

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ГОЛОВНОЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ПО ОРГАНИЗАЦИИ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ И РУКОВОДЯЩИХ
КАДРОВ СИСТЕМЫ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**ОТРАСЛЕВОЙ ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ ПРИ ТАШКЕНТСКОМ
ГОСУДАРСТВЕННОМ ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

по модулю

**ДОБЫЧА РУД РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ
ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СПОСОБОМ**

направление

**«ДОБЫЧА, ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ РЕДКИХ И
РАДИОАКТИВНЫХ МЕТАЛЛОВ»**

ТАШКЕНТ -2019

Данный учебно-методический комплекс разработан на основании учебного плана и программы утвержденного приказом Министерства высшего и среднего специального образования Республики Узбекистан № 1023 от 2 ноября 2019 года.

Разработатель: И.У. Халимов-старший преподаватель НГГИ

Рецензент: Зоиров Ш.-д.т.н., профессор

Данный учебно-методический комплекс рекомендован к изданию Советом Ташкентского государственного технического университета (протокол №1 от 24 сентября 2019 года).

СОДЕРЖАНИЕ

<u>I. Рабочая программа</u>	4
<u>II. Интерактивные методы обучения, используемые в модуле</u>	9
<u>III. Теоретические Материалы</u>	13
<u>IV. Материалы практических занятий</u>	40
<u>V. Банк кейсов</u>	54
<u>VI. Глоссарий</u>	56
<u>VIII. Список литературы</u>	68

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ВВЕДЕНИЕ

Программа составлена на основе указа ПФ-4732 от 12 июня 2015 года Президентом Республики Узбекистан «О мерах улучшения системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших учебных заведений», цель которой является улучшение, переподготовка и суть процесса повышения квалификации на основе современных требований, а так же поставленная задача регулярно повышать профессиональную компетентность педагогических кадров высших учебных заведений.

Рабочая программа включает в себя изучение теоритических и практических основ перспективных направлений разработки месторождений полезных ископаемых, средства, методы, структуру и организацию проведения занятий по данному модулю исходя из горно-геологических и горно-технических факторов. Планирован и решение задач по разработке месторождений полезных ископаемых с учетом мировой прктики.

Цель и задачи учебного модуля

Целью модуля “**Добыча руд редких и радиоактивных металлов геотехнологическом способом**” является обеспечение современными информационными данными на основе метода геотехнология (подземное выщелачивание) металлов (редких и радиоактивных) из руд на месте их залегания в недрах с помощью химических реагентов с последующей переработкой на поверхности полученных продуктивных растворов.

Задание модуля “**Добыча руд редких и радиоактивных металлов геотехнологическом способом**”

- ознакомление с актуальными проблемами специализации направления и их решениями;

В результате освоения дисциплины слушатели должны знать:

методы решения технологических аспектов и технико-экономических задач для добычи полезных ископаемых методом подземного выщелачивания.

- определения основных параметров подземного выщелачивания.

Требования, предъявляемые к знаниям, умениям и навыкам по модулю

Слушатель, в пределах задач модуля “**Добыча руд редких и радиоактивных металлов геотехнологическом способом**” должен:

иметь представление и охарактеризовать:

- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии в добыча руд редких и радиоактивных металлов;
- по основам профессиональных знаний и готовностью к использованию их в горным деле;
- базовыми знаниями в областях информатики и современных информационных технологий, навыками использования программных средств и

работы в компьютерных сетях, умение создавать базы данных и использовать ресурсы Интернет;

- способностью к анализу и синтезу;
- умением понять поставленную задачу;
- умением формулировать результаты;
- умением на основе добыча руд редких и радиоактивных металлов;
- умением самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;

Слушатели по итогам изучения дисциплине “**Добыча руд редких и радиоактивных металлов геотехнологическом способом**” приобретут **знания** составления электронных учебно-методических баз данных.

знать:

- сущность основных понятий изучаемых в добыча руд редких и радиоактивных металлов;
- основные формулировки понятий добыча руд редких и радиоактивных металлов;
- основные методы добыча руд редких и радиоактивных металлов.

уметь:

- самостоятельно использовать теоретические и практические знания для решения задач различных типов и уровней сложности, как в рамках изучаемой дисциплины, так и в других дисциплинах, использующих материалы в добыча руд редких и радиоактивных металлов;
 - анализировать полученные результаты, и прогнозировать их на добыча руд редких и радиоактивных металлов
 - **владеть навыками:**
- символикой изучаемой дисциплины;
- терминологией изучаемой дисциплины;
- навыками практического использования математического аппарата дисциплины для решения различных задач, возникающих в дальнейшей учебной и профессиональной деятельности;
- навыками научного творчества.
- пользования и применения на практике компьютерных и коммуникационных технологий;
- создания показательных презентаций для лекционных и практических занятий с применением современных педагогических и информационных технологий, их применения на практике;
- создания и использования электронной учебно-методической базы по данному модулю дисциплины.

Рекомендации по проведению и организации учебного модуля

При проведении обучения запланировано использование современных методов, педагогических и информационно-коммуникативных технологий:

– лекции запланировано проводить в форме презентаций с использованием современных компьютерных технологий;

– практические занятия запланировано проводить с помощью интерактивных методов (кейс-стади, деловые игры, интервью и др.).

Взаимосвязь учебного модуля с другими модулями

Содержание модуля непосредственно связано с другими блоками учебного плана и служит для решения вопросов перспективы разработки и переработки полезных ископаемых и машины и комплексы в горном деле путем внедрения новой техники и технологий данной отрасли.

Роли модуля в высшем образовании

Формирование системных навыков, умений и компетенций на основе поэтапного формирования знаний. Обновление ранее полученных знаний навыков на основе переподготовки специалистов горного профиля.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЧАСОВ

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них:			Самостоятельная работа
				теоретические	практические	Выездные занятия	
1	Общие сведения о физико-химической геотехнологии урана	2	2	2			
2	Основные элементы и этапы геотехнологического процесса	4	4	2	2		
3	Геотехнологические условия и параметры	8	8	2	2	4	
4	Выбор оптимальных технологических параметров скважинной гидродобычи полезных ископаемых	2	2		2		
Общие		16	16	6	6	4	

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

1-тема: Общие сведения о физико-химической геотехнологии урана

Способ подземного выщелачивания, в настоящее время, является одним из наиболее перспективных методов добычи урана, а также золота и ряда других редких и

цветных металлов. При разработке месторождений полезных ископаемых методом подземного выщелачивания происходит воздействие на залежь на месте её залегания с целью перевода полезных компонентов в раствор и последующее их извлечение, как правило, через скважины, буримые с поверхности до месторасположения залежи.

2-тема: Основные элементы и этапы геотехнологического процесса.

Технологическая схема отработки месторождения способом подземного выщелачивания включает в себя следующие элементы: технологические и наблюдательные скважины; магистральные и разводящие трубопроводы; отстойники, насосные станции; узлы подготовки рабочих растворов с устройствами для дозированной подачи реагентов; компрессорная станция и система воздухопроводов; средства раствороподъёма; перерабатывающие установки; система электроснабжения, склады реагентов и вспомогательные помещения.

3-тема: Геотехнологические условия и параметры

Эффективность разработки месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания зависит от комплекса природных и технологических факторов. Геотехнологическими условиями называют комплекс природных факторов, которые влияют на возможность, ход и результаты геотехнологического процесса. Процесс скважинного подземного выщелачивания включает в себя гидродинамические и физико-химические процессы. Гидродинамическими процессами определяется движение технологических растворов от закачных скважин к рудному телу и от рудного тела к откачным скважинам.

СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ МОДУЛЯ

На практических занятиях у слушателей закрепляются изученные теоретические основы, решаются практические задачи. Полученные знания и навыки подкрепляются по учебникам и учебным пособиям, лекционным материалам, научным статьям и тезисам, раздаточными материалами а также интернет информациями.

Практическая работа № 1

Технологические схемы вскрытия, подготовки и разработки залежи по геотехнологическому способу

Подготовка месторождения к эксплуатации – комплекс работ, связанный с доразведкой месторождения и его вскрытием, т.е. сооружением добычных скважин, их закачиванием, исследованием, оборудованием и подготовкой к эксплуатации.

Практическое занятие №2

Методы определения гидродинамических параметров на гидрогенных пластовых месторождениях, обрабатываемых способом ПВ.

Изучение расчета параметров технологии методом графоаналитическим методы определения фильтрационных параметров по данным откачных скважинах.

Практическое занятие №3

Выбор оптимальных технологических параметров скважинной гидродобычи полезных ископаемых

Скважинная гидродобыча (СГД)- метод подземной добычи твердых полезных ископаемых, основанный на приведении полезного ископаемого на месте залегания в подвижное состояние путём гидромеханического воздействия и выдачи его в виде гидросмеси на поверхность.

Внеаудиторные занятия

Тема: Геотехнологические условия и параметры.

Знакомство слушателей с научной лабораторией кафедры «Горные дело», ТашГТУ.

Форма обучения

Форма обучения отражает такие внешние стороны учебного процесса, как способ его существования: порядок и режим; способ организации обучения: лекция, семинар, самостоятельная работа и пр; способ организации совместной деятельности обучающего и обучающихся: фронтальная, коллективная, групповая, индивидуальная.

При обучения важным является выбор формы организации учебной деятельности участников:

- **Фронтальная** – одновременное выполнение общего учебного задания всеми участниками. Характер полученного результата: итог индивидуальных достижений. При этом более подготовленные выполняют больший объем работы.

- **Коллективная** – коллективное, совместное выполнение общего учебного задания всеми студентами. Характер полученного результата: итог коллективного творчества.

- **Групповая** – совместное выполнение единого задания в малых группах. Характер полученного результата: итог группового сотрудничества на основе вклада каждого.

- **Индивидуальная** – индивидуальное выполнение учебного задания. Характер полученного результата: итог индивидуального творчества. Обычно предшествует групповой работе.

II. ИНТЕРАКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В МОДУЛЕ

"Мозговой штурм"

Мозговой штурм (брейнсторминг - мозговая атака) – метод коллективной генерации идеи решения научной или практической задачи.

Во время мозгового штурма участники стремятся совместно решить сложную проблему: высказывают свое мнение по решению задачи (генерируют), отбирают наиболее соответствующие, эффективные и оптимальные идеи без критики остальных вариантов, обсуждают отобранные идеи и развивают их, а также оцениваются возможности их обоснования или опровержения.

Основная цель мозговых атак – активизация учебной деятельности, самостоятельное изучение проблемы и развитие мотивации его решения, культура общения, формирование коммуникативных навыков, избавление от инерции мышления и преодоление привычного хода мышления при решении творческой задачи.

- **Прямой коллективный мозговой штурм** – обеспечивает сбор максимального числа мнений насколько это возможно. Вся группа исследования (не более 20 человек) занимается решением одной проблемы.

- **Массовый мозговой штурм** – дает возможность резко повысить эффективность генерации идей в большой аудитории, разделенной на микрогруппы.

- В каждой группе решается один из аспектов проблемы.

Пример занятия по методу "Мозговой штурм"

1. Дайте определение понятия геотехнологии.?
2. Опишите основные этапы геотехнологического процесса"?
3. Из каких основных частей состоит геотехнологическое предприятие "?
4. Какими особенностями обладает геотехнологический способ разработки месторождений полезных ископаемых?
5. Приведите классификацию геотехнологических способов разработки месторождений полезных ископаемых?
6. Опишите современное применение геотехнологии?
7. Как определяются размеры профильной линии наблюдательной станции?
8. Почему задача оптимизации параметров технологии СГД является многокритерильной?
9. Какие виды затрат учитываются в методике расчета?
10. Почему не оправдано повышение концентрации кислоты для выщелачивания?
11. Почему необходимо проводить уточнение концентрации за счет Q_n .

КЕЙС-СТАДИ

«Кейс-стади» (Case-study) – это система обучения, основывающаяся на анализе, решении и обсуждении реальных и смоделированных (вымышленных)

ситуаций. Метод «кейс-стади» интегрирует в себе технологии развивающего обучения, включая процедуры индивидуального, группового и коллективного развития, и формирования различных личностных качеств обучаемых.

Под методом «кейс-стади» понимается активный метод обучения, основанный на организации преподавателем в группе обучающихся обсуждения задания, представляющего собой описание конкретной ситуации с явной или скрытой проблемой.

Кейс-стади (от англ. слова *case* – реальная ситуация) – метод конкретных реальных ситуаций.

Сущность кейс-стади – изучение общих закономерностей на примере анализа конкретных случаев.

Что такое кейс? Кейс – это жизненная история, включающая в себя необходимую информацию: для принятия решения, для разрешения конфликта или проблемы, которая может быть предложена для обсуждения в группе и выявления позиций слушателей по существу вопроса.

Особое место в организации обсуждения и анализа кейса принадлежит использованию метода генерации идей, получившего название «мозговой атаки» или «мозгового штурма». В процессе обучения «мозговая атака» выступает в качестве важнейшего средства развития творческой активности участников.



Этап I. Погружение в проблему:

- Приветствие. Визуализация.
- Актуализация проблемы.
- Круг вопросов для обсуждения.
- Презентация системы работы.
- Выводы.

Этап II. Осмысление содержания:

- Презентация новой информации.

Этап III. Разработка кейса:

- Презентация промежуточной информации.
- Промежуточные выводы.
- Представление окончательной информации и выводов.

III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1-ТЕМА. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГЕОТЕХНОЛОГИИ УРАНА

План:

1. *Геотехнологический способ разработки месторождений полезных ископаемых*
2. *Сущность и классификация геотехнологических способов разработки полезных ископаемых*
3. *Подземное выщелачивание урана*
4. *Типы урановых месторождений, разрабатываемых методом подземного выщелачивания*

Ключевые слова: *Физико-химическая геотехнология, химические вещества, флюид, залежь,*

Цель занятий: ознакомить студентов с основами технологии добычи геотехнологическим способом.

Физико-химическая геотехнология - это химические, физикохимические, биохимические и микробиологические методы воздействия на залежь полезных ископаемых на месте их залегания с целью перевода полезных компонентов в подвижное состояние (флюид) и последующее извлечение, как правило, через скважины, буримые с поверхности до месторасположения залежи.

Основными этапами геотехнологического процесса являются:

- 1) подготовка рабочих агентов (химические вещества, энергия, микроорганизмы и т.д., и их носители) с помощью которых воздействуют на залежь полезных ископаемых;
- 2) введение рабочих агентов в залежь полезных ископаемых;
- 3) перевод полезных компонентов в подвижное состояние в результате действия рабочих агентов;
- 4) выдача продуктивных флюидов на поверхность;
- 5) извлечение из продуктивных флюидов полезного компонента.

Геотехнологическое предприятие состоит из трех основных частей: участок подготовки рабочих агентов, добычное (геотехнологическое) поле, участок переработки продуктивных флюидов. Геотехнологическое предприятие представляет собой сложную распределенную природноантропогенную систему. Управление добычей осуществляется с помощью изменения режимов подачи рабочих агентов и их параметров.

Геотехнологический способ разработки месторождений полезных ископаемых обладает следующими особенностями:

- разработка месторождения ведется с помощью систем технологических скважин, служащих для вскрытия и подготовки месторождения, воздействия на залежь и извлечения полезного компонента;
- залежь полезных ископаемых является одновременно объектом разработки и местом частичной переработки полезного ископаемого;
- разработка месторождения зонально и перемещается во времени;
- управление процессом добычи осуществляется с помощью изменения расположения и режимов работы технологических скважин, параметров (температура, концентрация реагентов т т.д.) рабочего агента;

Управление процессом добычи осложняется недостатком информации о состоянии продуктивного горизонта и параметрах технологического процесса, значительной инерционностью (время реакции системы на управляющее воздействие может составлять несколько месяцев), ограниченными возможностями воздействия на движение флюидов, большим числом различных взаимосвязанных физико-химических процессов, происходящих в продуктивном горизонте.

Сущность и классификация геотехнологических способов разработки полезных ископаемых

Подземное выщелачивание как новый, прогрессивный метод в настоящее время широко применяется при добыче урана.

При использовании этого метода отпадает необходимость строительства дорогостоящих рудников или карьеров и гидрометаллургических заводов, расходования многих материалов; сокращается численность работающих на строительстве и при эксплуатации месторождений; можно разрабатывать месторождения с бедным содержанием урана. Дальнейшее расширение добычи урана будет сопровождаться совершенствованием метода подземного выщелачивания, его технических средств и технологических процессов.

Сущность геотехнологических методов заключается в переводе полезного ископаемого в подвижное состояние.

Классификация геотехнологических способов по процессам добычи, в основе которых лежат вид и способ перевода полезного ископаемого в подвижное состояние, приведена в табл. 1.1.

Классификация геотехнологических способов разработки месторождений
полезных ископаемых

Вид подвижного состояния полезного ископаемого	Способы перевода полезного ископаемого в подвижное состояние		
	Физические	Химические	Комбинированные (комплекс физических, химических и биологических воздействий)
Газообразное	Воздействие температуры, давления (сублимация, перегонка)	Окисление, разложение (частичное или полное сжигание, обжиг)	Химические реакции с участием физических полей, микробиологического воздействия
Жидкотекучее (расплав, раствор)	Воздействие температуры, давления (плавление, перегонка, нагрев)	Выщелачивание и растворение с образованием молекулярных растворов	Растворение, выщелачивание и гидрогенизация с участием физических полей,
Гидромеханическая смесь	Гидро-, пневморазрушение, воздействие физическими полями	Растворение связующего вещества	Диспергирование поверхностно-активными веществами, химическими реагентами с участием физических полей, микробиологического

Особенности геотехнологических способов разработки полезных ископаемых:

- разработка месторождения ведется через скважины, которые служат для вскрытия, подготовки и добычи полезного ископаемого;
- месторождение является и объектом, и местом добычи и переработки полезного ископаемого, т. к. технология предусматривает избирательное извлечение полезного компонента;
- геотехнологическое предприятие - промысел (станция) - включает три основных элемента: блок подготовки рабочих агентов, добычное поле, блок переработки продуктивных флюидов;
- инструментом добычи служат рабочие агенты - энергия или ее носители, вводимые в добычное поле;
- под воздействием рабочих агентов полезное ископаемое изменяет свое

агрегатное состояние или превращается в другое вещество, образуя продуктивные флюиды, обладающие легкой подвижностью;

- разработка месторождения имеет зональный характер и перемещается во времени относительно скважин и контуров месторождения;
- управление добычей осуществляется с поверхности путем изменения характеристики и параметров подачи рабочих агентов.

Геотехнологические способы широко используются для добычи ряда полезных ископаемых: соли, серы, урана, меди и др. По другим полезным ископаемым ведутся полупромышленные, опытные и лабораторные исследования.

В настоящее время наибольшее применение нашли следующие геотехнологические способы:

- *подземное растворение* - метод добычи полезных ископаемых растворением его на месте залегания. Применяется для разработки соляных месторождений и создания подземных емкостей;
- *подземное выщелачивание* - метод добычи полезных ископаемых избирательным растворением их химическими реагентами на месте залегания с извлечением на поверхность продукционных растворов. Подземное выщелачивание относится к фильтрационным процессам и основано на химических реакциях «твердое тело - жидкость». В основном оно применяется для добычи цветных, редких и радиоактивных металлов. Бактериальное выщелачивание - метод интенсификации выщелачивания с помощью микроорганизмов;
- *подземная выплавка* - метод добычи легкоплавких минералов посредством подачи теплоносителя по скважинам в залежь и извлечения полезного ископаемого на поверхность в виде расплава. Применяется для добычи серы (метод Фраша), вязких углеводородов;
- *подземная газификация* - метод добычи полезных ископаемых путем перевода их в газообразное состояние. Например, подземный термохимический процесс перевода угля в газ, пригодный для энергетических и химико-технологических целей;
- *скважинная гидродобыча* - метод добычи, основанный на приведении полезного ископаемого в подвижное состояние путем гидромеханического воздействия и выдачи в виде гидросмеси на поверхность.

Такое полезное ископаемое, как тепло Земли, входит в сферу геотехнологии. Использовать тепло Земли можно, утилизируя природные парогидротермы, а также (идея академика В. А. Обручева) тепло глубинных «сухих» горных пород.

Основными проблемами геотехнологии являются:

- Установление связи физико-геологической обстановки залежи, полезного ископаемого и вмещающих пород с рабочими агентами и средствами добычи на уровне молекул, ионов, атомов;
- совершенствование управления геотехнологическими процессами с целью повышения их производительности и селективности;
- создание новых и совершенствование известных технологий прямого превращения ископаемого в целевые компоненты, основанных на малооперационности, поточности, простоте обслуживания и надежности, безотходности, малой энергоемкости, высокой производительности труда и низкой себестоимости;
- совершенствование технологии переработки и утилизации добытых продуктивных флюидов;
- охрана окружающей среды и социальные аспекты горного дела.

В табл. 1.2 приведены основные сведения о современном состоянии использования геотехнологических способов разработки месторождений полезных ископаемых.

Заслуживают изучения такие перспективные методы, как гидрогенизация угля и битумов на месте их залегания, скважинная добыча углей воздействием на них углеводородов, использование земных недр в качестве реакторов для осуществления технологических процессов, протекающих при высоких температурах и давлениях.

Таблица 1.2

Современное состояние использования геотехнологических способов

Способ	Объекты промышленного освоения	Объекты полупромышленных и опытных исследований, разработки, предложения и патенты
Подземное растворение	Месторождения каменной соли, калийных солей	Месторождения бишофита, соды, глауберовой соли
Подземное выщелачивание	Зоны окисления сульфидных месторождений меди и никеля. Уран инфильтрационных и осадочно-инфильтрационных месторождений, а также забалансовые участки	Месторождения марганца, сульфидные месторождения меди, свинца, цинка и никеля, золота, титана, известняка. Осадочные бурожелезняковые месторождения
Подземная выплавка	Месторождения самородной серы	Сера в непроницаемых рудах, битум и тяжелая нефть. Озокерит, сера вулканогенных месторождений, асфальтит, металлы

Подземная газификация	Месторождения каменного и бурого угля	Осушенные месторождения серы. Известняк, месторождения горючих сланцев, руд, содержащих мышьяк и ртуть
Скважинная гидродобыча	Месторождения фосфоритов, строительных песков	Осадочные месторождения металлов, строительные пески и гравий. Титан, золото и алмазы, касситерит в погребенных россыпях, желваковые фосфориты, уголь, мягкие бокситы, железо и т. д.
Добыча полезных ископаемых из под-	Месторождения йодобромистых вод, содержащих бор, уран, стронций	Сточные воды шахт, рудников и нефтепромыслов
Извлечение и использование тепла Земли	Природные парогидротермы	Тепло «сухих» горных пород

Наиболее полно вопросы теории геотехнологии, вскрытия, подготовки и систем разработки, специфика проектирования и методы расчёта параметров добычи геотехнологическими методами изложены в монографии В.Ж. Аренса, [1].

Подземное выщелачивание урана

Из описанных выше различных геотехнологических способов для разработки месторождений урана применяется подземное выщелачивание. Под выщелачиванием понимается перевод в раствор одного или нескольких компонентов твёрдого вещества с помощью водного или органического растворителя (возможно участие газов - окислителей или восстановителей). Часто применяемые растворители: вода, водные растворы кислот (в основном серной и соляной) и щелочей (аммиак, едкий натр), солей (углекислый натрий или алюминий), цианиды. Примерами выщелачивания служат щелочное извлечение лигнина из древесины, растворение в горячей воде сахара из свёклы и сахарного тростника, извлечение металлов из руд и концентратов (гидрометаллургия). Как правило, выщелачивание включает в себя два процесса: химический (перевод полезного компонента в растворимое состояние) и физико-химический (растворение).

Основными системами подземного выщелачивания (ПВ) являются:

- скважинная, с использованием естественной проницаемости руд (как правило, пористого типа);
- шахтная, с использованием естественной проницаемости трещиноватых рудовмещающих пород;
- шахтная, с созданием искусственной проницаемости руд буровзрывными работами.

Способ скважинного подземного выщелачивания разрабатывается с начала 1920-х годов и в настоящее время является одним из наиболее перспективных методов добычи урана и ряда других металлов (золота, меди, рения, скандия, молибдена и др.). Скважинное подземное выщелачивание является наиболее привлекательным и эффективным по сравнению с традиционными способами добычи. Уран добывается этим методом с конца 1950-х годов. В настоящее время около четверти всего урана добывается методом подземного выщелачивания. Особенно широко этот метод применяется в Казахстане, Узбекистане и США, где таким способом добывается практически весь уран. В России способ подземного выщелачивания применяется при разработке Далматовского, Хохловского (Зауральский ураново рудный район) и Хиагдинского (Витимский урановорудный район) месторождений урана.

Методом скважинного подземного выщелачивания разрабатывают месторождения урана, в которых рудное тело находится в хорошо проницаемой геологической среде (как правило, в подземном водоносном горизонте - продуктивном горизонте). Извлечение урана из рудного тела происходит с помощью системы технологических скважин, которые объединяются в технологические ячейки и блоки. Через нагнетательные скважины в продуктивный горизонт нагнетается выщелачивающий (рабочий) раствор, содержащий реагенты, способные растворять минералы урана. В результате физико-химического взаимодействия урановых минералов и вмещающих пород с выщелачивающими реагентами в подземном водоносном горизонте образуется содержащий уран продуктивный раствор, который выдается на поверхность посредством системы откачных скважин. В процессе переработки продуктивного раствора из него извлекается уран, а оставшиеся маточные растворы до укрепляются выщелачивающими реагентами и снова подаются в нагнетательные скважины в качестве рабочего раствора. В настоящее время в качестве рабочих агентов (рабочих растворов) при подземном выщелачивании урана применяются слабые водные растворы серной кислоты, а также карбонаты (бикарбонаты) аммония, натрия, калия, кальция, магния.

Эффективность процесса подземного выщелачивания зависит от типа урановой минерализации. Основными урановыми минералами в месторождениях, отработываемых способом скважинного подземного выщелачивания, являются окислы урана (настуран, урановая чернь) и силикаты урана (коффинит). Применительно к подземному выщелачиванию урановые руды можно условно разделить на три группы.

В первую группу входят руды, из которых выщелачивание урана без применения окислителей затруднено. Эти руды содержат минералы, в которых

уран находится, в основном, в четырехвалентной (восстановленной) форме (окислы урана - уранинит, настуран или урановая смолка, силикат урана - коффинит).

В рудах второй группы уран находится, по большей части, в шестивалентном состоянии и легко переходит в слабые серноокислотные и щелочные растворы. Минералами, составляющими эти руды, являются гидроокислы - скупит и др., ванадаты - карнотит, тюямунит и др., фосфаты - отенит, торбернит и др., силикаты - уранофан и др.

Третью группу составляют практически не растворимые в слабых серноокислотных и щелочных растворах без применения интенсифицирующих методов (измельчение, подогрев, высокие концентрации выщелачивающих реагентов и т.д.) минералы: давидит, браннерит и др.

Состав некоторых урансодержащих минералов приведен в таблице 3.

Минерал	Основной состав минерала	Содержание урана, %
Уранинит	$UO_2, UO_3 + ThO_2, CeO_2$	65-74
Коффинит	$U(SiO_4)_{i-x}(OH)_{4x}$	~50
Карнотит	$K_2(UO_2)_2(VO_4)_2 \cdot 2H_2O$	~50
Тюямунит	$CaO \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot nH_2O$	50-60
Отенит	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot nH_2O$	~50
Торбернит	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot nH_2O$	~50
Уранофан	$CaO \cdot UO_2 \cdot 2SiO_2 \cdot 6H_2O$	~57
Казолит	$PbO_2 \cdot UO_3 \cdot SiO_2 \cdot H_2O$	~40
Самарскит	$(Y, Er, Ce, U, Ca, Fe, Pb, Th) (Nb, Ta, Ti, Sn)_2O_6$	3-14
Браннерит	$(U, Ca, Fe, Y, Th)_3Ti_5O_{i5}$	40
Цейнерит	$Cu(UO_2)_2(AsO_4)_2 \cdot nH_2O$	50-53
Шрекингерит	$Ca_3NaUO_2(CO_3)_3SO_4(OH) \cdot 9H_2O$	25

Интенсивность процесса подземного выщелачивания также зависит от доступности поверхности урановых минералов для реагента. Наиболее благоприятными являются условия, когда урановые минералы присутствуют в тонкодисперсных порошковых формах, находятся на открытых поверхностях пор и трещин.

Для успешной разработки месторождений урана методом скважинного

подземного выщелачивания необходимо выполнение следующих условий:

- рудное тело и рудовмещающий горизонт обладают высокой проницаемостью;
- гидрогеологическое строение рудовмещающего горизонта позволяет рабочим раствором перемещаться от закачных скважин к рудному телу, и, затем, к откачным скважинам;
- ураносодержащие минералы легко разрушаются под действием рабочих растворов с небольшой концентрацией выщелачивающего реагента с последующим переходом урана в раствор;
- расход выщелачивающего реагента на взаимодействие с породообразующими минералами незначителен.

Основными преимуществами скважинного подземного выщелачивания урана, по сравнению с традиционными подземными и открытыми горными способами, являются:

- возможность разработки месторождений со сложными условиями залегания, вовлечение в отработку бедных и забалансовых руд;
- снижение сроков строительства и капитальных вложений на строительство предприятия;
- высокая технологичность производства;
- повышение производительности труда по конечной продукции;
- улучшение условий труда и снижение риска;
- уменьшение отрицательного воздействия на окружающую среду (прежде всего атмосферу, земную поверхность).

Типы урановых месторождений, разрабатываемых методом подземного выщелачивания

Образование месторождений урана связано с геохимическими особенностями его поведения [6-9]. Шестивалентные соединения урана имеют высокие миграционные способности в подземных водах в отличие от четырехвалентных соединений. Переходя из раствора в твердую фазу, уран образует как самостоятельные минералы, так и входит в состав неурановых минералов в виде примесей. Из всего разнообразия урановых месторождений для промышленного освоения наиболее интересны магматогенные (гидротермальные), образующиеся в результате глубинных магматических и метаморфических процессов, и экзогенные, формирующиеся под влиянием факторов земной поверхности. Как правило, месторождения урана, отрабатываемые методом скважинного подземного выщелачивания, относятся к классу экзогенных и объединяются в подгруппу «инфильтрационные» (также используется термин «месторождения зон пластового окисления»).

Согласно современным представлениям, образование месторождений происходит в результате инфильтрации кислородосодержащих атмосферных вод по проницаемым зонам земной коры. Вначале имеет место выщелачивание урана из горных пород, а после израсходования растворенного кислорода на окисление находящихся в породе восстановителей происходит образование плохо растворимых минералов урана. Таким образом, скважинное подземное выщелачивание урана можно рассматривать как процесс, обратный формированию месторождений.

Инфильтрационные месторождения образуются в результате движения подземных вод и отложения переносимого ими урана на окислительно-восстановительном барьере. В соответствии с этим, месторождения урана можно классифицировать по гидрогеологическому виду рудообразующих подземных вод и типу восстановителей.

В зависимости от вида рудообразующих подземных вод инфильтрационные месторождения разделяются на:

- пластово-инфильтрационные (латеральное движение пластовых напорных вод);
- грунтово-инфильтрационные (нисходящее и частично латеральное движение грунтовых ненапорных вод);
- ураноугольные (нисходящее и частично латеральное движение грунтово-пластовых слабонапорных и ненапорных вод);
- трещинно-инфильтрационные (нисходящее движение трещинных ненапорных вод);
- карстово-инфильтрационные (нисходящее движение карстовых ненапорных вод).

По типу восстановителей месторождения можно разделить на образованные сингенетическими восстановителями (углистое вещество, растительный детрит, массивные угли) и эпигенетическими восстановителями (дисульфиды железа, нефть и битумы, восстановительные газы - сероводород, углеводороды, водород).

Для отработки методом скважинного подземного выщелачивания наиболее подходят пластово и грунтово-инфильтрационные месторождения. Пластово-инфильтрационные месторождения образуются на геохимических барьерах, созданных различными восстановителями. Грунтово-инфильтрационные месторождения связаны с сингенетическим типом восстановителей.

В соответствии с опытом добычи урана различными системами подземного выщелачивания месторождения можно разделить на технологические группы, типы и подтипы, как это представлено в таблице 4 [2].

Таблица 4 - Геолого-технологическая группировка месторождений урана, отрабатываемых методом подземного выщелачивания

Технологическая группа (по проницаемости руд для выщелачивающих растворов)	Технологический тип (по условиям образования скважности и составу руд и рудовмещающих пород)	Технологический подтип (по форме рудных тел)
Месторождения с естественной проницаемостью: рудные тела проницаемы для растворов, ис используемых при подземном выщелачивании (Кф>0,1 м/сут.)	Месторождения с поровой проницаемостью рудных залежей в песках и углистых песках	Месторождения с выдержанными простыми пластообразными рудными залежами
		Месторождения с выдержанными тектонически осложненными пластообразными рудными залежами
		Месторождения с разоб-щенными небольшими пластообразными и лин-зообразными рудными залежами
	Месторождения с порово-трещинной проницаемостью рудных залежей в песчаниках, углистых песчаниках и алевролитах	Месторождения с выдержанными тектонически осложненными пластообразными рудными залежами
	Месторождения с трещинной проницаемостью рудных тел и кристаллических пород в пределах коры выветривания	Месторождения с неправильными по форме преимущественно штоковер-ковыми рудными телами
Месторождения с искус-ственно созданной про-ницаемостью: рудные тела, практически непро-ни цаемые для техноло-гических растворов (Кф<0,1 м/сут.), но сохраняют созданную прони-цаемость	Месторождения с низкой порово-трещинной прони-цаемостью рудных залежей в алевролитах	Месторождения с пласто-образными рудными залежами
	Месторождения с низкой порово-трещинной прони-цаемостью рудных тел в кристаллических породах	Месторождения с што-кверковыми рудными телами
		Месторождения с пласто-образными рудными телами

Вопросы:

1. На какие типы подразделяются буровые скважины?
2. Дайте определение эксплуатационной ячейки, блока, участка, поля.
3. Опишите схемы расположения технологических скважин в эксплуатационных

ячейках.

4. *Опишите этапы отработки запасов в эксплуатационном блоке.*

5. *Какие стадии включает в себя технологический этап?*

Используемые литературы

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М.: МГГУ, 2010, 655 с
2. Толстов Е.А. Физико-химические геотехнологии основных месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: МГГУ, 2001, 478 с.
3. Скворцов Д.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997, 672 с.
4. Шаровар И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений, М.: МГГУ, 1999, 240 с.
5. Кедровский О.Л. Комплексы подземного выщелачивания. М.: Недра, 1992.
6. Мамилов В.А., Петров Р.П. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 2005

2-ТЕМА ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И ЭТАПЫ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

План:

1. *Элементы геотехнологического процесса*
2. *Этапы геотехнологического процесса*

Ключевые слова: *Элементы, этапы, геотехнологический процесс,*

Технологическая схема отработки месторождения способом подземного выщелачивания включает в себя следующие элементы: технологические и наблюдательные скважины; магистральные и разводящие трубопроводы; отстойники, насосные станции; узлы подготовки рабочих растворов с устройствами для дозированной подачи реагентов; компрессорная станция и система воздухопроводов; средства раствороподъёма; перерабатывающие установки; система электроснабжения, склады реагентов и вспомогательные помещения.

Основным техническим элементом геотехнологического процесса является определенным образом сооруженная и оборудованная буровая скважина. Буровая скважина обеспечивает информационную и технологическую (материальную и энергетическую) связь между недрами (запасы урана) и поверхностью (перерабатывающий комплекс).

Буровая скважина выполняет следующие функции:

- геологическая разведка;
- вскрытие и подготовка запасов;

- отработка запасов;
- управление движением технологических растворов в продуктивной толще;
- контроль качества и количества откачиваемых и закачиваемых растворов;
- контроль гидродинамических и физико-химических параметров процесса выщелачивания;
- контроль полноты извлечения урана из руд.

Буровые скважины подразделяются на технологические, наблюдательные, контрольные, разведочные. Технологические скважины в свою очередь подразделяются на закачные и откачные. Закачные (нагнетательные) используются для подачи в недра рабочих растворов. Откачные (разгрузочные) скважины применяются для подъема продуктивных растворов на поверхность. Средствами подъема растворов являются эрлифт и погружные скважинные насосы. Примеры конструкций технологических скважин приведены на рисунке 22 [2]. Наблюдательные скважины предназначены для наблюдения за гидродинамическим состоянием продуктивного водоносного горизонта, условиями формирования продуктивных растворов, растеканием технологических растворов. Контрольные скважины предназначены для контроля полноты извлечения урана на отработанных участках. Разведочные скважины бурятся на всех стадиях геолого-разведочных работ

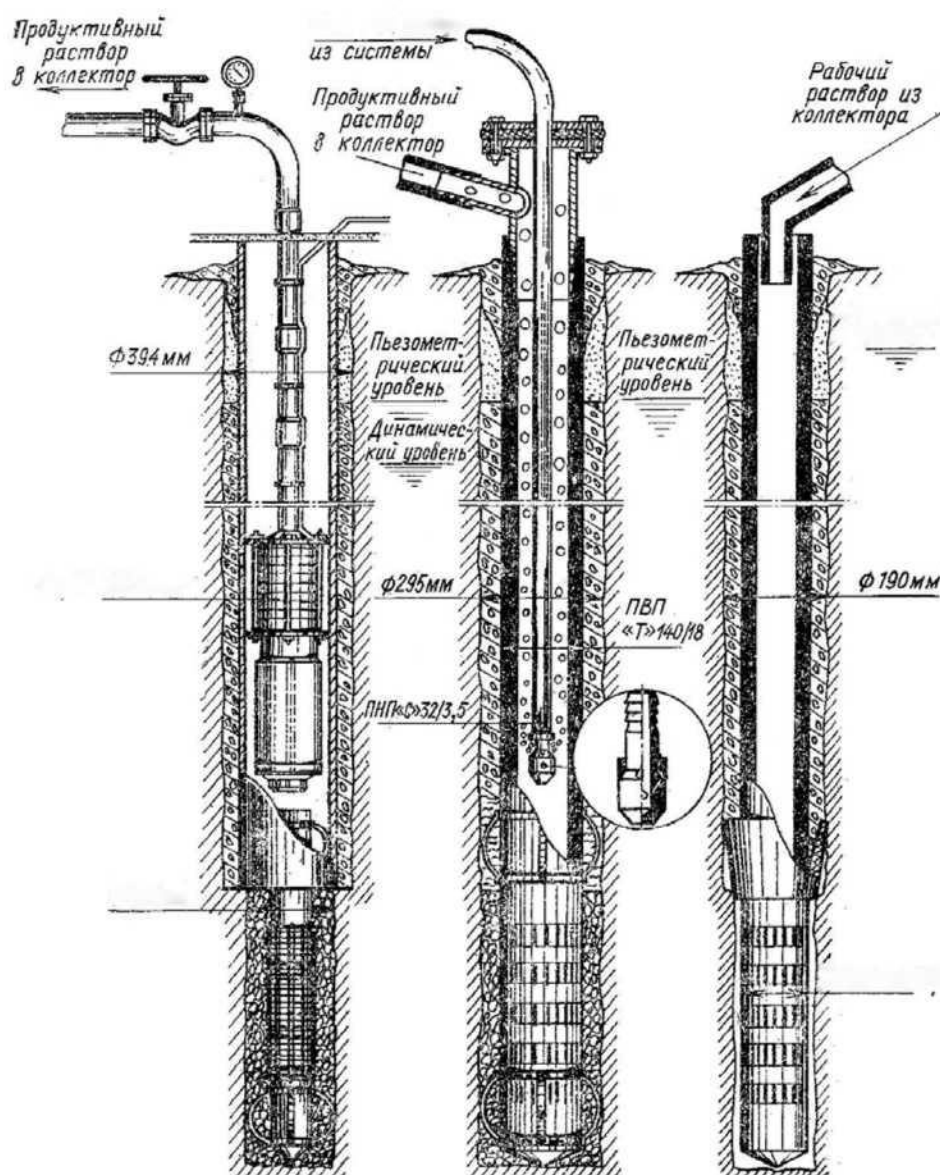


Рисунок 22 - Конструкции технологических скважин [2]: а -откачная насосная; б –откачная эрлифтная; в- закачная

Основными учетными и структурными единицами при разработке месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания являются: эксплуатационные ячейка, блок, участок, поле.

Эксплуатационная (элементарная, добычная) ячейка - часть продуктивной толщи, запасы которой обрабатываются одной откачной скважиной. Границы ячейки выбираются таким образом, чтобы она работала, по возможности, в гидродинамически изолированном режиме.

Эксплуатационный блок - группа смежных ячеек одновременно вводимых в

эксплуатацию и обрабатываемых в едином геотехнологическом режиме.

Эксплуатационный участок - группа смежных блоков имеющих связанную систему трубопроводов.

Эксплуатационное (геотехнологическое) поле - совокупность эксплуатационных участков, связанных с единой технологической установкой перерабатывающего комплекса.

Выделяют три схемы расположения технологических скважин в эксплуатационных ячейках и блоках: площадные (ячеистые); линейные (рядные); комбинированные.

Ячеистая схема - регулярное чередование на площади залежи откачных и закачных скважин, образующих правильные ячейки (треугольные, квадратные, гексагональные). Примеры эксплуатационных блоков с гексагональными и треугольными ячейками показаны на рисунке 23.

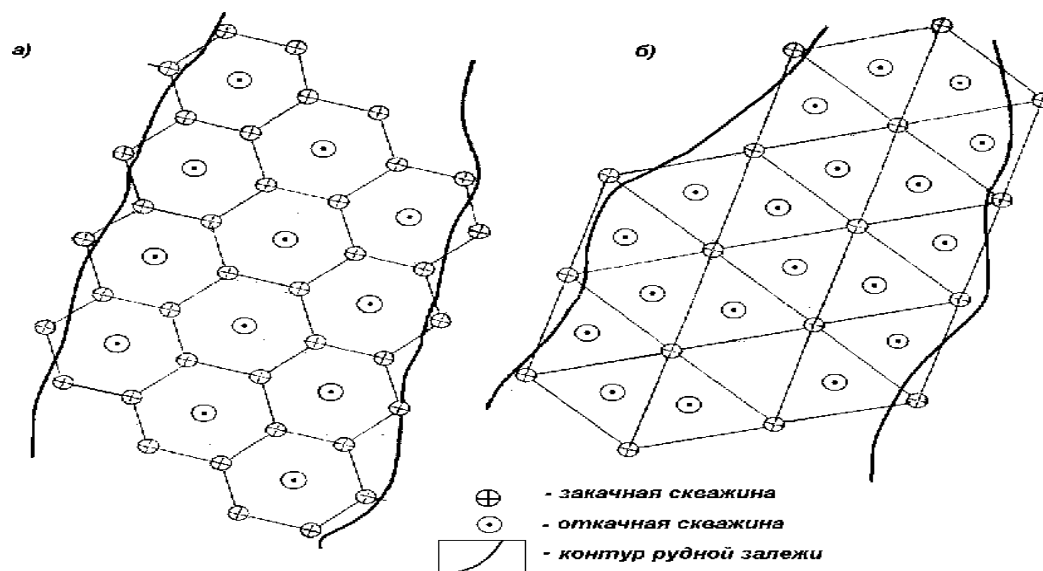
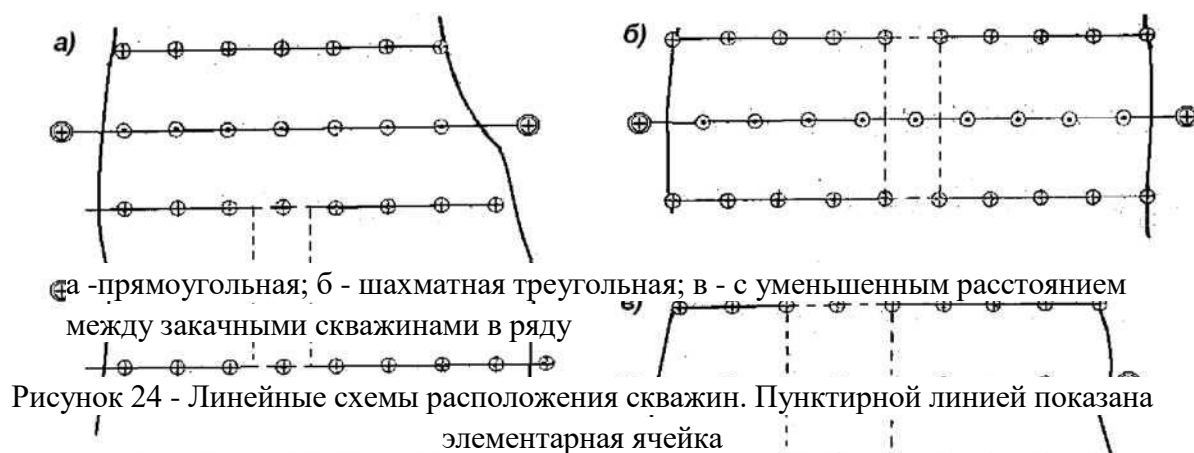


Рисунок 23 - Ячеистые схемы расположения скважин: а - гексагональная ячейка, б - треугольная ячейка

Ячеистые схемы применяются при неоднородном строении и низкой водопроницаемости руд ($K_f=0,1-1,0$ м/сут). Основные параметры схемы: расстояние между скважинами, отношение числа закачных скважин к числу откачных. Наибольшее отношение числа закачных скважин к числу откачных в схеме с гексагональными ячейками. Оно равно шести для одной ячейки, и уменьшается до двух при увеличении числа ячеек в блоке. В одной единственной треугольной ячейке на одну откачную скважину работают три закачных. Увеличение числа треугольных ячеек в блоке приводит к уменьшению отношения числа закачных скважин к числу откачных до значения 0,5.

Линейные схемы расположения скважин представляют собой чередующиеся ряды закачных и откачных скважин. Примеры линейных схем расположения скважин показаны на рисунке 24.



Линейные схемы применяются при разработке протяженных однородных по строению хорошо проницаемых залежей ($K\phi > 1,0$ м/сут). Основные параметры схемы: расстояние между скважинами в ряду и расстояние между рядами, отношение числа закачных скважин к числу откачных.

Этапы геотехнологического процесса

Отработка запасов в эксплуатационном блоке осуществляется в три этапа.

- 1) Подготовительный этап - вскрытие запасов. Бурение и освоение технологических скважин, обвязка их коммуникациями, оснащение контрольно-измерительной аппаратурой.
- 2) Технологический этап - ведение технологического процесса в недрах. Транспортировка к рудным залежам рабочих растворов, формирование продуктивных растворов, транспортировка их к откачным скважинам и подъем на поверхность.
- 3) Заключительный этап - ликвидация отработанных блоков, рекультивация рудовмещающего водоносного горизонта и поверхности земли.

Технологический этап включает в себя три стадии.

- *Закисление рудной залежи* - подача в рудовмещающий горизонт рабочих растворов с целью изменения его состояния и обеспечения условий перехода урана в раствор. Закисление эксплуатационного блока подземного скважинного выщелачивания урана – заполнение порового пространства рудного тела раствором реагента.
- *Активное выщелачивание* - формирование и извлечение из блока продуктивных

растворов.

Доработка эксплуатационных блоков (довыщелачивание, «отмывка» урана) - завершающая стадия работ по добыче урана, характеризующаяся, как правило, степенью отработки запасов более 60 - 70 % и снижением содержаний урана в продуктивных растворах до 10 мг/л. В конце стадии происходит вытеснение остаточных урансодержащих растворов пластовыми водами или рабочими растворами с низким содержанием реагентов.

Стадии технологического этапа различаются концентрацией реагентов в рабочих растворах. Также концентрации реагентов зависят от минерального состава руд и рудовмещающих пород (прежде всего от карбонатности при сернокислотном выщелачивании).

На стадии закисления применяются рабочие растворы с концентрацией кислоты от 10 г/л (мягкий режим закисления) до 30 г/л (жесткий режим закисления), в зависимости от конкретных горно-геологических условий. Мягкий режим закисления применяется при высокой карбонатности рудовмещающих пород с целью предотвращения выпадения гипса и коагуляции пористой среды. Закисление блока заканчивается, когда в откачных растворах появляется устойчивое кондиционное содержание урана (обычно более 10-15 мг/л). В случае сильно восстановительной обстановки в продуктивном горизонте на стадии закисления возможно применение окислителей (перекись водорода H_2O_2 , кислород воздуха).

Существуют два различных способа закисления: прямое и обратное (опережающее). При прямом способе подача закисляющих растворов производится в закачные скважины одновременно с откачкой пластовых вод из откачных скважин. При опережающем закислении рабочие растворы подаются в предварительно пробуренные откачные скважины. Растворы подаются до тех пор, пока фронт закисления не достигнет половины между откачными и закачными скважинами. Данный способ закисления позволяет снизить коагуляционные явления в откачных скважинах и сократить продолжительность закисления. При прямом способе закисления необходимо соблюдать баланс закаченных и откаченных растворов. В случае опережающего закисления возможно преобладание закачки вплоть до полного отсутствия откачки.

На стадии активного выщелачивания концентрация кислоты в рабочих растворах снижается до 5-15 г/л. Количество кислоты, затрачиваемой на подготовку рабочих растворов (доукрепление), зависит от концентрации кислоты в маточных растворах. В процессе выщелачивания необходимо следить за тем, чтобы кислотность продуктивных растворов не превышала определенного значения (~ 5 г/л). Повышение концентрации кислоты в продуктивных растворах

отрицательно влияет на дальнейшую их переработку. Для интенсификации процесса подземного выщелачивания на стадии активного выщелачивания применяются различные искусственные окислители (нитрит натрия $NaNO_2$, перекись водорода, кислород воздуха и др).

При отработке блоков на стадии активного выщелачивания должно строго соблюдаться гидродинамическое равновесие (баланс) закаченных и откаченных растворов, как по отдельным эксплуатационным ячейкам, так и по блокам и участкам. В этом случае, как правило, обеспечивается оптимальный гидродинамический режим фильтрации растворов в контуре блока. При дисбалансе в сторону откачки (отрицательный баланс, откачка превышает закачку) продуктивные растворы разубоживаются, вследствие подтягивания пластовых вод из-за контура блока. Дисбаланс в сторону откачки (положительный баланс, закачка превышает откачку) ведет к выходу технологических растворов за пределы рудных залежей. При этом происходят потери урана вследствие растекания и переотложения, повышается расход выщелачивающих реагентов. Следует также отметить, что при дисбалансе растворов в эксплуатационных блоках может происходить перетекание технологических растворов между смежными блоками. Это значительно усложняет, а зачастую делает невозможным поблочный учёт добычи урана (расчет движения запасов). Гидродинамическое равновесие (баланс) по отдельным эксплуатационным ячейкам, блокам и участкам устанавливается на основе данных замеров дебитов откачных и приемистости закачных скважин. В результате кольматации дебиты и приемистости скважин могут значительно изменяться. Потому своевременное проведение замеров и ремонтно-восстановительных работ очень важно для обеспечения баланса закаченных и откаченных растворов.

На этапе доработки блоков (довыщелачивания) концентрация кислоты в рабочих растворах постоянно снижается до 3 - 5г/л. Целесообразность применения окислителей определяется окислительно-восстановительным потенциалом продуктивных растворов. При завершении отработки блока происходит вытеснение урансодержащих технологических растворов с повышенной кислотностью из рудовмещающих водоносных горизонтов. Гидродинамический режим работы откачных и закачных скважин на стадии довыщелачивания может быть установлен с дисбалансом в сторону откачки. Это позволит уменьшить растекание технологических растворов за контуры эксплуатационных блоков. Образовавшийся излишек откаченных растворов можно использовать для закисления новых блоков.

Вопросы для самоконтроля

6. *Какие основные элементы включает технологическая схема отработки месторождения способом подземного выщелачивания?*
7. *Какие функции выполняет буровая скважина?*
8. *На какие типы подразделяются буровые скважины?*
9. *Дайте определение эксплуатационной ячейки, блока, участка, поля.*
10. *Опишите схемы расположения технологических скважин в эксплуатационных ячейках.*
11. *Опишите этапы отработки запасов в эксплуатационном блоке.*
12. *Какие стадии включает в себя технологический этап?*
13. *Опишите основные особенности стадии закисления.*
14. *Как изменяется концентрация кислоты на различных стадиях технологического этапа?*
15. *Почему на стадии активного выщелачивания должно соблюдаться гидродинамическое равновесие (баланс) закаченных и откаченных растворов?*

Используемые литературы

7. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М.: МГГУ, 2010, 655 с
8. Толстов Е.А. Физико-химические геотехнологии основных месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: МГГУ, 2001, 478 с.
9. Скворцов Д.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997, 672 с.
10. Шаровар И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений, М.: МГГУ, 1999, 240 с.
11. Кедровский О.Л. Комплексы подземного выщелачивания. М.: Недра, 1992.
12. Мамилов В.А., Петров Р.П. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 1982.

3. ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ И ПАРАМЕТРЫ

План:

1. *Геотехнологические параметры и прогнозные геотехнологические расчеты*
2. *Геотехнологические условия и их влияние на процесс подземного выщелачивания*

Ключевые слова; геотехнологические параметры,

Геотехнологические параметры и прогнозные геотехнологические расчеты

Эффективность разработки месторождения урана методом скважинного подземного выщелачивания зависит от комплекса природных и технологических факторов. Геотехнологическими условиями называют комплекс природных

факторов, которые влияют на возможность, ход и результаты геотехнологического процесса. Процесс скважинного подземного выщелачивания включает в себя гидродинамические и физико-химические процессы. Гидродинамическими процессами определяется движение технологических растворов от закачных скважин к рудному телу и от рудного тела к откачным скважинам. Физико-химические процессы участвуют в гетерогенной химической реакции на поверхности раздела жидкой и твердой фаз, с образованием растворимых соединений урана. Величины, позволяющие количественно прогнозировать результаты геотехнологического процесса, называются геотехнологическими параметрами.

Геотехнологические параметры могут быть геологическими, гидро-геологическими и технологическими.

Параметрами геологического строения блока (участка) являются:

- площадь блока или участка (S , м²);
- мощность рудовмещающего водоносного горизонта (M , м);
- мощность рудной залежи (m , м);
- среднее массовое содержание урана в руде (c , %);
- площадная продуктивность рудной залежи - количество урана, приходящегося на 1 м² рудной залежи (кг/м²);
- объемная масса руды (ρ , т/м³).

Гидрогеологическими параметрами блока (участка) являются:

- коэффициент фильтрации рудовмещающего пласта (κ_n , м/сут);
- водопроводимость рудовмещающего пласта ($T = \kappa_n M$, м²/сут);
- коэффициент фильтрации руд (κ_p , м/сут);
- фактические дебиты гидрогеологических скважин при откачках (Q_0 , м³/сут) и нагнетаниях (Q_H , м³/сут);
- фактические понижения и повышения уровня подземных вод при откачках (S_0 , м) и нагнетаниях (S_H , м);
- глубина залегания кровли пласта (h_K , м);
- глубина залегания уровня подземных вод (h_y , м);
- величина напора подземных вод над кровлей пласта (H , м).

Основными технологическими параметрами отработки блока (участка) являются:

- степень извлечения урана (e , доля от 0 до 1 или процент);
- отношение Ж/Т (f) - масса (или объем) рабочего раствора, приходящегося на единицу выщелачиваемой горнорудной массы, которая обеспечивает достижение максимальной (требуемой) степени извлечения урана;
- удельный расход кислоты на извлечение единицы массы урана при

максимальной (требуемой, заданной) степени извлечения урана (P_k , кг/кг);

- удельный расход окислителя на извлечение единицы массы урана при максимальной (требуемой, заданной) степени извлечения урана (P_o , кг/кг);
- кислотоемкость руды - отношение массы затраченной кислоты, необходимой для достижения максимальной (требуемой) степени извлечения урана, к горнорудной массе, (R , кг/т).
- коэффициент зависимости скорости выщелачивания от скорости фильтрации (ε).

Знание геотехнологических параметров позволяет достаточно просто провести прогнозные геотехнологические расчеты.

На основе параметров геологического строения рассчитываются запасы урана в контуре блока (P_u , т):

$$P_u = 0.01 \cdot c \cdot \rho \cdot m \cdot S$$

Масса урана m_u , которую планируется добыть, равна произведению запасов урана P_u в контуре блока на степень извлечения ε :

$$m_u = \varepsilon P_u = \varepsilon \cdot 0.01 \cdot c \cdot \rho \cdot m \cdot S$$

Количество рабочих растворов W , необходимых для достижения требуемой степени извлечения урана, определяется произведением величины горнорудной массы на соответствующее отношение Ж/Т (f):

$$W = \rho \cdot S \cdot M \cdot f$$

Средняя концентрация урана в продуктивных растворах C_{cp} рассчитывается как отношение массы урана m_u к объему рабочих растворов W :

$$C_{cp} = \frac{\varepsilon P_u}{W} = \frac{0,01\varepsilon \cdot c \cdot m}{M \cdot f}$$

Если отношение Ж/Т (f), необходимое для достижения требуемой степени извлечения урана, определено в ходе лабораторных исследований, то при расчете средней концентрации урана необходимо учесть, что часть рабочих растворов будет фильтроваться через породы не содержащие уран. В этом случае средняя концентрация урана будет зависеть от отношения коэффициента фильтрации руд к коэффициенту фильтрации рудовмещающего пласта, (k_p/k_n):

Масса израсходованной кислоты M_k может быть определена как произведение массы урана и удельного расхода кислоты:

$$M_k = P_k \cdot \varepsilon \cdot 0,01 \cdot c \cdot \rho \cdot m \cdot S$$

Аналогично может быть рассчитана масса M_o израсходованного окислителя:

$$M_o = P_o \cdot \varepsilon \cdot 0,01 \cdot c \cdot \rho \cdot m \cdot S$$

Масса израсходованной кислоты может быть также рассчитана по

кислотоемкости пород R :

$$M_k = R \cdot \rho \cdot M \cdot S$$

Прогнозируемое время отработки блока t_6 может быть определено различными способами. Наиболее просто время отработки блока t_6 рассчитывается, как отношение необходимого количества рабочих растворов W к суммарному дебиту всех откачных скважин данного блока $2Q_0$:

$$t_6 = \frac{W}{\sum Q_0}$$

Другой способ оценки времени отработки блока t_6 основан на применении коэффициента зависимости скорости выщелачивания от скорости фильтрации p . Время отработки блока t_6 равно отношению длины максимальной линии тока l к средней скорости распространения выщелоченной зоны Pv_{cp} :

$$t_6 = \frac{l}{\beta v_{cp}}$$

Средняя скорость фильтрации v_{cp} может быть определена из закона Дарси, как отношение произведения коэффициента фильтрации рудовмещающего пласта k_n и перепада напора между скважинами $(S_0 + S_H)$ к длине максимальной линии тока l :

$$v_{cp} = \frac{k_n(S_0 + S_H)}{l}$$

Подставляя соотношение (81) в выражение (80) получим формулу для оценки времени отработки блока t_6 :

$$t_6 = \frac{l^2}{\beta k_n(S_0 + S_H)}$$

Время отработки блока t_g может быть определено на основе экстраполяции данных, полученных в ходе проведения опытно-промышленных геотехнологических исследований:

$$t = t_o \frac{(S_o + S_H)_o I_o^2}{(S_o + S_H)_\varepsilon I_\varepsilon^2},$$

где L - характерный размер ячейки; индексы ε и o относятся к эксплуатации блока и опытным работам, соответственно.

Масса урана, извлекаемого из блока в единицу времени, равняется произведению средней концентрации урана в продуктивных растворах C_{cp} на суммарный дебит всех откачных скважин данного блока DQ_0 :

$$P_{\text{ср}} = C_{\text{ср}} \cdot \sum Q_o = \frac{\varepsilon \cdot P_U}{t_6}$$

Во многих случаях важно знать не только средние характеристики отработки блоков за весь период эксплуатации, но и временные зависимости степени извлечения и концентрации урана. Для приближенного расчета этих зависимостей могут быть использованы простые эмпирические формулы, описывающие отработку блока. Например, можно считать, что степень извлечения с течением времени стремится к единице (100%) по экспоненциальному закону:

$$\varepsilon(t) = 1 - \exp\left(-\frac{t-t_3}{\tau}\right), \text{ при } t > t_3,$$

где t_3 - время закисления; m - характерное время отработки блока.

Зависимость от времени концентрации урана в продуктивных растворах равна производной массы извлеченного урана $m_U = P_U \varepsilon(t)$ по объему продуктивных растворов V (отношению дифференциала массы $dm_U = P_U ds(t)$ к дифференциалу объема $dV = LQ_o dt$):

$$C(t) = \frac{dm_U}{dV} = \frac{P_U}{\sum Q_o \tau} \exp\left(-\frac{t-t_3}{\tau}\right), \text{ при } t > t_3.$$

Формула (86) содержит один эмпирический параметр (характерное время отработки блока m) и описывает экспоненциальное снижение концентрации со временем.

На основе технологических параметров отработки блока можно, даже не проводя расчетов, дать оценку эффективности разработки месторождения урана способом подземного выщелачивания. В таблице 13 приведена градация технологических параметров с точки зрения эффективности применения подземного выщелачивания.

Таблица 13 - Градация технологические параметров с точки зрения эффективности применения подземного выщелачивания

Эффективность Параметр	Очень эффе тивно	Эффек тивно	Менее эффе тивно	Не эффективно
Степень извлечения урана	> 0,8	0,8-0,6	0,6-0,4	< 0,4
Отношение Ж/Т при заданной степени извлечения	< 2	2-4	4-6	>6
Отношение скорости выщелачивания к скорости фильтрации	>0,75	0,75-0,5	0,5-0,1	< 0,1

Удельный расход кислоты	< 50	50-100	100-200	>200
Дебиты откачных скважин, м ³ /ч	>10	5-10	1-5	< 1

Геотехнологические условия и их влияние на процесс под земного выщелачивания

Эффективность отработки блока методом подземного выщелачивания зависит от комплекса природных и технологических факторов. Все природные факторы можно условно разделить на две группы: влияющие на гидродинамические и физико-химические процессы.

Природные геологические и гидрогеологические факторы, влияющие на гидродинамические процессы, представлены в таблицах 14 и 15, соответственно. Там же дана оценка их влияния на эффективность выщелачивания [3].

Таблица 14 - Факторы геологического строения и их влияние на эффективность выщелачивания

Оценка влияния Характеристика	Очень благо приятная	Благо приятная	Менее благо приятная	Не благо- приятная
Мощность продуктивного горизонта	< 10м	10-20м	20-30м	> 30м
Отношение мощности рудной залежи к мощности рудовмещающего горизонта	> 0,5	0,5-0,2	0,2-0,1	< 0,1
Ширина рудного тела	>200м	100-200м	50-100м	< 50м
Глубина залегания рудного тела	< 100м	100-300м	300-500м	>500м
Положение рудного тела в водоносном горизонте	В базальной части	В нижней ча- сти	В средней ча- сти	В верхней ча- сти
Расположение рудного тела в вертикальном разрезе	Одно ярусное	Двух- ярусное	Трех- ярусное	Много ярусное

Таблица 15 - Гидрогеологические факторы и их влияние на эффективность
Выщелачивания

Оценка влияния Характеристика	Очень благо приятная	Благо приятная	Менее благо приятная	Не благо- приятная

Наличие и состояние водоупоров	Сплошные верхний и нижний водоупоры	Прерывистый верхний и сплошной нижний водоупор	Прерывистые верхний и нижний водоупоры	Отсутствие верхнего и нижнего водоупоров
Проницаемость руд, м/с	>5	2-5	0,5-2	<0,5
Коэффициент фильтрационной неоднородности (по площади и в разрезе)	>0,75	0,75-0,5	0,5-0,25	<0,25
Водопроводимость руд, м ² /сут	>100	100-50	50-10	<10
Глубина залегания уровня подземных вод, м	<10	10-50	50-100	>100
Запасы урана в проницаемых рудах, %	>80	80-60	60-40	<40
Активная пористость руд, %	>30	30-20	20-10	<10
Литологический состав руд,	Хорошо отсортированные песчано-гравийные отложения	Отсортированные крупно- и среднезернистые пески	Неотсортированные мелко- и среднезернистые пески	Тонкозернистые алевроитовые пески
Доля глинистоалевритовой части, %	< 10	10-20	20-30	>30

Минералогические, химические и физические факторы, влияющие на протекание гетерогенной химической реакции, с оценкой их влияния на эффективность выщелачивания представлены в таблице 16 [3].

Таблица 16 - Минералогические, химические и физические факторы и их влияние на эффективность выщелачивания

Оценка влияния Характеристика	Очень благоприятная	Благоприятная	Менее благоприятная	Не благоприятная
Продуктивность пласта (масса урана, приходящаяся на квадратный метр), кг/м ²	>5	5-3	3-1	<1
Содержание урана в руде, %	>0,06	0,06-0,03	0,03-0,01	<0,01
Содержание карбонатов во вмещающих породах, % CO ₂	<1	1-2	2-3	>3
Доля хорошо растворимых минералов урана, %	>80	80-60	60-40	<40

Степень окисления урана в руде (доля шестивалентного урана), %	>80	75-50	50-25	<25
Содержание восстанавливающих соединений во вмещающих породах, %	<1	1-3	3-5	>5
Температура подземных вод, °С	>30	30-15	15-4	<4

Скорость гетерогенной химической реакции также зависит от структуры и текстуры урановых руд. Переход урана в раствор происходит наиболее интенсивно, когда минералы урана приурочены к поверхности открытых пор, омываемых рабочими растворами. Для процесса подземного выщелачивания наиболее благоприятным является случай, когда урановые минералы представляют собой тонкодисперсные оксиды урана и кффиниты, текстура руд эмульсионно-дисперсная. Неблагоприятна ситуация, при которой урановые минералы ассоциированы с глинами, органическим веществом и сульфидами, текстура руд эмульсионная до пятнистой.

Анализ разработки месторождений урана методом скважинного подземного выщелачивания позволяет выявить главные факторы, определяющие эффективность отработки. В таблице 17 приводятся эксплуатационные показатели и соответствующие природные факторы, между которыми существует прямая зависимость.

Таблица 17 - Эксплуатационные показатели и природные факторы, находящиеся в прямой зависимости

Эксплуатационные показатели	Природные факторы
Средняя концентрация урана в продуктивных растворах, мг/л	Отношение линейного запаса металла к эффективной мощности рудовмещающего пласта, mc/M
Производительность по извлекаемому из недр урану, кг/сут	Водопроницаемость руд, $T = k_p M$. Отношение линейного запаса металла к эффективной мощности рудовмещающего пласта, mc/M
Затраты реагента	Содержание главных кислотоёмких минералов

Эксплуатационные показатели отработки блока методом подземного выщелачивания в значительной степени зависят от технологических параметров, таких как схема расположения технологических скважин (ячеистая, рядная, комбинированная); расстояния между рядами и между скважинами в ряду; концентрация кислоты на закислении; концентрация кислоты на стадиях выщелачивания и довыщелачивания; избыточное давление на устье нагнетательных скважин.

Эксплуатационные показатели сложным образом зависят от комплекса

геотехнологических условий и параметров, и на современном уровне развития науки количественный прогноз выходных эксплуатационных показателей отработки только на основе анализа природных факторов и параметров отработки блока невозможен. Для количественного прогноза отработки необходимо иметь эмпирические данные, полученные при опытно-промышленных геотехнологических испытаниях.

Вопросы для самоконтроля

1. *От чего зависит эффективность отработки блока методом подземного выщелачивания?*
2. *Что называют геотехнологическими условиями?*
3. *Что называют геотехнологическими параметрами?*
4. *Перечислите параметры геологического строения блока (участка).*
5. *Перечислите гидрогеологические параметры блока (участка).*
6. *Перечислите технологические параметры отработки блока.*
7. *Как рассчитать запасы урана в контуре блока?*
8. *Чему равно количество рабочих растворов W , необходимых для достижения требуемой степени извлечения урана?*
9. *Как рассчитать среднюю концентрацию урана в продуктивных растворах?*
10. *Чему равна масса кислоты M_k , которую необходимо израсходовать на отработку блока?*
11. *Какие существуют способы расчета прогнозируемого времени отработки блока t_6 ?*
12. *Какой формулой можно описать зависимость степени извлечения урана от времени?*
13. *Какой формулой можно описать зависимость степени концентрации урана от времени?*
14. *Чему равна средняя производительность блока по урану $\Pi_{ср}$?*
15. *Какие факторы геологического строения влияют на эффективность скважинного подземного выщелачивания?*
16. *Какие гидрогеологические факторы влияют на эффективность подземного выщелачивания?*
17. *Какие минералогические, химические и физические факторы влияют на эффективность подземного выщелачивания?*
18. *Опишите градацию технологических параметров с точки зрения эффективности применения подземного выщелачивания.*

Используемая литература:

1. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М.: МГГУ, 2010, 655 с
2. Толстов Е.А. Физико-химические геотехнологии основных месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: МГГУ, 2001, 478 с.
3. Скворцов Д.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997, 672 с.
4. Шаровар И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений, М.: МГГУ, 1999, 240 с.
5. Кедровский О.Л. Комплексы подземного выщелачивания. М.: Недра, 1992.
6. Мамилов В.А., Петров Р.П. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 1982.

IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Практическая работа № 1

Технологические схемы вскрытия, подготовки и разработки залежи по геотехнологическому способу

Цель работы: подготовки и разработки залежи по геотехнологическому способу.

Теоретические сведения:

Подготовка месторождения к эксплуатации – комплекс работ, связанный с доразведкой месторождения и его вскрытием, т.е. сооружением добычных скважин, их закачиванием, исследованием, оборудованием и подготовкой к эксплуатации.

В геотехнологических методах скважина – основная выработка, вскрывающая залежь полезного ископаемого, подготавливающая ее к разработке и служащая для транспортировки рабочих и продуктивных флюидов. При решении основных проблем сооружения скважин приходится вести поиск в области способов и технологии проходки скважин. Решение этой проблем сложно, так как более 99% скважин бурится за счет разрушения забоя горных пород сжатием, т.е. самым невыгодным способом воздействия.

Общее представление о тех условиях, в которых приходится осуществлять вскрытие, и характеристику экономической эффективности системы вскрытия дает коэффициент вскрытия.

Различают несколько коэффициентов вскрытия: геологический, технологический и экономический.

Геологический коэффициент вскрытия – это отношение мощности покрывающих пород к мощности пласта. Определяется из выражения

где:

H – мощность покрывающих пород, м;

m – мощность залежи, м.

Технологический коэффициент вскрытия показывает, какая длина скважины приходится на тонну добываемых запасов. Он определяется из выражения t/m ,

где: t – длина добычной скважины, м; γ – коэффициент извлечения полезного ископаемого в пределах отрабатываемого участка одной скважины; Π – производительность пласта полезного ископаемого, определяемая по формуле

$$\Pi = m\gamma, \text{ т/м}^2;$$

где

γ – объемная масса полезного ископаемого, т/м^3 ;

S – площадь зоны действия скважины, определяемая из выражения:

$$S = \pi R^2, \text{ м}^2;$$

где:

R – радиус участка, разрабатываемого одной скважинной, м;

c – среднее содержание полезного ископаемого, мг/л .

Экономический коэффициент вскрытия определяется как отношение затрат на сооружение и оборудование добычной скважины и стоимости полезного ископаемого. Он определяется из выражения

где :

C – суммарные затраты по бурению, подготовке и оборудованию скважины, тн;

$\Pi_{\text{и}}$ – стоимость запасов полезного ископаемого, извлекаемого из скважины, тн.

где :

$C_{\text{б}}$ – стоимость бурения 1 м скважины, тн/м;

C_0 – стоимость оформления 1 м скважины (цементация, обсадка труб), тн/м;

L – глубина скважины, м

$$\Pi_{\text{и}} = 0,01 c \Pi_{\text{пр}} V \text{ м};$$

где:

$\Pi_{\text{пр}}$ – отпускная цена продукта (руды, флюида, газа).

Вскрытие месторождения является наиболее ответственным этапом при геотехнологии. Малейшие упущения в работах по бурению и подготовке могут привести к ее потере или вызвать необходимость в производстве длительных и трудоемких работах.

Выбор места заложения скважин всегда связан с применяемой системой разработки, принятой на данном участке или месторождении.

Под системой разработки месторождений полезных ископаемых геотехнологическими методами понимается порядок расположения, проходки и включения в работу добычных и вспомогательных скважин. Система разработки

может быть признана рациональной, если она выбрана в результате комплексного анализа показателей возможных вариантов залежи с учетом геологических, гидрогеологических, технологических и экономических факторов.

Задание: Исходными данными для выбора системы разработки служит плановая производственная мощность предприятия и физико-геологическая обстановка залежи полезного ископаемого. При выборе системы разработки – это значит определить направление отработки залежи в целом и установить сетку размещения скважин. Основными элементами системы разработки являются: направление отработки, сетка скважин, порядок ввода скважин в эксплуатацию во времени и пространстве.

При выборе элементов системы разработки необходимо учитывать следующих факторов: глубины залегания залежи, технологичности процесса добычи, извлекаемости полезного ископаемого, производительность пласта, условий залегания, неоднородности пласта, рельефа почвы залежи.

Математически проблема выбора более рациональной системы разработки сводится к максимизации целевой функции при наличии начальных и конечных условий. Максимизируемой функцией обычно служит прибыль.

Важное значение имеет сокращение срока окупаемости капиталовложений

$$C = 1 / \mathcal{E}_p$$

где: \mathcal{E}_p рентабельность

При оценке различных методов следует принимать во внимание также показатели, характеризующие производительность труда, безопасность работ и др.

При проектировании рациональной системы разработки должны удовлетворяться следующие условия: соблюдение правил эксплуатации охраны недр; учет максимального числа производственных, экономических, географических и физико-геологических особенностей разработки залежи, обеспечение максимального экономически целесообразного извлечения полезного ископаемого.

Варианты исходных данных

Варианты	Исходные данные												
	H (м)	m (м)	η (%)	Π (м)	γ (т/м ³)	R (м)	C (мг/л)	Π_n (тн)	C_b (сум млн)	C_0 (сум.млн)	L (М)	$\Pi_{пр}$ (сум мил)	\mathcal{E}_p (год)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	150	350	200	121	60	5	250	251	50.000	22.000	250	83.000	12
2	180	360	210	122	65	6	252	252	60.000	23.000	300	85.000	16
3	190	370	215	123	70	7	253	253	65.000	24.000	350	90.000	17
4	200	380	220	125	75	8	254	254	66.000	25.000	356	95.000	18

5	205	385	225	126	80	9	255	255	65.000	26.000	340	96.000	19
6	210	390	230	127	85	10	256	256	70.000	27.000	345	97.000	20
7	220	395	240	128	90	11	257	257	75.000	28.000	350	98.000	21
8	225	400	245	129	95	12	260	258	80.000	29.000	360	99.000	22
9	230	405	250	130	100	13	265	259	85.000	30.000	380	100.000	23
10	235	410	255	131	101	14	270	260	90.000	35.000	390	101.000	25

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Методы определения гидродинамических параметров на гидрогенных пластовых месторождениях, обрабатываемых способом ПВ.

Цель занятия: Изучение расчета параметров технологии методом графоаналитическим методы определения фильтрационных параметров по данным откачных скважинах.

Теоретические сведения: В процессе поисков и разведки гидрогенных пластовых месторождений, заключенных в рыхлых осадочных породах, а также при отработки их способом подземного выщелачивания возникает необходимость в получении целого комплекса исходных гидрогеологических данных для проектирования предприятий подземного выщелачивания, так и для качественного ведения процесса и экономической целесообразности их отработки. Важнейшими гидродинамическими параметрами при этом являются: коэффициенты фильтрации, водопроницаемости, пьезопроводности и уровнепроницаемости, производительность и приемистость скважин, а также величина радиуса влияния и гидравлическая взаимосвязь продуктивного пласта с другими водоносными горизонтами.

Откачки воды из скважин являются основным методом получения исходных данных для расчета гидродинамических параметров пласта, обрабатываемого способом ПВ.

Одновременно при откачках изучают физико-химические свойства подземных вод опробуемых горизонтов, состав растворенных газов, а также выявляется состояние пород (пескование и т. д.) в зависимости от различных средств водоподъема и режима откачки.

Опытные откачки, продолжительностью 6-8 суток, проводятся на стадии предварительной или детальной разведки месторождений. Они предназначаются для получения комплекса исходных гидрогеологических данных для проектирования опытных и опытно-промышленных установок на стадии ТЭО.

В задачу опытных откачек входит:

а) получение данных об эффективной мощности и фильтрационных свойствах продуктивных горизонтов (коэффициенты водопроницаемости и фильтрации, пьезопроводности и уровнепроводности) и закономерности их изменения в плане и разрезе;

б) получение сведений о водообильности горизонта, о производительности скважин, о радиусе влияния, о величине понижения уровней подземных вод;

в) установление гидравлической связи между смежными (нижним и верхним) горизонтами подземных вод;

г) установление положения статического (пьезометрического) уровня или величины начального пластового давления (для самоизливающихся скважин) в водоносном продуктивном горизонте и определение направления движения и гидравлического уклона подземных вод;

д) получение сведений о физико-химических свойствах подземных вод продуктивного горизонта (химический состав воды, общая минерализация, рН, Eh, температура, содержание механических взвесей).

Техника проведения откачек определяется положением статического уровня. Если статический уровень расположен на отметках поверхности земли или ниже, то для опробования применяются специальные водоподъемники (электропогружные насосы, а также эрлифты). Обычно применяются однорядные конструкции эрлифта – в обсадную эксплуатационную колонну для подачи сжатого воздуха опускается шланг со смесителем на конце. Однако такой подъемник не позволяет непосредственно измерять динамический уровень в откачных скважинах.

Поэтому при откачках используют двухрядный став, в котором центральный ряд труб служит пьезометром для измерения уровня, а воздух подается в кольцевой зазор между пьезометрической и обсадной трубами.

Контроль за пусковым и рабочим давлениями осуществляется по манометру. Откачки подразделяются на одиночные, когда опробуются отдельные скважины; кустовые, когда из одной скважины производится водозабор, а в других ведутся наблюдения за снижением уровня. Групповые, когда проводятся одновременные откачки из нескольких взаимодействующих скважин. При групповых откачках на участке необходимо иметь несколько наблюдательных скважин. Каждый продуктивный горизонт (если на месторождении их два и более) опробуется отдельно.

Откачки или выпуски должны проводиться с соблюдением следующих требований:

1. Перед началом откачки уровень вода в стволе скважины полностью заменяется пластовой (доводится до постоянного химического става), замеряется статический уровень, температура в пласте, глубина скважины.

2. При устойчивых породах водоносного горизонта дебит поддерживается неизменным, приближающимся по величине к возможному эксплуатационному. Если рабочая (прифильтровая) зона скважины неустойчива, то осуществляется несколько ступеней снижения давления или понижения динамического уровня (от меньшего к большему), при этом для каждой ступени дебит задается постоянным, изменения дебита допускается в пределах $\pm 10\%$.

3. После прекращения откачки прослеживается восстановление уровня как в центральной, так и в наблюдательных скважинах до статического или близкого к нему установившегося положения. Проверяется запескованность скважин путем измерения фактической их глубины.

Статический уровень замеряется после заполнения ствола скважины пластовой водой. За статическую высоту уровня принимается практически установившееся его положение в скважине. Замеры уровня в скважинах выполняются барабанными уровнемерами, электроуровнемерами различной конструкции и хлопушками.

При замере кислых технологических растворов на опытных участках необходимо вводить поправки на их плотность, которая изменяется в процессе проведения опыта и измеряется в каждой скважине с помощью ареометров. Эти поправки учитываются при построении гидродинамических карт. Установление истинного положения статического уровня имеет важное значение как для расчета гидродинамических параметров, так и для различных построений с целью определения направления движения технологических растворов.

Дебит скважин при откачках замеряется объемным методом. Мерная емкость подбирается с таким расчетом, чтобы время ее наполнения было не менее 1 мин. Для непрерывного контроля за дебитом скважин применяют расходомеры различных конструкций. Замеры дебита привсех видах откачек в момент пуска скважины производится через 5 – 10 мин., а после его стабилизации – три раза в сутки (обычно раз в смену). *Рассказать о шариковом расходомере.*

Измерение динамического уровня или устьевого давления проводится до момента начала откачки и до ее окончания как в центральной (возбуждающей), так и в наблюдательных скважинах. Ориентировочно в первоначальный момент отсчеты берут через 3, 5, 10 мин., а при относительной стабилизации динамического уровня – одновременно с замерами дебита.

В скважинах, оборудованных электропогружными насосами, динамический уровень замеряется в кольцевом зазоре между обсадными и водоподъемными трубами с помощью электроуровнемеров.

Температура воды определяется на устье, забое, а иногда и по всему стволу скважин с помощью ртутных термометров.

Отбор воды из действующих скважин производится регулярно в процессе всех видов откачек, а из наблюдательных в конце кратковременной прокачки после смены 2 – 3 объемов жидкости в стволе скважины.

В случае неустойчивости пород продуктивного водоносного горизонта, исследованию подлежит влияние режима откачки на вынос песка и степень выноса песка в зависимости от конструкции фильтра. Количество выносимого песка регистрируется в выходящей струе путем отбора проб воды на механические взвеси, а также в песчаной пробке в отстойнике.

Прослеживание восстановления динамического уровня в возбуждающей (центральной) и наблюдательных скважинах является обязательным завершением каждой откачки.

В процессе опытных откачек составляются: журнал откачки, совмещенные графики изменений во времени дебита скважины, положение динамического уровня фактического и температуры подземных вод; графики восстановления уровня после прекращения откачки.

В полулогарифмическом масштабе строят графики снижения – восстановления уровня, по которым рассчитывают коэффициенты водопроницаемости, фильтрации и пьезопроводности.

Графоаналитический метод

Из имеющихся методов определения коэффициентов водопроницаемости (K_m) и пьезопроводности (α) преимущество следует отдать графоаналитическому методу, который в отличие от других позволяет получить усредненные по площади фильтрационные параметры. Другие методы дают возможность определить параметры только в отдельных точках пласта изолированно от всего водоносного горизонта, причем их точность часто является недостаточной.

Графоаналитический метод основан на обработке результатов наблюдений за падением уровня (давления) при откачке воды из скважин и последующего восстановления уровня в них после прекращения забора воды.

Зависимость понижения уровня воды в любой точке, находящейся в сфере влияния откачки из скважины, в условиях напорных вод выражается следующей формулой (формула Тейса):

- Определение понижения напора на расстоянии r от скважины, из которой проводится откачка, через время t от начала откачки, м;

где:

K_m – водопроницаемость, м²/сут;

α – коэффициент пьезопроводности, м²/сут.

Q – производительность скважины, м³/сут;

Упругие свойства воды и горных пород в напорных условиях, учитываются коэффициентом пьезопроводности(α), т.е. коэффициентом скорости распространения давления, который связан с характеристикой упругих свойств воды и горной породы.

Обозначение интегральной показательной функции. Значения E_i , имеющей отрицательный знак, приведены в приложениях в справочниках. Эта функция является обратной по отношению к логарифмической и убывает с увеличением значения аргумента.

При малом значении аргумента функция E_i может быть заменена логарифмической:

$\ln \alpha t$

В этом случае формула приобретает вид:

$$\ln \alpha t \quad (1)$$

Для скважины, из которой производится откачка $r = r_0$,

где

r_0 – радиус фильтра скважины.

Величина чрезвычайно мала и уже через несколько минут выражается миллионными долями единицы, поэтому здесь уже с самого начала откачки действует логарифмический закон понижения уровня.

Формулу (1) можно записать в виде

$$\ln \alpha + \ln t.$$

При переходе к десятичным логарифмам

$S =$,

если принять $A = C$,

то формула принимает следующий вид $S = A + C \lg t$, т.е. зависимость $S = f(\lg t)$ выражается уравнением прямой линии.

Строим график, на оси абсцисс которого откладываем логарифмы времени, а на оси ординат понижения уровня, то получим прямую с угловым коэффициентом C и с начальной ординатой A .

Коэффициент C определяется по формуле: $C =$

Взяв значение A непосредственно с графика и определив C по формуле можно рассчитать Km и α по формулам (1):

$$\lg \alpha = 2 \lg r - 0,35 + A / C.$$

Для определения K_m графоаналитическим методом достаточно иметь результаты наблюдений лишь по одной скважине. При этом расчетная величина не зависит от абсолютной величины положения уровня, а только от темпа его падения. В то же время в формулу для определения α входит величина A , зависящая от абсолютной величины S .

Как известно, вблизи опытной скважины возникают различные дополнительные сопротивления, которые не поддаются точному определению и вызывают дополнительное понижение уровня. Поэтому коэффициент пьезопроводности α можно точно определить только по наблюдательным скважинам, а K_m и K_ϕ достаточно точно можно определить как по центральной, так и по наблюдательным.

Варианты исходных данных

Варианты	Исходные данные			
	K_m (m^2/cy г)	$\alpha(m^2/c$ ут)	$Q(m^3/c$ ут)	$r_0(мм)$
1	2	3	4	5
1	45	2	240	195
2	46	3	265	140
3	47	4	270	195
4	48	5	215	140
5	49	6	220	195
6	50	7	196	140
7	51	8	198	195
8	52	9	156	140
9	53	10	135	195
10	54	11	120	140

Практическая работа № 3

Выбор оптимальных технологических параметров скважинной гидродобычи полезных ископаемых

Цель работы. Изучить методику оптимизации технологических параметров геотехнологии.

Теоретические сведения. Многоцелевой характер деятельности предприятия СГД осложняет процесс принятия решения при выборе оптимальных технологических параметров. Сложен сам по себе и выбор критерия оценки, единого мнения о нем пока нет.

В последнее время все чаще таким критерием считают суммарную прибыль. Ориентировочно можно оценить оптимальные параметры технологии, исследовав зависимость:

$$P = f(R), \text{ у.е. /т,} \quad (3.1)$$

где

P — удельная расчетная прибыль от добычи полезного ископаемого, у.е. /т;

R — радиус камеры, м.

Оценивая прибыль как разность между ценой и себестоимостью, необходимо рассчитать следующие затраты:

- затраты на заработную плату,
- амортизационные отчисления;
- затраты на электроэнергию;
- условно-постоянные расходы,
- расходы на воду.

Расчет ведется в следующей последовательности:

Погащаемые запасы полезного ископаемого одной скважиной:

$$V_{скв} = \pi \cdot R^2 \cdot m \cdot \rho, \text{ т,} \quad (3.2)$$

Где

m — мощность залежи, м,

ρ — плотность полезного ископаемого, т/м³.

Потери полезного ископаемого в целиках между камерами:

$$Q_{пц} = a^2 \cdot m \cdot \rho - V_{скв}, \text{ т,} \quad (3.3)$$

где

a — расстояние между добычными скважинами, м.

Суммарные потери полезного ископаемого на участке, обрабатываемом одной скважиной:

$$Q = Q_{пц} + V_{скв} \cdot (1 - C_1), \text{ т,} \quad (3.4)$$

Где

C_1 — коэффициент извлечения отбитого полезного ископаемого; ориентировочно $C_1=0,95$.

Продолжительность отработки запасов одной скважиной:

$$t_{доб} = \frac{V_{скв} \cdot C_1}{P'}, \text{ час,} \quad (3.5)$$

где

P' — техническая производительность добычного агрегата по рабочему циклу, т/час. Время работы одной скважины:

$$t_{\text{скв}} = t_{\text{м}} + t_{\text{дем}} + t_{\text{доб}}, \text{ час}, \quad (3.6)$$

где

$t_{\text{м}}$ — время на монтаж добычного оборудования, час;

$t_{\text{дем}}$ — время на демонтаж добычного оборудования, час;

Затраты на заработную плату по одной скважине:

$$C_{\text{зар}} = \frac{Z_0 \cdot n \cdot t_{\text{скв}}}{V_{\text{скв}} \cdot C_1 \cdot T_{\text{см}}}, \text{ у.е. /т}, \quad (3.7)$$

где

Z_0 — часовая тарифная ставка рабочего, руб.; ориентировочно $Z_0=8,6$ у-е. (на 1.01.91);

n — численность звена, чел.; ориентировочно $n = 3$ чел.;

$T_{\text{см}}$ — продолжительность смены, час; принимается $T_{\text{см}}=7$ час.

Амортизационные отчисления на скважину:

$$C_{\text{амс}} = \frac{C_{\text{скв}}}{V_{\text{скв}} \cdot C_1}, \text{ у.е. /т}, \quad (3.8)$$

где $C_{\text{скв}}$ — затраты на сооружение скважины и ее обустройство, у.е..

Амортизационные отчисления на добычное оборудование одной скважины:

$$C_{\text{амд}} = \frac{C_{\text{д}} \cdot H_{\text{д}} \cdot t_{\text{скв}}}{100 \cdot t_{\text{доб}} \cdot \Pi' \cdot N_{\text{р}} \cdot T_{\text{доб}} \cdot T_{\text{см}}}, \text{ у.е. /т}, \quad (3.9)$$

Где

$C_{\text{д}}$ — стоимость добычного оборудования одной скважины, у.е.;

$H_{\text{д}}$ — норма амортизации добычного оборудования, %; ориентировочно $H_{\text{д}}=3,3\%$;

$T_{\text{доб}}$ — число рабочих дней в году, $T_{\text{доб}}=305$ сут.,

$N_{\text{р}}$ — число добычных смен в сутки.

Амортизационные отчисления на общее оборудование:

$$C_{\text{ам.об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{об}}}{100 \cdot A_{\text{год}}}, \text{ у.е. /т}, \quad (3.10)$$

где

$C_{\text{об}}$ — стоимость общего оборудования, зданий и сооружений, у.е.,

$H_{\text{об}}$ — средняя норма амортизации общего оборудования, зданий и сооружений, %; ориентировочно $H_{\text{об}} - 10\%$;

$A_{\text{год}}$ — производственная мощность предприятия, т/год.

Суммарные амортизационные отчисления:

$$C_{\text{ам}} = C_{\text{амс}} + C_{\text{амд}} + C_{\text{ам.об}}, \text{ у.е. /т}, \quad (3.11)$$

Затраты на воду:

$$C_{\text{вд}} = q_{\text{в}} \cdot C_{\text{в}}, \text{ у.е. /т,} \quad (3.12)$$

где

$q_{\text{в}}$ — удельный расход воды на добычу, м /т;

$C_{\text{в}}$ — стоимость технической воды, у.е. м³; $C_{\text{в}}= 0,069$ у.е/м³(на 1.01.91).

Условно-постоянные расходы:

$$C_{\text{уп}} = (C_{\text{звп}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{вд}} + C_{\text{эл}}) \cdot K_{\text{уп}}, \text{ у.е. /т,} \quad (3.13)$$

Где

$K_{\text{уп}}$ — коэффициент, учитывающий условно-постоянные расходы; ориентировочно можно принимать $K_{\text{уп}}= 0,2$,

$C_{\text{эл}}$ — удельные затраты на электроэнергию, руб./т; ориентировочно $C_{\text{эл}}=0,40$ у.е /т (на 1.01.91).

Суммарная себестоимость добытого полезного ископаемого:

$$C = C_{\text{звп}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{вд}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{уп}} + \frac{(V_{\text{срд}} + Q_{\text{в}}) \cdot C_{\text{раз}}}{V_{\text{лб}} \cdot C_1} \text{ у.е. /т,} \quad (3.14)$$

где

$C_{\text{раз}}$ - затраты на разведку и подготовку запасов к отработке, у.е/т,

Прибыль расчетная:

$$\Pi = (\Pi - C) \cdot A_{\text{зод}} \text{ у.е. /год,} \quad (3.15)$$

Где

Π - цена полезного ископаемого, у.е. /т.

Контрольный пример

Рассчитать прибыль предприятия скважинной гидродобычи для следующих условий (цены даны на 1.01.91):

1. мощность залежи $m = 2,0$ м;
2. плотность полезного ископаемого $p - 1,6$ т/м³;
3. расстояние между добычными скважинами $a = 20$ м;
4. радиус камеры $R = 8$ м;
5. техническая производительность скважинного агрегата $\Pi' = 60$ т/час;
6. время на монтаж добычного оборудования $t_{\text{м}} = 8$ час;
7. время на демонтаж добычного оборудования $t_{\text{дем}} = 10$ час;
8. затраты на сооружение скважины $C_{\text{скв}} = 800$ у.е.;
9. стоимость добычного оборудования одной скважины $C_{\text{д}} = 10000$ у.е.;
10. стоимость общего оборудования $C_{\text{об}} = 100000$ у.е.;
11. производственная мощность предприятия $A_{\text{зод}} = 200000$ т/год;
12. удельный расход воды $q_{\text{в}} = 8$ м /т,
13. затраты на разведку и подготовку запасов $C_{\text{раз}} = 0,5$ у.е./т;
14. расчетная цена $\Pi = 6,5$ у.е./т.

Решение

1. Погашаемые запасы полезного ископаемого с одной скважины:

$$V_{\text{скв}} = \pi \cdot R^2 \cdot m \cdot \rho = 3.14 \cdot 8^2 \cdot 2.0 \cdot 1.6 = 644 \text{ т.}$$

2. Потери полезного ископаемого в целиках между камерами:

$$Q_{\text{лц}} = a^2 \cdot m \cdot \rho - V_{\text{скв}} = 20^2 \cdot 2.0 \cdot 1.6 - 644 = 636 \text{ т.}$$

3. Суммарные потери на участке, обрабатываемом одной скважиной:

$$Q = Q_{\text{лц}} + V_{\text{скв}} \cdot (1 - C_1) = 636 + 644(1 - 0.95) = 668 \text{ т.}$$

4. Продолжительность отработки запасов одной скважиной:

$$t_{\text{доб}} = \frac{V_{\text{скв}} \cdot C_1}{\Pi'} = \frac{644 \cdot 0.95}{60} = 10.2 \text{ час.}$$

5. Время работы одной скважины:

$$t_{\text{скв}} = t_{\text{м}} + t_{\text{дем}} + t_{\text{доб}} = 8 + 10 + 10.2 = 28.2 \text{ час.}$$

6. Затраты на заработную плату по одной скважине:

$$C_{\text{зар}} = \frac{Z_o \cdot n \cdot t_{\text{скв}}}{V_{\text{скв}} \cdot C_1 \cdot T_{\text{см}}} = \frac{8.6 \cdot 3 \cdot 28.2}{644 \cdot 0.95 \cdot 7} = 0.17 \text{ у.е. /т.}$$

7. Амортизационные отчисления на скважину:

$$C_{\text{амс}} = \frac{C_{\text{скв}}}{V_{\text{скв}} \cdot C_1} = \frac{800}{644 \cdot 0.95} = 1.31 \text{ у.е. /т.}$$

8. Амортизационные отчисления на добычное оборудование:

$$C_{\text{амд}} = \frac{C_d \cdot H_d \cdot t_{\text{скв}}}{100 \cdot t_{\text{доб}} \cdot \Pi' \cdot N_p \cdot T_{\text{доб}} \cdot T_{\text{см}}} = \\ = \frac{10000 \cdot 33 \cdot 28.2}{100 \cdot 10.2 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 305 \cdot 7} = 0.04 \text{ у.е. /т}$$

9. Амортизационные отчисления на общее оборудование:

$$C_{\text{ам.об}} = \frac{C_{\text{об}} \cdot H_{\text{об}}}{100 \cdot A_{\text{зод}}} = \frac{1000000 \cdot 10}{100 \cdot 200000} = 0.5 \text{ у.е. /т.}$$

10. Суммарные амортизационные отчисления:

$$C_{\text{ам}} = C_{\text{ам.с.}} + C_{\text{ам.д.}} + C_{\text{ам.об.}} = 1.31 + 0.04 + 0.5 = 1.85 \text{ у.е. /т.}$$

11. Затраты на воду:

$$C_{\text{ед}} = q_{\text{с}} \cdot C_{\text{с}} = 8 \cdot 0.069 = 0.55 \text{ у.е./т.}$$

12. Условно-постоянные расходы:

$$C_{\text{уп}} = (C_{\text{зар.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{ед}} + C_{\text{эл}}) \cdot K_{\text{уп}} = (0.17 + 1.85 + 0.55 + 0.40) \times 0.2 = 0.59 \text{ у.е./т}$$

13.

Суммарная себестоимость:

$$C = C_{\text{зар.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{ед}} + C_{\text{эл}} + C_{\text{уп}} + \frac{(V_{\text{скв}} + Q_{\text{пц}}) \cdot C_{\text{раз}}}{V_{\text{скв}} \cdot C_1} =$$

$$= 0.17 + 1.85 + 0.55 + 0.40 + 0.59 + \frac{(644 + 636) \cdot 0.5}{644 \cdot 0.95} = 4.61 \text{ у.е./т}$$

14. Расчетная себестоимость:

$$\Pi = (Ц - C) \cdot A_{\text{год}} = (6.5 - 4.61) \cdot 200000 = 378000 \text{ у.е.}$$

Аналогичным образом производится расчет для различных значений R и определяется область оптимальных значений.

Вопросы для самоконтроля.

1. Почему задача оптимизации параметров технологии СГД является многокритериальной?
2. Какие виды затрат учитываются в методике расчета?
3. Какие затраты оказывают наиболее существенное влияние на себестоимость?
4. Если при увеличении радиуса камеры возрастает зольность, каким образом изменится расчетная прибыль?
5. При увеличении расстояния между скважинами и постоянном размере целика, как изменится прибыль?
6. Варианты исходных данных приведены в табл. 2.3. Недостающие исходные данные принять из контрольного примера.

Таблица 2.3

Варианты исходных данных

Вариант	Исходные данные					
	m , м	a , м	R , м	Π' , т/час.	$A_{\text{год}}$, т/год.	$C_{\text{раз}}$, у.е./т
1	2	3	4	5	6	7
1	1,0	25	10	30	100 000	0,40
2	1,5	20	8	40	150 000	0,45
3	2,0	18	7	50	200 000	0,50
4	2,5	20	8	60	250 000	0,55

5	3,0	25	10	70	300 000	0,60
6	2,5	20	9	60	350 000	0,65
7	2,0	18	7	50	400 000	0,60
8	1,5	18	6	40	350 000	0,55
9	1,0	20	9	30	300 000	0,50
10	1,5	25	10	20	250 000	0,45



VI. БАНК КЕЙСОВ

Кейс: При отработке блоков на стадии активного выщелачивания должно строго соблюдаться гидродинамическое равновесие (баланс) закаченных и откаченных растворов, как по отдельным эксплуатационным ячейкам, так и по блокам и участкам. В этом случае, как правило, обеспечивается оптимальный гидродинамический режим фильтрации растворов в контуре блока. При дисбалансе в сторону откачки (отрицательный баланс, откачка превышает закачку) продуктивные растворы раззуживаются, вследствие подтягивания пластовых вод из-за контура блока. Дисбаланс в сторону откачки ведет к выходу технологических растворов за пределы рудных залежей. При этом происходят потери урана вследствие растекания и переотложенную, повышается расход выщелачивающих реагентов. Следует также отметить, что при дисбалансе растворов в эксплуатационных блоках может происходить перетекание технологических растворов между смежными блоками. Это значительно усложняет, а зачастую делает невозможным поблочный учёт добычи урана (расчет движения запасов). Гидродинамическое равновесие (баланс) по отдельным эксплуатационным ячейкам, блокам и участкам устанавливается на основе данных замеров дебитов откачных и приемистости закаченных скважин.

Проблема: В результате кольматажи дебиты и приемистости скважин могут значительно изменяться. Потому своевременное проведение замеров и ремонтно-восстановительных работ очень важно для обеспечения баланса закаченных и откаченных растворов.

На этапе доработки блоков (до выщелачивания) концентрация кислоты в рабочих растворах постоянно снижается до 3 - 5г/л. Целесообразность применения окислителей определяется окислительной-восстановительным потенциалом продуктивных растворов.

Задачи для решение проблемы:

При завершении отработки блока происходит вытеснение урансодержащих технологических растворов с повышенной кислотностью из рудовмещающих водоносных горизонтов. Гидродинамический режим работы откачных и закаченных скважин на стадии до выщелачивания может быть установлен с дисбалансом в сторону откачки. Это позволит уменьшить растекание технологических растворов за контуры эксплуатационных блоков. Образовавшийся излишек откаченных растворов можно использовать для закисленные новых блоков.

Почему на стадии активного выщелачивания должно соблюдаться гидродинамическое равновесие (баланс) закаченных и откаченных растворов?

VI. ГЛОССАРИЙ:

В ходе разработки и внедрения в производство метода подземного выщелачивания возник ряд новых терминов и понятий, которые и исследователями, и производственниками трактуются по-разному. Кроме того, содержание некоторых уже существовавших понятий и терминов также изменилось и нуждается в уточнении применительно к методу подземного выщелачивания. Ниже приводится перечень и раскрывается содержание терминов и понятий, которыми широко пользуются специалисты, занятые на добыче урана методом подземного выщелачивания.

Продуктивный водоносный горизонт — стратиграфический (диалогический) обводненный горизонт, включающий в себя рудные тела.

Мощность продуктивного водоносного горизонта — мощность обводненной части горизонта, вмещающего рудные тела.

Эффективная мощность продуктивного водоносного горизонта — часть общей мощности продуктивного водоносного горизонта (включающая рудные тела и вмещающие породы), в которой осуществляется основной (80—90%) массоперенос в виде растворов.

Коэффициент рудной мощности — отношение мощности рудного тела к эффективной мощности продуктивного водоносного горизонта.

Единичный действующий объем — столб горной массы в продуктивном горизонте, имеющий высоту, равную эффективной мощности, и основание, равное, единице площади.

Выщелачиваемая площадь — площадь продуктивного водоносного горизонта, на которой происходит движение технологических растворов,

Технологический раствор — водный раствор реагентов и продуктов их взаимодействия с вмещающей средой. При подземном выщелачивании технологические растворы подразделяются на рабочие, продуктивные, маточные, возвратные, сбросные.

Геотехнология — технология добычи твердых полезных ископаемых, заключающаяся в переводе их в подвижное состояние в недрах на месте залегания посредством тепловых, массообменных, химических и гидродинамических процессов и в последующей транспортировке на дневную поверхность жидких и газообразных продуктов.

Способ подземного выщелачивания или способ ПВ - геотехнологический способ добычи твердых полезных ископаемых, заключающийся в избирательном переводе полезного компонента руд, в подвижное состояние в недрах на месте залегания посредством воздействия на них химических реагентов.

Скважинная система разработки способом ПВ - Система, предусматривающая вскрытие, подготовку и эксплуатацию месторождений способом ПВ с помощью буровых скважин, пробуренных с дневной поверхности.

Предприятие (рудоуправление, рудник, цех) подземного выщелачивания или предприятие (рудоуправление, рудник, цех) ПВ - горнорудное предприятие (рудоуправление, рудник, цех) ведущее добычу полезных компонентов руд способом ПВ.

Добычной комплекс предприятия (рудоуправления, рудника, цеха) ПВ - комплекс подземных и наземных сооружений и технических средств, обеспечивающих подачу рабочих растворов в недра для осуществления процесса выщелачивания, откачку продуктивных растворов на дневную поверхность и их транспортировку для последующей переработки.

Эксплуатационный участок подземного выщелачивания или участок ПВ - геологически или пространственно обособленная часть месторождения, отрабатываемая в течение длительного периода времени группой эксплуатационных блоков, объединенных системой коммуникаций и установок контроля и управления процессом ПВ.

Эксплуатационный блок подземного выщелачивания или блок ПВ - минимальная добычная единица, состоящая из группы эксплуатационных ячеек, одновременно вводимых в эксплуатацию и отрабатываемых в едином геотехнологическом режиме одинаковой скважинной системой разработки.

Эксплуатационная ячейка подземного выщелачивания или ячейка ПВ - часть рудного тела, отрабатываемая закачной (закачными) и откачной скважинами.

Полигон подземного выщелачивания или полигон ПВ - блок (ячейка) ПВ, предназначенный для проведения опытно-экспериментальных работ по оценке эффективности новых выщелачивающих реагентов, скважинных систем разработки, физических методов интенсификации процесса ПВ.

Технологический раствор - водный раствор реагентов или (и) продуктов их взаимодействия со средой продуктивного горизонта.

Рабочий раствор - технологический раствор, содержащий необходимые для растворения полезного компонента реагенты, и предназначенный для закачки в продуктивный горизонт.

Продуктивный раствор - технологический раствор, сформировавшийся в недрах в результате, физико-химического взаимодействия с горнорудной массой и содержащий полезный компонент в концентрации, равной или выше минимально промышленной.

Маточный раствор - технологический раствор, из которого извлечен полезный компонент. Используется после доукрепления реагентами как рабочий.

Возвратный раствор – технологический раствор, содержащий полезный компонент в концентрации ниже минимально промышленной, пригодной для подачи в продуктивный горизонт, в качестве рабочего после доукрепления необходимыми реагентами.

Узел подкисления - совокупность сооружений и технических средств, предназначенных для доукрепления возвратных и маточных растворов.

Скважины подземного выщелачивания или скважины ПВ - скважины, предназначенные для вскрытия рудных тел, подачи и извлечения недр технологических растворов, наблюдения за ходом процесса ПВ, контроля степени извлечения полезного компонента, уточнение параметров рудных тел.

Технологические скважины - скважины ПВ, непосредственно используемые для осуществления заданного геотехнологического режима отработки.

Закачные скважины - технологические скважины, предназначенные для вскрытия рудного тела и подачи в него рабочих растворов.

Откачные скважины - технологические скважины, предназначенные для вскрытия рудного тела и извлечения технологических растворов (продуктивных, возвратных) на дневную поверхность.

Наблюдательные скважины - скважины ПВ, предназначенные для наблюдения за условиями и динамикой процесса ПВ.

Контрольные скважины - скважины ПВ, пробуренные на обрабатываемых участках с целью контроля степени извлечения полезного компонента из руд продуктивного горизонта и исследования техногенных изменений руд и вмещающих пород.

Эксплуатационно-разведочные скважины - скважины ПВ, пробуренные на стадии эксплуатационной разведки до начала вскрытия продуктивного горизонта технологическими скважинами для уточнения запасов, морфологии рудных залежей, вещественного состава и водно-физических свойств руд и вмещающих пород.

Конструкция скважины - характеристика скважины, определяющая изменение её диаметра с глубиной, типоразмер и длину обсадных колонн, тип и длину фильтра, интервалы гидроизоляции.

Сооружение скважины - выполнение комплекса работ по подготовке к бурению и поддержанию скважины в устойчивом состоянии, креплению трубами и оборудованию фильтрами, производству гидроизоляции, специальных работ и освоению.

Крепление скважины - закрепление стенок скважины для предупреждения осложнений и аварий.

Тампонирующее скважины - комплекс работ по изоляции отдельных интервалов скважины.

Гидроизоляция в скважине - изоляция эксплуатируемого продуктивного водоносного горизонта от смежных с ним в затрубном пространстве скважин.

Гидроизолирующая смесь - водонепроницаемая и химически стойкая вязкая смесь, применяемая для гидроизоляции в скважинах.

Утяжелитель колонны обсадочных труб - Подвесной или накладной груз, применяемый при креплении технологических и наблюдательных скважин трубами из материалов, плотностью меньшей плотности среды в стволе скважины для облегчения их доставки на заданную глубину.

Освоение скважины - комплекс работ по очистке полости эксплуатационной колонны, фильтра и порового пространства прифильтровой зоны продуктивного водоносного горизонта от шлама и твердой фазы промывочной жидкости.

Техническое состояние скважины - состояние конструктивных элементов скважины, её эксплуатационные характеристики, временные и необратимые дефекты, возникшие в процессе эксплуатации.

Кольматация фильтра и прифильтровой зоны скважины - процесс снижения фильтрующей способности фильтра и фильтрационных свойств прифильтровой зоны продуктивного водоносного горизонта в результате закупорки отверстий, каналов и пор механическими и химическими осадками.

Декольматация фильтра и прифильтровой зоны скважины - устранение последствий процесса кольматации.

Перерабатывающий комплекс предприятий (рудоуправления, рудника, цеха) ПВ - комплекс технических средств и сооружений, обеспечивающих переработку продуктивных растворов до получения конечного продукта.

Отстойники - наземные и заглубленные объемные сооружения (емкости), предназначенные для сбора технологических растворов и осаждения твердых взвесей.

Земляные работы - комплекс строительных работ, включающий выемку (разработку) грунта, перемещение его и укладку в определенное место.

Реверсирование — изменение направления движения рабочих растворов в продуктивном горизонте на угол до 180° для повышения степени извлечения полезных компонентов из недр.

АНГЛИЙСКИЙ

A productive aquifer is a stratigraphic (di-ologic) watered horizon, which includes ore bodies.

The capacity of the productive aquifer is the thickness of the watered part of the horizon that encloses the ore bodies.

The effective capacity of the productive aquifer is part of the total capacity of the productive aquifer (including ore bodies and host rocks) in which the main (80-90%) mass transfer is carried out in the form of solutions.

Coefficient of ore power is the ratio of the thickness of the ore body to the effective power of the productive aquifer.

Coefficient of ore power is the ratio of the thickness of the ore body to the effective power of the productive aquifer. A single acting volume is a column of rock mass in a productive horizon, having a height equal to the effective power, and a basis equal to the unit area. The leached area is the area of the productive water-bearing horizon on which the technological solutions move.

The technological solution is an aqueous solution of the reagents and products of their interaction with the enclosing medium. At underground leaching technological solutions are divided into working, productive, uterine, return, waste.

Geotechnology is a technology for the extraction of solid minerals, which consists in transferring them to a mobile state in the bowels at the site of occurrence by means of thermal, mass exchange, chemical and hydrodynamic processes and subsequent transport of liquid and gaseous products to the surface of the day.

The method of underground leaching or the IST method is a geotechnological method of extracting solid minerals, consisting in selective transfer of a useful component of ores, into a mobile state in the subsoil at the site of occurrence through the action of chemical reagents on them.

Downhole IST development system - A system that provides for the opening, preparation and operation of deposits by the MF method with the help of boreholes drilled from the day surface.

An enterprise (mine management, mine, shop) of underground leaching or an enterprise (mine, mine, shop) IST - a mining enterprise (mine management, mine, shop), leading extraction of useful components of ores by the IST method.

The mining complex of the enterprise (mine management, mine, shop) is a complex of underground and surface structures and technical means that provide the supply of working solutions to the bowels for the leaching process, pumping productive solutions to the surface and transporting them for further processing.

The underground leaching section or section of the SW is a geologically or spatially separated part of the field, which is being processed for a long period of time by a group of operational units, united by a communication system and installations for monitoring and controlling the IST process.

The underground leaching unit or the IST unit is the minimum production unit, consisting of a group of operational cells that are simultaneously commissioned and processed in the same geotechnological mode by the same well development system.

The underground leaching cell or the IST cell is a part of the ore body that is worked by the quenching and pumping wells.

The underground leaching ground or polygon IST is a block (cell) IST intended for carrying out of experimental-experimental works on an estimation of efficiency of new leaching reagents, borehole development systems, physical methods of intensification of IST process.

The technological solution is an aqueous solution of the reagents or (and) the products of their interaction with the medium of the productive horizon.

The working solution is a process solution containing the reagents necessary for dissolution of the useful component and intended for injection into the production horizon.

A productive solution is a technological solution formed in the interior as a result of a physico-chemical interaction with the ore mass and containing a useful component in a concentration equal to or higher than the minimum industrial one.

The mother liquor is the process solution from which the useful component is extracted. Used after reinforcement with reagents as a worker.

The return solution is a process solution containing a useful component at a concentration below the minimum industrial level, suitable for supply to the production horizon, as a working solution after reinforcement with the necessary reagents.

The unit of acidification is a set of structures and technical means intended for reinforcement of return and mother liquors.

Wells of underground leaching or wells are wells designed for opening ore bodies, supplying and extracting subsoil of technological solutions, monitoring the progress of the IST process, monitoring the recovery of the useful component, and improving the parameters of the ore bodies.

Technological wells are MF wells, which are directly used for the implementation of a given geotechnological processing regime.

Zakachnye wells - technological wells, designed to open the ore body and feed into it working solutions.

Pumping wells are technological wells intended for opening an ore body and extracting technological solutions (productive, returnable) to the day surface.

Observation wells are MW wells designed to monitor the conditions and dynamics of the MF process.

Control wells are MW wells drilled in the areas to be tested in order to control the recovery of the useful component from the ores of the productive horizon and to study technogenic changes in ores and enclosing rocks.

Exploration wells are MW wells drilled at the operational exploration stage prior to the opening of the production horizon by technological wells to refine reserves, morphology of ore deposits, material composition and water-physical properties of ores and enclosing rocks.

Well design is the characteristic of the well, which determines the change in its diameter with depth, the size and length of the casing, the type and length of the filter, the intervals of the waterproofing.

Well construction - the implementation of a set of works to prepare for drilling and maintaining a well in a stable state, pipe and filter equipment, waterproofing, special works and development.

Fastening of the well - fixing the walls of the well to prevent complications and accidents.

Well injection - a set of works to isolate individual intervals of the well.

Waterproofing in the well - isolation of the exploited productive aquifer from wells adjacent to it in the annulus.

Waterproofing mixture - waterproof and chemically resistant astringent mixture used for waterproofing in wells.

Weighting column casing pipes - Suspended or overhead cargo, used for fastening technological and observation wells with pipes made of materials, density less medium density in the wellbore to facilitate their delivery to a given depth.

Well development is a complex of works for cleaning the cavity of the production column, filter and pore space in the filter zone of the productive aquifer from the slurry and the solid phase of the washing liquid.

The technical condition of the well is the state of the well design elements, its operational characteristics, temporary and irreversible defects that have arisen during operation.

Colmatation of the filter and the filter zone of the well is a process of decreasing the filter capacity of the filter and the filtration properties of the filter zone of the productive aquifer as a result of blockage of holes, channels and pores by mechanical and chemical precipitation.

The decolmatization of the filter and the filter zone of the well is the elimination of the consequences of the colmatation process.

Processing complex of enterprises (mine management, mine, shop) IST - a complex of technical facilities and facilities that ensure the processing of productive solutions until the final product is obtained.

Settlers - ground and buried volumetric structures (tanks), designed to collect technological solutions and precipitation of solid suspensions.

Earthwork - a complex of construction works, including excavation (development) of soil, moving it and laying it in a certain place.

Reversing - changing the direction of motion of working solutions in the productive horizon by an angle up to 180 ° to increase the degree of extraction of useful components from the bowels.

Узбекский

Геотехнология	Иссиқлик, масса алмашиниш, кимёвий ва гидродинамик жараёнлар воситасида ётган жойида қаттиқ фойдали қазилмаларни еростида кўчиш ҳолатига келтириш билан қозиш ва кейинчалик суюқлик ҳамда газсимон маҳсулотларни ер юзасига ташиб чиқариш технологияси
Еростида танлаб эритмага ўтказиш усули ЕОТЭЎ усули	Маъданларнинг фойдали компонентларини, уларга кимёвий реагентлар таъсир эттириш билан ётган жойида танлаб еростида кўчиш ҳолатига келитириш билан қаттиқ фойдали қазилмаларни қозишнинг геотехнологик усули
ЕОТЭЎ усул билан ўзлаштиришнинг қудуқли тизимлари	Ер юзасидан бурғиланган қудуқлари ёрдамида конларни ЕОТЭЎ усул билан очиш, тайёрлаш ва улардан фойдаланишни назарда тутувчи тизим.
Еростида танлаб эритмага ўтказиш корхонаси (кон бошқармаси, кон, цехи). ЕОТЭЎ	ЕОТЭЎ усул билан маъданларнинг фойдали компонентларини қозишни олиб борувчи кон-маъдан корхонаси (кон бошқармаси, кон, цехи).

корхонаси (кон
бошқармаси, кон,
цеги).

ЕО ТЭЎ
корхонасининг (кон
бошқармаси, кон,
цегининг) қазиб олиш
мажмуаси.

Танлаб эритмага ўтказиш
жараёнини амалга ошириш учун еростига
ишчи аралашмаларни ўзатишни, маҳсулдор
аралашмаларни ер юзасига ҳайдаб
чиқаришни ва уларни кейинчалик қайта
ишлаш учун ташишни таъминлайдиган
ерости ва ер усти иншоотлари ҳамда техник
воситалари мажмуаси.

Еростига
танлаб эритмага
ўтказишнинг
ишлатиш участкаси.
ЕОТЭЎ участкаси.

ЕОТЭЎ жараёнини назорат қилиш
ва бошқариш қурилмаси ҳамда
коммуникация тизими билан
бириктирилган фойдаланиш блоклари
гуруҳи томонидан узоқ вақт давомида
ишланадиган коннинг геологик ёки
фазовий алоҳидалаштирилган қисми.

Ер остига
танлаб эритмага
ўтказишнинг
ишлатиш участкаси.
ЕОТЭЎ участкаси.

Ўзлаштиришнинг бир хил қудук
тизимининг ягона геотехнологик режимида
ишланадиган ва бир вақтда фойдаланишга
топшириладиган ишлатиш бўлакчалари
гуруҳидан ташкил топган минимал қазиш
бирлиги.

Ер остига
танлаб эритмага
ўтказишнинг
ишлатиш бўлакчаси.
ЕОТЭЎ
бўлакчаси.

Ҳайдаладиган ва суриб олиннадиган
қудуқлар билан ишланадиган маъдан
танасининг қисми

Ер остига
танлаб эритмага
ўтказиш полигони.
ЕОТЭЎ
полигони

ЕОТЭЎ блоги (бўлакчаси), танлаб
эритмага ўтказишнинг янги реагентлари,
ўзлаштиришнинг қудуқли тизимлари,
ЕОТЭЎ жараёнини кучайтиришнинг
физикавий усуллари самарадорлиги
баҳолаш бўйича экспериментал-тажриба
ишларини бажаришга мўлжалланган.

Технологик эритма (қоришма)	Реагентларнинг ёки (ва) маҳсулдор жой (сатҳ) муҳити билан уларни ўзаро таъсир маҳсулотларининг сувдаги эритмаси
Ишчи эритма (қоришма)	Фойдали компонентни эритиш учун зарур бўлган реагентларни бўлган ва маҳсулдор жойга ҳайдашга мўлжалланган технологик эритма
Маҳсулдор эритма (қоришма)	Кон-маъдан массаси билан ўзаро физик-кимёвий таъсир натижасида ер остида ҳосил бўлган ва минимал саноат концентрациясига тенг ёки ундан юқори фойдали компоненти бўлган технологик эритма.
Кўр эритма (қоришма)	Фойдали компонент ажратиб олинган технологик эритма. Реагентлар билан мустаҳкамлангандан сўнг ишчи сифатида ишлатилади.
Қайтариладиган эритма	Зарур реагентлар билан мустаҳкамлангандан сўнг ишчи сифатида маҳсулдор жойга бериш учун яроқли минимал саноат концентрациясидан паст фойдали компоненти бўлган ишчи эритма
Нордонлаштирилган иш боғламаси	Қайтариладиган ва кўр эритмаларни тўлиқ мустаҳкамлаш учун мўлжалланган қурилма ва техник воситалар мажмуи.
Ер остида танлаб эритмага ўтказиш қудуқлари. Ер остида танлаб эритмага ўтказиш қудуқлари.	Маъдан жисмларини очиш, технологик эритмаларни ер остига бериш ва чиқариш, ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини кўзатиш, фойдали компонентни чиқариш даражасини назорат этиш, маъдан жисмлари параметрларини аниқлаш учун мўлжалланган қудуқлар.
Технологик қудуқлар.	Ишлаб бериш геотехнологик тартиботини амалга ошириш учун ишлатиладиган ер остида танлаб эритмага ўтказиш қудуқлари.

Хайдаладиган кудуқлар.

Маъдан жисмини очиш ва унга ишчи эритмаларни бериш учун мўлжалланган кудуқлар.

Тортиб чиқарадиган кудуқлар.

Маъдан жисмини очиш ва технологик эритмаларни (маҳсулдор, қайтариладиган) ер юзасига чиқариш учун мўлжалланган технологик кудуқлар.

Кузатув кудуқлари.

Ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёни шароитлари ва динамикасини кузатиш учун мўлжалланган кудуқлар.

Кузатиш кудуқлари.

Ишланаётган участкаларда маҳсулдор жой рудаларидан фойдали компонентни чиқариш даражасини кузатиш ва маъданлар ва сиғдирадиган жинслар техноген ўзгаришларини текшириш мақсадида бурғуланган ер остида танлаб эритмага ўтказиш кудуқлари.

Эксплуатация - қидирув кудуқлари.

Маҳсулдор жойни очишдан олдин эксплуатация - қидирув босқичида заҳиралар, маъдан қатламлари морфологияси, маъданлар ва сиғдирадиган жинслар моддий таркиби ва сув-физик хусусиятларини аниқлаш учун бурғиланган кудуқлар.

Кудуқ конструкцияси.

Чуқурлиги билан диаметри ўзгариши, типоразмери ва атрофидаги устунлар узунлиги, филтр тури ва узунлиги, гидроизоляция интервалларини аниқловчи кудуқлар ҳарактеристикалари.

Кудуқ қурилиши.

Кудуқни бурғилашга ва барқарор ҳолатда сақлаш, трубалар билан мустаҳкамлаш ва филтрлар билан жиҳозлаш, гидроизоляция, маҳсус ишларни амалга ошириш ва ўзлаштиришга тайёрлаш бўйича комплекс ишларни бажариш.

Кудуқни мустаҳкамлаш.

Кудуқ деворларини аварияларни олдини олиш мақсадида мустаҳкамлаш.

**“Қудуқни
деворини мустаҳ-
камлаш”, “Қудуқни
мустаҳ-камлаш”**

**Қудуқни
тампонлаш**

Қудуқнинг алоҳида интервалларини
изоляция қилишга оид ишлар мажмуи

**Қудуқдаги
гидроизоляция**

Ишлатиладиган маҳсулдор жойни,
қудуқнинг унга чегарадош бўлган қувур
чети майдонидан изоляция қилиш

**Гидроизоляция
лаш аралашмаси**

Қудуқдаги гидроизоляция учун
қўлланиладиган сув ўтказмас ва кимёвий
бардошли бириктирувчи аралашма

**Мустаҳкамлаш
қувурлари
коллонасининг
оғирлатгичи**

Белгиланган чуқурликка етказишни
осонлаштириш учун зичлиги қудуқ
стволидаги муҳит зичлигидан кам бўлган
материалдан тайёрланган қувурлар билан
технологик ва кузатиш қудуқларини
маҳкамлашда қўлланиладиган осиладиган
ёки қўйиладиган юк.

**Қудуқни
ўзлаштириш**

Шлам ва ювиш суюқлигининг қаттиқ
фазасидан ишлатиш колоннасининг
бўшлигини, фильтрни ва маҳсулдор сувли
жойдаги фильтрлди зонанинг тешикчали
майдонини тозалашга оид ишлар мажмуи

**Қудуқларнинг
техникавий
ҳолатлари**

Қудуқ конструктив элементларининг
ҳолати, унинг эксплуатацион тавсифлари,
ишлатиш жараёнда пайдо бўладиган
вақтинчалик ва тўзатиб бўлмайдиган
нуқсонлар

**Қудуқ фильтри
ва
фильтр-олди
зонасининг
кольмата-цияси
(тиқинланиши)**

Тешиклар, каналлар ва тешикчаларнинг
механик ҳамда кимёвий чўкиндилар билан
тиқилиши натижасида фильтр ва
маҳсулдор сувли жойдаги фильтрлди
зонанинг фильтрлаш хусусиятининг
пасайиш жараёни

Қудуқ фильтри

Кольматация жараёни оқибатларини

ва **фильтр-олди** **бартараф этиш**
зонасининг
декольма-тацияси
(тиқинсизланиши)

ЕОТЭЎ
корхоналарининг
(кон бошқармаси,
кон, цехининг) қайта
ишлаш комплекси

Энг сўнги маҳсулотни олишга қадар
маҳсулдор эритмалар қайта ишланишини
таъминлайдиган техникавий восита ва
иншоотлар мажмуи

Чўқтиргичлар

Технологик эритмалар ва аралашмаган
қаттиқ чўқиндиларни йиғишга
мўлжалланган ер устидаги ва
чуқурлаштирилган ҳажмий иншоотлар

Ер қазиш ишлари

Тупроқ қазиш, маълум жойга уни
кўчириш ва ётқизишдан иборат бўлган
қурилиш ишлари мажмуи

VII. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

I. Ўзбекистон Республикаси Президентининг асарлари

1. Каримов И.А. Ўзбекистон мустақилликка эришиш остонасида. - Т.:“Ўзбекистон”, 2011.

2. Мирзиёев Ш.М. Буюк келажакимизни мард ва олижаноб ҳалқимиз билан бирга қурамиз. – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 488 б.

3. Мирзиёев Ш.М. Миллий тараққиёт йўлимизни қатъият билан давом эттириб, янги босқичга кўтарамиз – Т.: “Ўзбекистон”. 2017. – 592 б.

II. Норматив-ҳуқуқий ҳужжатлар

4. Ўзбекистон Республикасининг Конституцияси. – Т.: Ўзбекистон, 2019.

5. Ўзбекистон Республикасининг “Таълим тўғрисида”ги Қонуни.

6. Ўзбекистон Республикасининг “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Қонуни.

7. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2015 йил 12 июндаги “Олий таълим муассасаларининг раҳбар ва педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида” ги ПФ-4732-сонли Фармони.

8. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 7 февралдаги “Ўзбекистон Республикасини янада ривожлантириш бўйича Ҳаракатлар стратегияси тўғрисида”ги 4947-сонли Фармони.

9. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2018 йил 3 февралдаги “Хотин-қизларни қўллаб-қувватлаш ва оила институтини мустаҳкамлаш соҳасидаги фаолиятни тубдан такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5325-сонли Фармони.

10. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 17 июндаги “2019-2023 йилларда Мирзо Улуғбек номидаги Ўзбекистон Миллий университетида талаб юқори бўлган малакали кадрлар тайёрлаш тизимини тубдан такомиллаштириш ва илмий салоҳиятини ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-4358-сонли Қарори.

11. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим тизимида бошқарувнинг янги тамойилларини жорий этиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПҚ-4391- сонли Қарори.

12. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 11 июлдаги «Олий ва ўрта махсус таълим соҳасида бошқарувни ислоҳ қилиш чора-тадбирлари тўғрисида»ги ПФ-5763-сон фармони.

13. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 августдаги “Олий таълим муассасалари раҳбар ва педагог кадрларининг узлуксиз малакасини ошириш тизимини жорий этиш тўғрисида”ги

ПФ-5789-сонли фармони.

14. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “2019-2021 йилларда Ўзбекистон Республикасини инновацион ривожлантириш стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги 2018 йил 21 сентябрдаги ПФ-5544-сонли Фармони.

15. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 27 майдаги “Ўзбекистон Республикасида коррупцияга қарши курашиш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПФ-5729-сон Фармони.

16. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2017 йил 2 февралдаги “Коррупцияга қарши курашиш тўғрисида”ги Ўзбекистон Республикаси Қонунининг қоидаларини амалга ошириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги ПҚ-2752-сонли қарори.

17. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим тизимини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 20 апрелдаги ПҚ-2909-сонли қарори.

18. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий маълумотли мутахассислар тайёрлаш сифатини оширишда иқтисодиёт соҳалари ва тармоқларининг иштирокини янада кенгайтириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 27 июлдаги ПҚ-3151-сонли қарори.

19. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Нодавлат таълим хизматлари кўрсатиш фаолиятини янада ривожлантириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 2017 йил 15 сентябрдаги ПҚ-3276-сонли қарори.

20. Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Олий таълим муассасаларида таълим сифатини ошириш ва уларнинг мамлакатда амалга оширилаётган кенг қамровли ислохотларда фаол иштирокини таъминлаш бўйича қўшимча чора-тадбирлар тўғрисида”ги 2018 йил 5 июндаги ПҚ-3775-сонли қарори.

21. Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 2012 йил 26 сентябрдаги “Олий таълим муассасалари педагог кадрларини қайта тайёрлаш ва уларнинг малакасини ошириш тизимини янада такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги 278-сонли Қарори.

Основные литературы

22. Аренс В.Ж. Физико-химическая геотехнология. М.: МГГУ, 2010, 655 с

23. Толстов Е.А. Физико-химические геотехнологии основных месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М.: МГГУ, 2001, 478 с.

24. Скворцов Д.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997, 672 с.

25. Шаровар И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений, М.: МГГУ, 1999, 240 с.

26.Кедровский О.Л. Комплексы подземного выщелачивания. М.: Недра, 1992.

27.Мамилов В.А., Петров Р.П. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 2005

Интернетые ресурсы :

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Матбуот маркази сайти: www.press-service.uz
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат Ҳокимияти портали: www.gov.uz
3. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari izohli lug'ati, 2004, UNDP DDI: www.lugat.uz, www.glossary.uz
4. Infocom.uz электрон журнали: www.infocom.uz
5. www.press-uz.info
6. www.ziyonet.uz
7. www.edu.uz
8. www.springer.com
9. www.nabu.com