сибирский федеральный университет , 2020 - 144 - Режим доступа: https://znanium.com/catalog/document?id=380233

7.3 Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы (при необходимости):

1. Электронная библиотечная система ZNANIUM.COM - Режим доступа: https://znanium.com/
2. Электронно-библиотечная система "ZNANIUM.COM"
3. Электронно-библиотечная система "ЛАНЬ"
4. Электронно-библиотечная система "УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН"
5. Open Academic Journals Index (OAJI). Профессиональная база данных - Режим доступа: http://oaji.net/
6. Президентская библиотека им. Б.Н.Ельцина (база данных различных профессиональных областей) - Режим доступа: https://www.prlib.ru/
7. Информационно-справочная система "Консультант Плюс" - Режим доступа: http://www.consultant.ru/

8 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

Основное оборудование:

- Мультимедийный комплект:Проектор CASIO XJ-V2/Потолоч крепление Kromax Projector, настен розетка HDMI, экран Lumien, EcoPicture, кабель №1 и №2
- Мультимедийный проектор №1 Casio XJ-210FN

Программное обеспечение:

- Adobe Reader
- Microsoft Office 2007 Applications

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владивостокский государственный университет»
Кафедра горного дела

Фонд оценочных средств
для проведения текущего контроля
и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

Специальность и специализация
21.05.04 Горное дело. Горное дело

Год набора на ОПОП
2024

Форма обучения
очная

Владивосток 2026

1 Перечень формируемых компетенций

Название ОПОП ВО, сокращенное	Код и формулировка компетенции	Код и формулировка индикатора достижения компетенции
21.05.04 «Горное дело» (ГД)	ПКВ-2 : Способен разрабатывать технологии и процессы переработки строительных горных пород и обработки блочного камня, осуществлять техническое руководство горными работами на карьерах строительных горных пород	ПКВ-2.1к : Применяет методы и осуществляет выбор параметров буровзрывных работ на карьерах строительных горных пород
		ПКВ-2.2к : Использует методику расчета производительности для определения потребности в горном и транспортном оборудовании
		ПКВ-2.3к : Обосновывает параметры схем выполнения работ по выемке и погрузке, транспортированию и складированию горных пород

Компетенция считается сформированной на данном этапе в случае, если полученные результаты обучения по дисциплине оценены положительно (диапазон критериев оценивания результатов обучения «зачтено», «удовлетворительно», «хорошо», «отлично»). В случае отсутствия положительной оценки компетенция на данном этапе считается несформированной.

2 Показатели оценивания планируемых результатов обучения

Компетенция ПКВ-2 «Способен разрабатывать технологии и процессы переработки строительных горных пород и обработки блочного камня, осуществлять техническое руководство горными работами на карьерах строительных горных пород»

Таблица 2.1 – Критерии оценки индикаторов достижения компетенции

Код и формулировка индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине			Критерии оценивания результатов обучения
	Код рез-та	Тип рез- та	Результат	
ПКВ-2.1к : Применяет методы и осуществляет выбор параметров буровзрывных работ на карьерах строительных горных пород	РД1	Знание	Применяет методы и осуществляет выбор параметров буровзрывных работ на карьерах строительных горных пород;	принципов и методов рационального и комплексного освоения месторождений с применением физико-химической геотехнологии
ПКВ-2.2к : Использует методику расчета производительности для определения потребности в горном и транспортном оборудовании	РД2	Умение	Использует методику расчета производительности и определяет потребность в горном и транспортном оборудовании	обосновывать методы физико-химической геотехнологии для различных видов полезных ископаемых в различных горно-геологических и горно-технических условиях
ПКВ-2.3к : Обосновывает параметры схем выполнения работ по выемке и погрузке, транспортированию и складированию горных пород	РД3	Навык	Обосновывает параметры схем выполнения работ по выемке и погрузке, транспортированию и складированию горных пород	обоснования технологических схем физико-химической геотехнологии при вскрытии и освоении месторождений полезных ископаемых

Таблица заполняется в соответствии с разделом 1 Рабочей программы дисциплины (модуля).

3 Перечень оценочных средств

Таблица 3 – Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Контролируемые планируемые результаты обучения		Контролируемые темы дисциплины	Наименование оценочного средства и представление его в ФОС	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
очная форма обучения				
РД1	Знание : Применяет методы и осуществляет выбор параметров буровзрывных работ на карьерах строительных горных пород;	1.1. Введение. Цель и задачи курса. Общие сведения о физико-химической геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.2. Классификация геотехнологических способов разработки. Физико-геологические технологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.3. Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.4. Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.5. Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.6. Средства добычи и управления. Оборудование предприятий и скважин	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.7. Технологические схемы физико-химической геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
РД2	Умение : Использует методику расчета производительности и определяет потребность в горном и транспортном оборудовании	1.1. Введение. Цель и задачи курса. Общие сведения о физико-химической геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.2. Классификация геотехнологических	Опрос	Зачет в письменной форме

		способов разработки. Физико-геологические технологии	Тест	Зачет в письменной форме
		1.3. Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.4. Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.5. Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.6. Средства добычи и управления. Оборудование предприятий и скважин	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.7. Технологические схемы физико-химической геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
РД3	Навык : Обосновывает параметры схем выполнения работ по выемке и погрузке, транспортированию и складированию горных пород	1.1. Введение. Цель и задачи курса. Общие сведения о физико-химической геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.2. Классификация геотехнологических способов разработки. Физико-геологические технологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.3. Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.4. Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.5. Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме
		1.6. Средства добычи и управления. Оборудование	Опрос	Зачет в письменной форме

		предприятий и скважин	Тест	Зачет в письменной форме
		1.7. Технологические схемы физико-химической геотехнологии	Опрос	Зачет в письменной форме
			Тест	Зачет в письменной форме

4 Описание процедуры оценивания

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Качество сформированности компетенций на данном этапе оценивается по результатам текущих и промежуточных аттестаций при помощи количественной оценки, выраженной в баллах. Максимальная сумма баллов по дисциплине (модулю) равна 100 баллам.

Вид учебной деятельности	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4	Тема 5	Тема 6	Тема 7	Итого
Тестирование	5	5	5	5	5	5	6	36
Устный опрос	1	1	2	2	2	2	2	12
Самостоятельная работа	1	1	2	2	2	2	2	12
Промежуточная аттестация	0	0	0	0	0	0	0	40
Итого за 10 семестр								100

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические работы, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

Сумма баллов, набранных студентом по всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины, переводится в оценку в соответствии с таблицей.

Сумма баллов по дисциплине	Оценка по промежуточной аттестации	Характеристика качества сформированности компетенции
от 91 до 100	«зачтено» / «отлично»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций, обнаруживает всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой, умеет свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
от 76 до 90	«зачтено» / «хорошо»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
от 61 до 75	«зачтено» / «удовлетворительно»	Студент демонстрирует сформированность дисциплинарных компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков по некоторым дисциплинарным компетенциям, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
от 41 до 60	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	У студента не сформированы дисциплинарные компетенции, проявляется недостаточность знаний, умений, навыков.
от 0 до 40	«не зачтено» / «неудовлетворительно»	Дисциплинарные компетенции не сформированы. Проявляется полное или практически полное отсутствие знаний, умений, навыков.

5 Примерные оценочные средства

5.1 Контрольный тест

Тест 1. Введение. Цель и задачи курса. Общие сведения о физико-химической геотехнологии. Классификация геотехнологических способов разработки. Физико-геологические технологии

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

Выбор одного правильного ответа

Прочитайте вопрос или задание. Выберите правильный ответ, запишите его в виде буквы

1. **Какова основная цель физико-химической геотехнологии?**
   а) Максимальное извлечение полезных ископаемых с минимизацией затрат и эколо гического воздействия.
   б) Увеличение глубины шахтных разработок.
   в) Создание новых горных выработок без учёта экономической эффективности.
   г) Исключительно лабораторное изучение свойств горных пород.

2. **Что отличает геотехнологические методы от традиционных горных работ?**
   а) Обязательное применение взрывчатых веществ.
   б) Использование скважин и физико-химических процессов для извлечения полезн ого компонента.

в) Полный отказ от механизации.
г) Разработка только поверхностных залежей.

3. **Какой из перечисленных методов относится к физико-химическим геотехнологиям?**
а) Открытая карьерная разработка.
б) Подземное выщелачивание.
в) Гидравлический разрыв пласта (ГРП) в нефтедобыче.
г) Буровзрывные работы.

4. **Что является ключевым фактором при выборе геотехнологического метода?**
а) Цвет горной породы.
б) Геологические и гидрогеологические условия месторождения, свойства полезного ископаемого.
в) Наличие поблизости населённых пунктов.
г) Время года.

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

5. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Подземное растворение —
б) Подземная выплавка —
в) Кучное выщелачивание —
г) Подземное сжигание —

Варианты:

1) Подача растворителя в рудное тело через скважины для извлечения растворимого компонента.
2) Нагрев руды в недрах для перевода полезного компонента в жидкое состояние.
3) Орошение рудной кучи реагентом с последующим сбором продуктивного раствора.
4) Термохимическая обработка руды в пласте для изменения её состава и извлечения ценного компонента.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	**б**	**в**	**г**

6. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Коэффициент извлечения —
б) Проницаемость породы —
в) Концентрация реагента —
г) Температура процесса —

Варианты:

1) Доля извлечённого полезного компонента от общих запасов.
2) Способность породы пропускать жидкость/газ.
3) Количество активного вещества в растворе, влияющее на скорость реакции.
4) Параметр, определяющий кинетику физико-химических процессов.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г

ЗАДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Ввод развернутого ответа (текстовое поле)

Прочитайте задание. Напишите правильный ответ напишите в виде текста

7. Перечислите три основных преимущества физико-химических геотехнологий перед традиционными методами добычи.

8. Назовите два ключевых ограничения (фактора), затрудняющих применение подземного выщелачивания.

Тест 2. Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания. Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

Выбор одного правильного ответа
Прочитайте вопрос или задание. Выберите правильный ответ, запишите его в виде буквы

1. **Что лежит в основе процесса выщелачивания?**
   а) Механическое разрушение руды под действием потока жидкости.
   б) Избирательное растворение полезного компонента с помощью реагента.
   в) Нагрев руды до температуры плавления.
   г) Воздействие магнитного поля на минеральные частицы.

2. **Какой фактор существенно ускоряет процесс растворения в геотехнологии?**
   а) Снижение концентрации реагента.
   б) Повышение температуры и интенсивности массообмена.
   в) Уменьшение площади контакта реагента с рудой.
   г) Применение инертных газов.

3. **Что такое «продуктивный раствор» в геотехнологии?**
   а) Вода, используемая для промывки оборудования.
   б) Раствор, содержащий извлечённый полезный компонент после выщелачивания.
   в) Реагент, закачиваемый в пласт до начала процесса.
   г) Отработанная жидкость, сбрасываемая в отстойники.

4. **Какой процесс относится к тепловым геотехнологическим методам?**
   а) Кучное выщелачивание золота.
   б) Подземная выплавка серы.
   в) Электрохимическое осаждение металлов.
   г) Гидромониторное разрушение угольного пласта.

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

5. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Растворение —
б) Выщелачивание —
в) Гидроразрушение —
г) Подземная газификация —

Варианты:

1) Перевод полезного компонента в раствор за счёт химического взаимодействия с реагентом.
2) Разрушение горной породы струёй воды под высоким давлением.
3) Полное или частичное растворение минерала в подходящем растворителе.
4) Термохимическая переработка угля в пласте с получением горючего газа.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г

6. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Температура —
б) Концентрация реагента —
в) Размер частиц руды —
г) Скорость фильтрации раствора —

Варианты:

1) Определяет интенсивность массопереноса и время контакта реагента с рудой.
2) Увеличивает кинетику реакций и растворимость компонентов.
3) Влияет на площадь реакционной поверхности и скорость извлечения.
4) Регулирует скорость химической реакции и степень извлечения металла.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г

ЗАДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Ввод развернутого ответа (текстовое поле)

Прочитайте задание. Напишите правильный ответ напишите в виде текста

7. Назовите два основных механизма, лежащих в основе процесса выщелачивания (например, для руд цветных металлов).

8. Перечислите три фактора, ограничивающих применение тепловых геотехнологических методов (например, подземной выплавки).

Тест 3. Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии. Средства добычи и управления. Оборудование предприятий и скважин. Технологические схемы физико-химической геотехнологии

ЗАДАНИЯ ЗАКРЫТОГО ТИПА С ВЫБОРОМ ВАРИАНТОВ ОТВЕТА

Выбор одного или нескольких вариантов ответа

Выбор одного правильного ответа

Прочитайте вопрос или задание. Выберите правильный ответ, запишите его в виде буквы

1. **Какой из методов относится к переработке продуктов геотехнологии?**
   а) Подземное выщелачивание.
   б) Осаждение из раствора.
   в) Гидромониторное разрушение.
   г) Скважинная гидродобыча.

2. **Что является основным продуктом подземного выщелачивания?**
   а) Сухой концентрат металла.
   б) Продуктивный раствор, содержащий извлечённый компонент.
   в) Твёрдая руда после обработки.
   г) Газовая фаза.

3. **Какое оборудование используется для бурения добычных скважин?**
   а) Экскаватор.
   б) Гидромонитор.
   в) Буровой станок (например, СБШ).
   г) Флотационная машина.

4. **Что определяет схему расположения скважин при подземном выщелачивани?**
   а) Цвет руды.
   б) Геологическое строение и фильтрационные свойства пласта.
   в) Время года.
   г) Наличие поверхностных водоёмов.
5. **Какой процесс используется для концентрирования металла из продуктивного раствора?**
   а) Гидравлическое разрушение.
   б) Сорбция на ионитах.

в) Термическое плавление.

г) Механическое перемешивание.

6. **Что входит в состав типовой технологической схемы подземного выщелачивания?**

а) Только закачные скважины.

б) Закачные и откачные скважины, система трубопроводов, узел переработки растворов.

в) Только откачные скважины и отстойники.

г) Открытые карьеры и дробилки.

ЗАДАНИЕ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

Прочитайте вопрос или текст задания. Установите правильное соответствие между элементами. Правильные ответы напишите в виде буквы и соответствующей ей цифры.

7. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Осаждение —

б) Сорбция —

в) Цементация —

г) Флотация —

Варианты:

1) Избирательное поглощение ионов металла твёрдым сорбентом.

2) Выделение металла из раствора путём химической реакции с реагентом.

3) Разделение частиц по смачиваемости в пульпе с пузырьками воздуха.

4) Восстановление металла из раствора более активным металлом..

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г

8. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Закачная скважина —

б) Откачная скважина —

в) Насосная станция —

г) Сорбционная колонна —

Варианты:

1) Подача рабочего раствора в рудный пласт.

2) Извлечение продуктивного раствора на поверхность.

3) Создание и поддержание давления в системе.

4) Концентрирование металла из раствора.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г

9. Установите соответствие между терминами и их определениями:

а) Бурение скважин —

б) Закачка реагента —

в) Откачка раствора —

г) Переработка раствора —

Варианты:

1) Подготовительный этап (вскрытие месторождения).

2) Основной этап извлечения компонента.

3) Этап извлечения продуктивной жидкости.
4) Заключительный этап получения концентрата.

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

а	б	в	г

ЗАДАНИЯ ОТКРЫТОГО ТИПА

Ввод развернутого ответа (текстовое поле)

Прочитайте задание. Напишите правильный ответ напишите в виде текста

7.Перечислите три метода переработки продуктивных растворов, применяемы х в физико-химической геотехнологии.

8.Назовите два ключевых требования к буровому оборудованию при сооружен ии добычных скважин.

9. Укажите три основных элемента типовой технологической схемы подземного выщелачивания.

Краткие методические указания

1. Изучение теоретического материала . Студентам необходимо ознакомиться с лекционным материалом, учебниками, научными статьями и другими рекомендованными источниками. Важно не просто заучивать факты, а понимать взаимосвязи между понятиями, принципы работы процессов и оборудования.
2. Конспектирование . Рекомендуется вести конспекты лекций, выделяя ключевые термины, определения, формулы и схемы. Это поможет систематизировать знания и облегчит подготовку к экзаменам или выполнению заданий.
3. Решение практических задач . Для закрепления теории полезно решать расчётные задачи, анализировать технологические схемы, изучать примеры применения физико-химических методов в геотехнологии. Можно использовать методические указания к практическим занятиям, где часто приведены типовые задания и алгоритмы их решения. npi-tu.ru +1
4. Работа с оборудованием и программным обеспечением . Если дисциплина включает лабораторные работы или использование специализированного ПО (например, для моделирования геотехнологических процессов), необходимо внимательно изучить инструкции и пройти инструктаж по технике безопасности.
5. Самостоятельная работа . Включает изучение дополнительной литературы, подготовку к семинарам, выполнение индивидуальных заданий (например, написание рефератов, подготовка презентаций). Важно соблюдать сроки сдачи работ и следовать установленным требованиям к оформлению.
6. Подготовка к тестам и вопросам открытого типа . Для тестов полезно повторять материал по темам, обращать внимание на детали и исключения. Для ответов на открытые вопросы важно уметь кратко и чётко формулировать мысли, использовать профессиональную терминологию и подкреплять ответы конкретными примерами или расчётами.

Шкала оценки

Оценка	Критерии
«Отлично»/«5»	Глубокие и исчерпывающие знания материала, правильные и уверенные действия при решении задач, грамотное и логически стройное изложение ответов, знание дополнительной литературы.

Оценка	Критерии
«Хорошо»/«4»	Твёрдые и достаточно полные знания, незначительные ошибки при освещении вопросов, правильные действия при решении задач, чёткое изложение материала.
«Удовлетворительно»/«3»	Твёрдые знания основного материала, изложение ответов с ошибками, которые студент может исправить после дополнительных вопросов, необходимость наводящих вопросов.
«Неудовлетворительно»/«2»	Грубые ошибки в ответах, непонимание сущности вопросов, неумение применять знания на практике, неуверенность и неточность ответов на дополнительные вопросы.

Процентная шкала:

- 0–49% — неудовлетворительно;
- 50–65% — удовлетворительно;
- 66–85% — хорошо;
- 86–100% — отлично.

5.2 Примерные темы для опроса

1. Физико-химическая геотехнология в системе горных наук. Классификация геотехнологических способов разработки месторождений полезных ископаемых. Характерные особенности геотехнологических методов.
2. Характеристика потенциальных геотехнологических ресурсов в современных условиях добычи полезных ископаемых.
3. Особенности современных условий физико-химических геотехнологических способов добычи полезных ископаемых. Проблемы и направления их решений.
4. Гидравлические свойства горных пород: пористость, проницаемость, влагоемкость, водоотдача, водоустойчивость, капиллярность, набухание, усадка, просадочность, смачиваемость, адсорбция, абсорбция, липкость.
5. Тепловые свойства горных пород: плавление, испарение, сублимация, кристаллизация, конденсация, теплоемкость, теплопроводность, тепловое расширение и сжатие.
6. Электромагнитные свойства: электропроводность, электрическая прочность, поляризация, магнитная восприимчивость, остаточная намагниченность.
7. Механические свойства горных пород: тиксотропность, прочность, твердость, вязкость разрушения, упругость, пластичность, компрессионная способность, хрупкость.
8. Радиационные свойства горных пород. Акустические свойства горных пород.
9. Сущность, основные закономерности и свойства растворения соли как процесса физического воздействия.
10. Сущность, основные закономерности и свойства выщелачивания металлов как процесса физико-химического воздействия.
11. Сущность, основные закономерности и свойства процессов термического и термохимического воздействия на массив горных пород.
12. Гидравлические процессы при геотехнологии: гидрорасчленение, гидроотбойка, гидроподъем, гидротранспорт.
13. Бурение скважин, их конструкция и применяемое оборудование.
14. Крепление и опресовка скважин. Оборудование добычных скважин.
15. Производство рабочих агентов при физико-химической геотехнологии. Поверхностное оборудование и обслуживание скважин.
16. Способы подъема полезного ископаемого по скважине. Процессы транспортирования добытого полезного ископаемого до места переработки.
17. Параметры и способы управления горным давлением при физико-химической геотехнологии.
18. Оценка целесообразности и возможности применения физико-химической геотехнологии. Интерпретация данных геологической базы.

19. Вскрытие месторождения при геотехнологических способах разработки полезного ископаемого. Сущность геологического, технологического и экономического коэффициентов вскрытия.

20. Классификация скважинных способов вскрытия месторождений: отдельной скважиной, группой скважин, горной выработкой и скважиной.

21. Классификация систем разработки: скважинами-камерами, взаимодействующими скважинами, скважинами и подземными выработками.

22. Современные методы выбора основных параметров физико-химической геотехнологии. Оценка эксплуатационных потерь полезного ископаемого.

23. Адаптация типовых технико-технологических решений к конкретным горно-геологическим условиям применения физико-химической геотехнологии.

24. Подземное растворение солей. Его сущность. Основные технологические схемы. Расчет основных параметров. Достоинства и недостатки способа.

26. Подземное выщелачивание полезного ископаемого. Его сущность. Основные технологические схемы. Расчет основных параметров. Достоинства и недостатки способа.

27. Кучное выщелачивание. Его сущность. Основные технологические схемы. Расчет основных параметров. Достоинства и недостатки способа.

28. Подземная выплавка серы. Ее сущность. Основные технологические схемы. Расчет основных параметров. Достоинства и недостатки способа.

29. Подземное сжигание серы. Ее сущность. Основные технологические схемы. Расчет основных параметров. Достоинства и недостатки способа.

30. Подземная газификация угля. Ее сущность. Современное состояние технологии. Расчет основных параметров.

Краткие методические указания

1. Что нужно знать и уметь

- Знать: ключевые понятия, определения, схемы процессов, оборудование, основные методы и технологии.
- Уметь: чётко формулировать мысли, использовать профессиональную терминологию, приводить примеры из практики, отвечать на уточняющие вопросы.

2. Как готовиться

- Повторите лекционный материал и свои конспекты: выделите главные идеи, формулы, схемы.
- Изучите рекомендованную литературу (учебники, статьи, методические указания) — особенно разделы по темам опроса.
- Выпишите и выучите термины — будьте готовы дать определения.
- Проработайте типовые вопросы (см. ниже) — составьте краткие планы ответов (3–5 пунктов).
- Потренируйтесь вслух — проговорите ответы, засекая время (5–7 мин на вопрос).
- Подготовьте примеры из практики/лабораторных работ, если они есть по теме.

3. Структура ответа (шаблон)

1. Определение ключевых понятий (1–2 предложения).
2. Суть процесса/метода/схемы (2–3 предложения + схема/формула, если уместно).
3. Пример применения (1–2 предложения: где, как, зачем).
4. Вывод (значение, преимущества/ограничения — 1 предложение).

4. Типичные ошибки (избегайте их!)

- «Вода» в ответе (много слов без сути).
- Неточность в терминах.
- Отсутствие примеров или ссылок на практику.
- Несвязность изложения (нет логики, переходов).
- Неумение ответить на уточняющий вопрос.

Шкала оценки

10-12 баллов - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

7-9 балла - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

4-6 балла – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

0-3 балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

5.3 Вопросы к зачету

1. Основные направления в ФХГ.
2. Дайте определения ФХГ.
3. Роль ФХГ в осуществлении энергетической программы.
4. Роль ФХГ в социальном и экологическом плане.
5. Сущность физико-химических методов геотехнологии (ФХМГ).
6. Классификация методов ФХГ по процессам добычи.
7. Примеры химических, физических и комбинированных методов добычи.
8. Что изучают исследования горной среды.
9. Сформулируйте основной принцип ФХГ.
10. Подземное выщелачивание, бактериальное выщелачивание – дать определение.
11. Подземное растворение, подземная выплавка – дать принципиальную технологическую схему.
12. Подземная газификация. Современное состояние технологии.
13. Скважинная гидродобыча – дать определение, область применения.
14. Основные направления развития ФХГ.
15. Какие вопросы изучаются в физико-геологических основах ФХГ.

16. Горные породы – дать определение. Условия образования магматических, метаморфических и осадочных пород.
17. Горная среда – дать определение.
18. Гидравлические свойства горного массива. Дайте формулу коэффициенту фильтрации.
19. Перечислите тепловые свойства полезного ископаемого.
20. Электрические, магнитные, радиационные свойства горных пород.
21. Что выявляет геологоразведка при подготовке месторождения к отработке.
22. Цель геологического и гидрогеологического обслуживания предприятия.
23. Термохимические процессы на примере ПГУ.
24. Тепловые процессы, их воздействие на горные породы.
25. Охарактеризуйте процесс гидравлического разрушения.
26. Электрофизические процессы, их воздействие на горную среду.
27. Перечислите, что относится к продуктам физико-химических методов геотехнологии (ПФХМГ).
28. Оборудование добычных скважин.
29. Оборудование гидродобычного агрегата.
30. Основные требования к вскрытию месторождения.
31. Разделение скважин по назначению.
32. Буровое оборудование. Бурение резко исправленных скважин.
33. Что включает конструкция скважин.
34. Документация скважин.
35. Дайте определения «системы разработки».

Краткие методические указания

1. Что нужно знать и уметь

- Знать: ключевые понятия, определения, схемы процессов, оборудование, основные методы и технологии.
- Уметь: чётко формулировать мысли, использовать профессиональную терминологию, приводить примеры из практики, отвечать на уточняющие вопросы.

2. Как готовиться

- Повторите лекционный материал и свои конспекты: выделите главные идеи, формулы, схемы.
- Изучите рекомендованную литературу (учебники, статьи, методические указания) — особенно разделы по темам опроса.
- Выпишите и выучите термины — будьте готовы дать определения.
- Проработайте типовые вопросы (см. ниже) — составьте краткие планы ответов (3–5 пунктов).
- Потренируйтесь вслух — проговорите ответы, засекая время (5–7 мин на вопрос).
- Подготовьте примеры из практики/лабораторных работ, если они есть по теме.

3. Структура ответа (шаблон)

1. Определение ключевых понятий (1–2 предложения).
2. Суть процесса/метода/схемы (2–3 предложения + схема/формула, если уместно).
3. Пример применения (1–2 предложения: где, как, зачем).
4. Вывод (значение, преимущества/ограничения — 1 предложение).

4. Типичные ошибки

- «Вода» в ответе (много слов без сути).
- Неточность в терминах.
- Отсутствие примеров или ссылок на практику.
- Несвязность изложения (нет логики, переходов).
- Неумение ответить на уточняющий вопрос.

Шкала оценки

Оценка 5 (35-40 баллов) - ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

Оценка 4 (24-34 балла) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

Оценка 3 (10-23 балла) – ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

Оценка 2 (0-9) балла – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

КЛЮЧИ К ОЦЕНОЧНЫМ МАТЕРИАЛАМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ»

5.1 Ответы на тестовые задания

Ответы к тесту 1. Введение. Системы координат, применяемые в геодезии. Картографические проекции, номенклатура карт. Ориентирование линий на местности

Тесты:

1. а)
2. б)
3. б)
4. б)

Соответствие:

5. а–1, б–2, в–3, г–4
6. а–1, б–2, в–3, г–4

Открытые вопросы:

7. Возможные ответы (любые три):

- снижение затрат на вскрышные работы;
- меньшая экологическая нагрузка (отсутствие отвалов, снижение пыления);
- возможность отработки бедных или глубокозалегающих руд;
- безопасность (минимум персонала в забое).

8. Возможные ответы (любые два):

- необходимость водоупорных вмещающих пород (риск утечки реагентов);
- низкая проницаемость руды (требуется предварительное разупрочнение);
- наличие минералов, реагирующих с реагентом с образованием осадков;
- строгие требования к контролю за миграцией растворов.

Ответы к тесту 2. Физико-химические основы геотехнологических процессов. Общие понятия о процессах растворения, выщелачивания. Тепловые и электрофизические процессы, процессы гидроразрушения

Тесты:

1. б)
2. б)
3. б)
4. б)

Соответствие:

5. а–3, б–1, в–2, г–4
6. а–2, б–4, в–3, г–1

Открытые вопросы:

7. Возможные ответы (любые два):

- окислительно-восстановительные реакции (например, окисление сульфидов);
- обменные реакции (ионный обмен между минералом и раствором);
- образование комплексных соединений (например, цианирование золота).

8. Возможные ответы (любые три):

- высокая энергозатратность нагрева пласта;
- необходимость термостойкого оборудования и герметизации скважин;
- риск неконтролируемого распространения тепла и деформаций массива;

- ограниченная применимость к рудам с низкой термостойкостью или легкоплавким и примесями;
- экологические риски (выбросы газов, тепловое загрязнение подземных вод).

Ответы к тесту 3. Переработка продуктов физико-химическими методами геотехнологии. Средства добычи и управления. Оборудование предприятий и скважин. Технологические схемы физико-химической геотехнологии

Тесты:

1. б)
2. б)
3. в)
4. б)
5. б)
6. б)

Соответствие:

7. а–2, б–1, в–4, г–3
8. а–1, б–2, в–3, г–4
9. а–1, б–2, в–3, г–4

Открытые вопросы:

10. Возможные ответы (любые три):
    - осаждение;
    - сорбция;
    - цементация;
    - флотация;
    - экстракция;
    - электролиз.
11. Возможные ответы (любые два):
    - высокая скорость бурения;
    - степень механизации и автоматизации;
    - возможность бурения на глубину до 400 м и более;
    - герметичность обсадки скважин.
12. Возможные ответы (любые три):
    - закачные скважины;
    - откачные скважины;
    - система трубопроводов для реагентов и растворов;
    - насосная станция;
    - узел переработки (сорбционные колонны, отстойники и т. п.);
    - ёмкости для хранения реагентов и продуктивных растворов.

5.2 Ответы на вопросы для собеседования (устного опроса)

1. Физико-химическая геотехнология в системе горных наук. Классификация геотехнологических способов. Особенности методов.

Сущность и место в системе наук: Физико-химическая геотехнология (ФХГТ) – это раздел горной науки и технологии, занимающийся добычей полезных ископаемых (ПИ) путем их преобразования в жидкое или газообразное состояние непосредственно в недрах с помощью физических, химических или биологических агентов (растворители, реагенты, тепло, вода, микроорганизмы). Является связующим звеном между горным делом, геологией, химией, физикой и экологией.

Классификация по способу воздействия:

1. **Гидравлические:** Гидроотбойка, гидротранспорт (песок, россыпи).

2. **Физико-химические:**
    - **Выщелачивание** (подземное, кучное, чановое): для металлов (Cu, U, Au).
    - **Растворение** (подземное): для солей (NaCl, KCl).
    - **Плавление/выплавка** (подземная): для серы.
3. **Тепловые/термохимические:**
    - **Подземная газификация угля** (ПГУ).
    - **Подземное сжигание** (in-situ combustion) для нефти.
    - **Термическое воздействие** на породы.

Характерные особенности:

- Отсутствие людей в очистной зоне.
- Меньший объем горных выработок (часто только скважины).
- Возможность разработки бедных, глубокозалегающих или сложноструктурных месторождений.
- Комплексное извлечение компонентов.
- Меньшее воздействие на ландшафт, но риски загрязнения недр и groundwater.
- Высокие требования к геологическому изучению и моделированию процессов.

2. Характеристика потенциальных геотехнологических ресурсов в современных условиях.

К потенциальным ресурсам для ФХГТ относят месторождения, недоступные или нерентабельные для традиционных способов:

- **Глубокозалегающие и сложного строения руды** (медь, уран, золото).
- **Забалансовые и бедные руды** с низким содержанием металла.
- **Техногенные месторождения** (отвалы, хвосты обогащения).
- **Месторождения в сложных горно-геологических условиях** (плывуны, высокое горное давление).
- **Месторождения под застройкой или природными объектами** (водоемы, сельхозугодья).
- **Глубокозалегающие пласты угля** для ПГУ, **залежи высоковязкой нефти и битумов**.

Современные условия: Повышение экологических требований, рост стоимости энергии и капитального строительства шахт делают ФХГТ все более конкурентоспособной для этих ресурсов.

3. Особенности, проблемы и направления решений современных условий ФХГТ.

Особенности:

- Интенсификация использования бедного и техногенного сырья.
- Разработка комплексных геофизических и гидродинамических моделей залежи.
- Автоматизация контроля и управления процессами.

Проблемы:

1. **Технологические:** Управляемость процесса в неоднородном массиве, низкая скорость извлечения, селективность воздействия.
2. **Экологические:** Риск загрязнения подземных вод, нарушение гидрогеологического режима, утилизация технологических растворов.
3. **Геологические:** Недостаточная детальность разведки, сложное прогнозирование поведения массива.
4. **Экономические:** Высокие капитальные затраты на разведку и освоение, зависимость от цен на сырье и реагенты.

Направления решений:

- **Технологии управления пластовым давлением и потоком** (гелевые барьеры, изоляция зон).
- **Использование новых реагентов** (биовыщелачивание, более селективные растворители).
- **Мониторинг на основе сейсморазведки и датчиков** (ERT – томография электрического сопротивления).
- **Разработка замкнутых водооборотных схем** и методов очистки растворов.
- **Создание цифровых двойников** месторождения для оптимизации.

4. Гидравлические свойства горных пород.

- **Пористость** – доля объема пор в общем объеме породы. Определяет вместимость флюидов.
- **Проницаемость** – способность пропускать флюиды под давлением (закон Дарси). Ключевое свойство для ФХГТ.
- **Влагоемкость** – максимальное количество воды, удерживаемое породой.
- **Водоотдача** – способность отдавать гравитационную воду.
- **Водоустойчивость** – устойчивость к размоканию и разрушению в воде.
- **Капиллярность** – движение жидкости по тонким порам за счет сил поверхностного натяжения.
- **Набухание/Усадка** – изменение объема при насыщении водой/высыхании.
- **Просадочность** – резкое уменьшение объема (уплотнение) при замачивании под нагрузкой.
- **Смачиваемость** – способность поверхности удерживать жидкость (гидрофильность/гидрофобность). Важно для вытеснения флюидов.
- **Адсорбция/Абсорбция** – поглощение вещества поверхностью/объемом породы.
- **Липкость** – способность прилипать к поверхностям (проблема транспортировки глин).

5. Тепловые свойства горных пород.

- **Плавление, Испарение, Сублимация, Кристаллизация, Конденсация** – фазовые переходы, используемые в термических методах (плавление серы, ПГУ).
- **Теплоемкость** – количество тепла для нагрева единицы массы на 1°C.
- **Теплопроводность** – способность передавать тепло. Определяет эффективность прогрева залежи.
- **Тепловое расширение/сжатие** – изменение объема при нагреве/охлаждении. Может приводить к растрескиванию массива (способ интенсификации).

6. Электромагнитные свойства.

- **Электропроводность/Удельное сопротивление** – способность проводить ток. Лежит в основе электроразведки и ERT-мониторинга. Зависит от влажности, минерализации растворов.
- **Электрическая прочность** – максимальное напряжение, которое выдерживает порода без пробоя.
- **Поляризация** – возникновение разности потенциалов (используется в методах вызванной поляризации для поисков сульфидов).

- **Магнитная восприимчивость/остаточная намагниченность** – свойства, важные для магнитной разведки и сепарации.

7. Механические свойства горных пород.

- **Тиксотропность** – способность разжижаться при встряхивании и загустевать в покое (важно для глинистых буровых растворов).
- **Прочность** – сопротивление разрушению под нагрузкой.
- **Твердость** – сопротивление проникновению индентора.
- **Вязкость разрушения** – характеристика устойчивости к распространению трещины.
- **Упругость/Пластичность** – способность восстанавливать форму или получать необратимые деформации.
- **Компрессионная способность** – сжимаемость под нагрузкой (важно для прогноза осадок).
- **Хрупкость** – разрушение с малой пластической деформацией.

8. Радиационные и акустические свойства.

- **Радиационные:** Естественная радиоактивность (используется при разведке урана, каротаже). Способность поглощать и рассеивать гамма-лучи и нейтроны (ядерно-физические методы геофизики).
- **Акустические (упругие):** Скорости распространения продольных (Vp) и поперечных (Vs) волн. Характеризуют упругие модули и прочность. Используются в сейсморазведке, акустическом каротаже, мониторинге трещинообразования.

9. Растворение соли (физическое воздействие).

Сущность: Переход кристаллической соли в жидкую фазу (раствор) при контакте с водой (нерастворителем). Процесс обратимый (при выпаривании). **Закономерности:** Скорость зависит от температуры, скорости потока раствора, площади контакта, градиента концентрации. **Свойства:** Процесс изотермический, не сопровождается химическими реакциями, скорость лимитируется диффузией.

10. Выщелачивание металлов (физико-химическое воздействие).

Сущность: Избирательное химическое растворение ценного компонента (металла) из руды с переводом в растворимую форму с помощью реагентов (кислоты, щелочи, цианиды). **Закономерности:** Управляется кинетикой химических реакций на поверхности зерен, диффузией реагентов и продуктов. Зависит от pH, Eh (окислительно-восстановительный потенциал), концентрации реагента, минеральной формы металла. **Свойства:** Часто необратимый химический процесс, может требовать активации (обжиг), часто сопровождается растворением примесей.

11. Термическое и термохимическое воздействие.

Сущность: Использование тепла для изменения состояния ПИ или свойств массива.

- **Термическое:** Плавление серы, нагрев для снижения вязкости нефти, растрескивание пород (терморастрескивание).
- **Термохимическое:** Химические реакции, инициируемые или поддерживаемые теплом. **ПГУ** ($C + O_2 \rightarrow CO_2$, $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$), **подземное сжигание** (in-situ combustion) для нефти, обжиг сульфидных руд перед выщелачиванием. **Закономерности:** Зависят от тепловых свойств пород, кинетики реакций, условий тепло- и массопереноса.

12. Гидравлические процессы при геотехнологии.

- **Гидрорасчленение** (гидравлический разрыв пласта): Создание трещин под высоким давлением для увеличения проницаемости.
- **Гидроотбойка:** Разрушение породы струей воды (гидромонитор) при разработке россыпей.

- **Гидроподъем:** Подъем пульпы (смеси ПИ и воды) эрлифтом или насосом по скважине.
- **Гидротранспорт:** Перемещение добытого ПИ в виде пульпы по трубопроводам на поверхность.

13. Бурение скважин, конструкция, оборудование.

Сущность: Создание цилиндрической выработки малого диаметра большой длины. **Оборудование:** Буровые установки (шарошечные, турбинные, винтовые), бурильные трубы, долота, промывочные насосы. **Конструкция скважины:** Многоступенчатая: направление (самая большая труба для укрепления устья), кондуктор (изоляция верхних неустойчивых пород), эксплуатационная колонна (до продуктивного пласта). Может быть обсаженной (трубы + цемент) или фильтровой (перфорированная колонна или сетчатый фильтр в зоне пласта).

14. Крепление и опрессовка скважин. Оборудование добычных скважин.

- **Крепление:** Спуск обсадных колонн и их цементирование для предотвращения обрушения и изоляции горизонтов.
- **Опрессовка:** Испытание обсадной колонны и цементного кольца на герметичность давлением.
- **Оборудование добычной скважины:** Устьевая арматура (запорная и регулирующая), колонна НКТ (насосно-компрессорных труб) для подачи/подъема агента, пакер для разобщения горизонтов, фильтр, погружной насос или эрлифт.

15. Производство рабочих агентов, поверхностное оборудование.

- **Рабочие агенты:** Вода, растворы реагентов (H_2SO_4, NaCN, щелочи), воздух, кислород, теплоносители. Готовятся на **промплощадке** в емкостях-реакторах, смесителях, нагревателях.
- **Поверхностное оборудование:** Насосные станции высокого давления, компрессоры, емкости для сбора продуктивных растворов (рудничные воды, пластовые флюиды), КИПиА (контрольно-измерительные приборы и автоматика), установки подготовки и регенерации растворов.

16. Способы подъема и транспортировки ПИ.

- **Подъем по скважине:**
  - **Естественный** (фонтанный) – за счет пластовой энергии.
  - **Насосный** (штанговые, погружные электронасосы).
  - **Газлифтный/Эрлифтный** – подъем за счет энергии сжатого газа (воздуха), барботируемого в столб жидкости.
  - **Самоподъем** при пневмо- или гидроударе.
- **Транспортировка до переработки:** По **трубопроводам** в виде пульпы, автотранспортом (для штучных ПИ после осаждения), по **железной дороге**.

17. Параметры и управление горным давлением при ФХГТ.

Параметры: Напряженно-деформированное состояние массива вокруг скважин или выработок.

Способы управления:

- **Поддержание пластового давления** закачкой агентов для предотвращения скола и обрушения.
- **Последовательный порядок отработки блоков** для перераспределения нагрузок.
- **Создание искусственных барьеров** (закладка, гелевые завесы) для локализации обрушений.
- **Контроль дебита и давления** нагнетательных и добычных скважин.

18. Оценка целесообразности применения ФХГТ. Интерпретация геологической базы.

Оценка включает:

1. **Геолого-гидрогеологический анализ:** Мощность, форма залежи, состав ПИ и вмещающих пород, пористость, проницаемость, тектоническая нарушенность, состав и напор подземных вод.
2. **Технологический анализ:** Возможность перевода ПИ в подвижное состояние, прогноз извлечения, селективность.
3. **Экономический анализ:** Капвложения, себестоимость, NPV (чистая приведенная стоимость), IRR (внутренняя норма доходности) в сравнении с традиционными методами.
4. **Экологическая экспертиза:** Риски и меры по их снижению.
   Интерпретация геоданных: Построение 3D геологических, гидродинамических и геохимических моделей для прогноза поведения системы.

19. Вскрытие месторождения при геотехнологии. Геологический, технологический и экономический коэффициенты вскрытия.

- **Вскрытие** – обеспечение доступа с поверхности к залежи для подачи рабочих агентов и отвода продукции (чаще всего **скважинами**).
- **Коэффициенты вскрытия:**
  - **Геологический (Кг)** = Запасы в вскрытом блоке / Общие запасы блока. Показывает полноту вскрытия.
  - **Технологический (Кт)** = Добытые запасы из блока / Запасы в вскрытом блоке. Показывает эффективность извлечения после вскрытия.
  - **Экономический (Кэ)** – интегральный показатель, учитывающий затраты на вскрытие и эффективность отработки.

20. Классификация скважинных способов вскрытия.

1. **Отдельной скважиной** (односкважинная система): Для небольших залежей, опытных работ.
2. **Группой скважин** (система скважин): Основной способ. Скважины располагаются по сетке (треугольной, квадратной). Включает нагнетательные и добычные.
3. **Горной выработкой и скважиной:** Комбинированное вскрытие. Например, штольней до контура залежи + веер скважин вглубь пласта. Для крутых пластов у горного откоса.

21. Классификация систем разработки.

1. **Скважинами-камерами:** Скважина расширяется в нижней части в камеру (растворение соли, выщелачивание). Работа одной скважины.
2. **Взаимодействующими скважинами:** Основная система. Нагнетательные и добычные скважины работают в единой схеме (прямоточной, обратноточной, очаговой).
3. **Скважинами и подземными выработками:** Например, подача реагента через скважины, сбор раствора через горизонтальные выработки (дренажные штреки) или наоборот.

22. Современные методы выбора параметров ФХГТ. Оценка потерь.

Методы выбора параметров:

- **Математическое моделирование** (гидродинамическое, геохимическое, тепловое) с использованием специализированного ПО (COMSOL, STAR-CCM+, TOUGHREACT).
- **Физическое моделирование** на установках.
- **Полевые эксперименты** (опытно-промышленные участки).
- **Анализ аналогий** (benchmarking) с отработанными объектами.

Оценка потерь: Эксплуатационные потери – часть балансовых запасов, не извлеченная в процессе отработки. Определяются по модели: потери в целиках между скважинами, в неохваченных зонах низкой проницаемости, с сорбированными или химически неизвлеченными остатками. **Коэффициент извлечения** = 1 – (Потери / Балансовые запасы).

23. Адаптация типовых решений к конкретным условиям.

Процесс включает:

1. **Детализацию модели** месторождения на основе разведочных данных.
2. **Коррекцию технологической схемы:** Выбор реагента, температуры, давления, схемы расстановки скважин под конкретные свойства пласта.
3. **Пилотные испытания** для подтверждения параметров.
4. **Разработку системы мониторинга и управления**, настроенной на выявленные особенности (например, контроль за высокопроницаемыми зонами).
5. **Экономическую оптимизацию** под локальные условия (стоимость энергии, воды, реагентов).

24. Подземное растворение солей.

Сущность: Добыча соли путем закачки пресной воды через скважину и отбора рассола через другую (или ту же) скважину.

Технологические схемы:

- **Прямоточная:** Одна скважина на закачку, другая – на откачку.
- **Циклическая (обратноточная):** Через одну скважину попеременно закачивают воду и откачивают рассол.
- **Камерная:** Создание подземной полости (камеры) путем растворения.

Расчет параметров: Скорость растворения, дебит скважины, концентрация рассола, форма и размер камеры.

Достоинства: Безлюдная добыча, комплексное извлечение разных солей, низкая себестоимость.

Недостатки: Риск обрушения кровли камер, загрязнение groundwater, образование подземных полостей.

26. Подземное выщелачивание металлов (ПВ).

Сущность: Избирательное извлечение металла из рудного тела на месте залегания путем закачки реагентов.

Технологические схемы:

- **Скважинная:** Системы нагнетательных и добычных скважин (прямоточная, многоточечная).
- **Безнапорная** (инфильтрационная) – для зоны аэрации.
- **Скважинно-штольневая.**

Расчет параметров: Концентрация реагента, схема расстановки скважин, скорость потока, время контакта, прогнозное извлечение.

Достоинства: Возможность отработки бедных руд, экологичность (относительно), низкие капвложения.

Недостатки: Длительность процесса, сложность управления, риски загрязнения groundwater.

27. Кучное выщелачивание.

Сущность: Выщелачивание металлов из дробленой руды, уложенной в специальные насыпи (кучи) на непроницаемом основании, путем орошения реагентами.

Технологические схемы: Одноярусные/многоярусные кучи, стационарные/передвижные оросительные системы, замкнутый цикл раствора.

Расчет параметров: Крупность дробления, высота кучи, скорость орошения, время цикла.

Достоинства: Простота и низкая стоимость, возможность быстрого запуска, применимость к отвалам.

Недостатки: Низкая скорость и извлечение (относительно ПВ), большая площадь, риск утечек.

28. Подземная выплавка серы (метод Фраша).

Сущность: Плавление серы в пласте за счет подачи перегретой воды (около 160°C) под давлением и подъем расплава эрлифтом.
Технологическая схема: Трехтрубная конструкция скважины: наружная труба для перегретой воды, средняя для воздушной смеси, центральная для подъема расплава серы.
Расчет параметров: Температура воды, давление, дебит серы.
Достоинства: Высокая чистота серы, безопасность.
Недостатки: Высокий расход энергии, коррозия оборудования, ограниченная глубина.

29. Подземное сжигание серы.
Сущность: Сжигание части серы в пласте для получения тепла, необходимого для плавления остальной серы. Подача воздуха и водяного пара.
Технологическая схема: Инициирование горения, поддержание фронта горения, контроль температуры для предотвращения образования SO_2.
Расчет параметров: Соотношение воздух/пар, скорость продвижения фронта горения.
Достоинства: Меньший расход энергии извне.
Недостатки: Сложность контроля, риск неполного сгорания и выбросов, низкое качество серы.

30. Подземная газификация угля (ПГУ).
Сущность: Превращение угля в горючий газ (синтез-газ: CO, H_2, CH_4) непосредственно в пласте путем неполного окисления (подача воздуха/кислорода и пара).
Современное состояние: Технология известна давно, но широкого промышленного применения нет. Пилотные проекты в разных странах (Китай, Австралия). Активные исследования направлены на:

- Контроль за составом газа и калорийностью.
- Решение экологических проблем (утечки, загрязнение groundwater, утилизация сточных вод).
- Улавливание и хранение CO_2 (технология ПГУ-УХУ).
- Использование для глубоких и некондиционных пластов.

Расчет параметров: Состав окислителя, теплотворная способность газа, скорость газификации, давление.

5.3 Ответы на вопросы для зачета

1. Основные направления в ФХГ.

1. **Гидродобыча** (скважинная и шахтная) – для рыхлых пород.
2. **Подземное выщелачивание** (ПВ) металлов (Cu, U, Au, Ni).
3. **Подземное растворение** (ПР) солей (NaCl, KCl).
4. **Подземная выплавка** серы (метод Фраша).
5. **Подземная газификация угля** (ПГУ).
6. **Кучное и чановое выщелачивание.**
7. **Термические методы** воздействия на пласт (для нефти, создания трещин).

2. Дайте определение ФХГ.

Физико-химическая геотехнология (ФХГ) – это отрасль горной науки и практики, занимающаяся добычей полезных ископаемых путем их преобразования в подвижное состояние (жидкое, газообразное, пульпу) непосредственно в недрах с помощью физических, химических или биологических процессов и извлечения на поверхность через скважины или горные выработки.

3. Роль ФХГ в осуществлении энергетической программы.

- Освоение **труднодоступных энергоресурсов**: глубокие угольные пласты (ПГУ), высоковязкие нефти и битумы (термические методы).
- Использование **забалансовых и бедных руд** урана для атомной энергетики.
- Повышение **коэффициента извлечения** полезного ископаемого (КИ) из недр.
- **Энергосбережение** за счет исключения тяжелых процессов (очистная выемка, дробление, подземный транспорт).

4. Роль ФХГ в социальном и экологическом плане.

- **Социальная роль:** Повышение безопасности труда (отсутствие людей в забое), создание новых рабочих мест в высокотехнологичных отраслях, развитие моногородов при истощении традиционных ресурсов.
- **Экологическая роль:**
  - **Плюсы:** Меньшее нарушение ландшафта (нет отвалов), снижение сейсмического воздействия, пылеобразования.
  - **Минусы (риски):** Загрязнение подземных вод технологическими растворами, нарушение гидрогеологического режима, образование подземных полостей. Требуется строгий контроль и замкнутые циклы.

5. Сущность физико-химических методов геотехнологии (ФХМГ).

Сущность заключается в **целенаправленном управляемом изменении агрегатного состояния или химического состава** полезного ископаемого в массиве для его перевода в подвижную форму с последующим извлечением.

6. Классификация методов ФХГ по процессам добычи.

1. **Гидравлические** (механическое воздействие жидкостью): скважинная гидродобыча.
2. **Физические** (изменение фазового состояния): плавление, растворение.
3. **Химические** (изменение химического состава): выщелачивание.
4. **Физико-химические** (сочетание): ПГУ (термохимия), выщелачивание с нагревом.
5. **Биохимические:** бактериальное выщелачивание.

7. Примеры химических, физических и комбинированных методов добычи.

- **Химические:** Подземное выщелачивание меди серной кислотой, выщелачивание золота цианидами.
- **Физические:** Подземное растворение каменной соли водой, плавление серы перегретой водой.
- **Комбинированные (физико-химические):** Подземная газификация угля (термическое разложение + химические реакции окисления), кислотное выщелачивание с подогревом раствора.

8. Что изучают исследования горной среды.

Изучают **совокупность свойств и процессов в горном массиве**, влияющих на технологию: геологическое строение, состав пород, гидрогеологические условия, физико-механические, тепловые, электромагнитные свойства, напряженно-деформированное состояние.

9. Сформулируйте основной принцип ФХГ.

«Преобразовать полезное ископаемое в недрах и извлечь его в виде раствора, расплава, пульпы или газа, минимизируя объем традиционных горных работ».

10. Подземное выщелачивание, бактериальное выщелачивание – дать определение.

- **Подземное выщелачивание (ПВ)** – способ добычи, основанный на избирательном переводе ценных компонентов руды в растворимую форму химическими реагентами, подаваемыми в пласт, и извлечении образовавшихся растворов на поверхность.

- **Бактериальное выщелачивание** – разновидность ПВ, где в качестве реагента используются специальные бактерии (например, *Acidithiobacillus ferrooxidans*), которые окисляют сульфидные минералы, переводя металлы в раствор.

11. Подземное растворение, подземная выплавка – принципиальная технологическая схема.

- **Подземное растворение: Скважина → Закачка пресной воды → Контакт с солью → Образование рассола → Откачка рассола** (схема может быть прямоточной с 2-мя скважинами или циклической с 1-ой).
- **Подземная выплавка серы (Фраша): Скважина → Закачка перегретой воды (~160°C) по кольцевому зазору → Плавление серы → Подача сжатого воздуха → Подъем воздушно-серной эмульсии по центральной трубе**.

12. Подземная газификация. Современное состояние технологии.

Сущность: Получение горючего газа из угля в пласте путем подачи окислителя (воздух, O_2, пар). **Современное состояние:** Технология находится на стадии пилотных проектов и НИОКР. Основные направления: повышение калорийности газа, контроль за процессом, решение экологических проблем (загрязнение groundwater, утилизация конденсата), интеграция с технологиями улавливания углерода (CCS).

13. Скважинная гидродобыча – дать определение, область применения.

Определение: Способ добычи рыхлых полезных ископаемых путем их размыва струей воды высокого давления, подаваемой через скважину, и подъема образовавшейся пульпы на поверхность.

Область применения: Россыпные месторождения (золото, олово, титан), рыхлые песчаники, техногенные отвалы.

14. Основные направления развития ФХГ.

1. Освоение **бедных, глубоких и сложноструктурных** месторождений.
2. **Интенсификация процессов** (новые реагенты, катализаторы, управление трещиноватостью).
3. **Цифровизация:** создание цифровых двойников, автоматический контроль и оптимизация.
4. **Экологизация:** замкнутые водооборотные циклы, ремедиация зараженных зон, утилизация отходов.
5. Развитие **комбинированных** геотехнологий.

15. Какие вопросы изучаются в физико-геологических основах ФХГ.

Изучается **взаимодействие рабочих агентов с горным массивом**: фильтрационные закономерности, кинетика физико-химических реакций, миграция компонентов, тепломассоперенос, изменение свойств пород под воздействием, устойчивость массива.

16. Горные породы – дать определение. Условия образования.

Определение: Естественные минеральные агрегаты постоянного состава и строения, слагающие земную кору.

- **Магматические:** Образуются при остывании и кристаллизации магмы в глубинах (интрузивные) или на поверхности (эффузивные).
- **Осадочные:** Образуются на поверхности в результате разрушения, переноса и отложения продуктов выветривания, химического осаждения или деятельности организмов.
- **Метаморфические:** Образуются из любых пород в недрах под воздействием высоких температур, давлений и флюидов.

17. Горная среда – дать определение.

Горная среда – это часть геологической среды, непосредственно вовлеченная в сферу горного производства, представленная массивом горных пород со всей совокупностью его природных свойств и подверженная техногенным воздействиям.

18. Гидравлические свойства. Формула коэффициента фильтрации.

Свойства: пористость, проницаемость, влагоемкость и др. **Коэффициент фильтрации (Кф)** характеризует водопроницаемость. По закону Дарси: **Кф = Q * L / (F * h)**, где Q – расход фильтрующей жидкости, L – длина образца, F – площадь сечения, h – потери напора.

19. Перечислите тепловые свойства полезного ископаемого.

Теплоемкость, теплопроводность, температуропроводность, теплота плавления/испарения, тепловое расширение, температура начала деформации или реакции.

20. Электрические, магнитные, радиационные свойства.

- **Электрические:** удельное сопротивление, электропроводность, диэлектрическая проницаемость, поляризуемость.
- **Магнитные:** магнитная восприимчивость, остаточная намагниченность.
- **Радиационные:** естественная радиоактивность, способность поглощать и рассеивать гамма- и нейтронное излучение.

21. Что выявляет геологоразведка при подготовке месторождения к отработке.

Форму, размеры, условия залегания тел полезных ископаемых; состав и свойства ПИ и вмещающих пород; гидрогеологические условия; детальную структуру и неоднородности; подсчет запасов.

22. Цель геологического и гидрогеологического обслуживания предприятия.

Цель: Обеспечение эффективной и безопасной эксплуатации месторождения на основе постоянного контроля и уточнения геолого-гидрогеологических условий (мониторинг деформаций, уровня подземных вод, состава растворов, положения контуров).

23. Термохимические процессы на примере ПГУ.

В ПГУ протекают последовательные и параллельные реакции:

1. **Сушка и пиролиз угля** (термическое разложение без O_2): Уголь → Летучие + Кокс.
2. **Окисление (горение) кокса:** $C + O_2 \rightarrow CO_2$ + тепло.
3. **Газификация (восстановление) продуктами горения:** $C + CO_2 \rightarrow 2CO$ (эндотермическая).
4. **Реакция с водяным паром:** $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$ (эндотермическая).

24. Тепловые процессы, их воздействие на горные породы.

Вызывают: нагрев, плавление, испарение, термоупругие напряжения, растрескивание (терморастрескивание), изменение проницаемости, спекание, обжиг.

25. Охарактеризуйте процесс гидравлического разрушения.

Разрушение породы под действием **гидродинамического давления** струи жидкости (воды). Включает: отрыв частиц, эрозию, развитие трещин под давлением (гидроразрыв). Используется в гидромониторах и ГРП.

26. Электрофизические процессы, их воздействие на горную среду.

- **Электропрогрев** – нагрев за счет джоулева тепла.
- **Электродиализ** – перемещение ионов.
- **Электрогидравлический эффект** (искровой разряд) – ударное разрушение.
- **Воздействие:** Изменение температуры, влажности, проницаемости, инициирование химических реакций.

27. Перечислите, что относится к продуктам ФХМГ (ПФХМГ).

Обогащенные растворы солей металлов (элюаты, пульпы), рассолы, расплавленная сера, генераторный газ ($CO+H_2$), нефть с пониженной вязкостью, концентраты после переработки растворов (цементационные осадки, катодные металлы).

28. Оборудование добычных скважин.

Устьевая арматура (головка, задвижки), колонна НКТ (насосно-компрессорных труб), погружной насос (штанговый, центробежный) или эрлифтное устройство, пакер, фильтровая колонна в продуктивном интервале.

29. Оборудование гидродобычного агрегата.

Гидромониторная (забойная) головка, система подачи высоконапорной воды, система подъема и транспорта пульпы (эрлифт, гидроэлеватор), наземные насосы, сепарационное оборудование.

30. Основные требования к вскрытию месторождения.

Обеспечить: доступ к залежи для подачи агентов и отбора продукта, изоляцию рабочих зон от посторонних вод, управление состоянием массива, минимальные затраты, экологическую безопасность.

31. Разделение скважин по назначению.

- **Нагнетательные** (закачные) – для подачи рабочего агента.
- **Добычные** (откачные, эксплуатационные) – для отбора продукта.
- **Наблюдательные (мониторинговые)** – для контроля за процессом.
- **Дренажные** – для понижения уровня подземных вод.
- **Разведочно-эксплуатационные.**

32. Буровое оборудование. Бурение резкоискривленных скважин.

Оборудование: Буровые установки, насосы, вертлюг, ротор, талевая система, бурильные трубы, долота.
Бурение резкоискривленных (направленных, горизонтальных) скважин: Используются **забойные двигатели** (винтовые, турбинные) и **отклонители**. Управление траекторией по данным инклинометрии.

33. Что включает конструкция скважин.

Диаметр и глубина; количество и диаметр обсадных колонн (направление, кондуктор, эксплуатационная); интервалы цементирования; тип и параметры фильтра в продуктивном интервале; конструкция устья.

34. Документация скважин.

- **Геологический журнал** (литологическое описание керна/шлама).
- **Геофизические диаграммы** (каротажные кривые).
- **Технический паспорт скважины** (конструкция, материалы, цементирование).
- **Испытания** (опрессовка, опробование).
- **Схема расположения и траектории.**

35. Дайте определение «системы разработки».

Система разработки – это совокупность взаимосвязанных горно-технических, технологических и организационных мероприятий, определяющих порядок вскрытия, подготовки и выемки полезного ископаемого с целью безопасного и эффективного его извлечения. В ФХГ определяет схему расположения и работы скважин, последовательность отработки блоков, способы управления процессом.