

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

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

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

## **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС**

**по модулю**

**ОБОГАЩЕНИЕ И ПЕРЕРАБОТКА РУД РЕДКИХ И РАДИОАКТИВНЫХ  
МЕТАЛЛОВ**

**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> .....	29
<u>V. Банк кейсов</u> .....	37
<u>VI. Глоссарий</u> .....	38
<u>VII. Список литературы</u> .....	50

# I. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

## ВВЕДЕНИЕ

Теоретические и практические материалы рабочей программы по модулю **“Обогащение и переработка руд редких и радиоактивных металлов”** разработаны на основе международного опыта в соответствии с требованиями указа Президента Республики Узбекистан от 12 июня 2015 года № УП 4732 «О мерах по дальнейшему совершенствованию системы переподготовки и повышения квалификации руководящих и педагогических кадров высших образовательных учреждений»

### Цель и задачи учебного модуля

**Целью модуля** “Обогащение и переработка руд редких и радиоактивных металлов” является обеспечение современными информационными данными на основе метода гео технологии (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** «Обогащение и переработка руд редких и радиоактивных металлов»

- 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 «Обогащение и переработка руд редких и радиоактивных металлов» должен:

*иметь представление и охарактеризовать:*

- способностью приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии при обогащении и переработке руд редких и радиоактивных металлов;
- по основам профессиональных знаний и готовностью к использованию их в гео технологии;
- 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 самостоятельно увидеть следствия сформулированного результата;

#### **Умением ориентироваться в постановках задач в гео технологии:**

слушатели по итогам изучения дисциплине “Обогащение и переработка руд редких и радиоактивных металлов” приобретут **знания** составления электронных учебно-методических баз данных.

#### **знать:**

- сущность основных понятий, изучаемых в технологии обогащения и переработки растворов подземного выщелачивания;
- основные формулировки понятий технологии обогащения и переработки растворов подземного выщелачивания;
- основные методы математического моделирование геологических объектов и процессов горного производства.

#### **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 маркшейдерском деле;
- анализировать полученные результаты, и прогнозировать их на неизученные участки месторождения.

#### **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

### Модуля “Обогащение и переработка руд редких и радиоактивных металлов”

№	Темы	Учебная нагрузка, час					
		Аудиторная учебная нагрузка					
		Общие	Итого	Из них:			Самостоятельная работа
теоретические	практические			Выездные занятия			
1.	Характеристика продуктивных растворов и сорбентов, применяемых при их переработке	2	2	2			
2.	Основы сорбционной технологии переработке продуктивных растворов	2	2	2			
3.	Методы концентрирования урана из товарных десорбатов	4	4	2		2	
4.	Определение удельного расхода серной кислоты при регенерации	2	2		2		
5.	Исследование период закисления участок ПВ в сернокислотном режиме	6	6		4	2	
<b>Общие</b>		<b>16</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	

## ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

### **1-тема: Характеристика продуктивных растворов и сорбентов, применяемых при их переработке**

Кислотный способ подземного выщелачивания приводит к растворению, помимо урановых, и других минералов руды и пустых пород, что вызывает загрязнение продуктивных растворов балластными примесями — железом, кальцием, магнием, алюминием и др. Основная операция при извлечении урана из руд способом ПВ, а именно выщелачивание, определяет состав получаемых продуктивных растворов. В зависимости от природы используемого выщелачивающего реагента на дальнейшую операцию сорбционного извлечения урана могут поступать сернокислые или бикарбонатные растворы, компонентой состав которых определяется продуктами химического взаимодействия урановых минералов и вмещающих пород с выщелачивающим реагентом

### **2-тема: Основы сорбционной технологии переработке продуктивных растворов.**

При добыче урана способом ПВ необходимо учитывать неразрывную связь геотехнологических работ с дальнейшим процессом переработки растворов. В основе этой взаимосвязи лежат требования экологии и экономики. Технологическая и аппаратная схемы наземного сорбционного комплекса должны быть привязаны к типу выщелачивающего реагента. Наиболее целесообразно использовать для десорбции урана с анионитом элюент того же вида и характера, что и выщелачивающий реагент.

### **3-тема: Методы концентрирования урана из товарных десорбатов.**

В зависимости от способа десорбции урана с анионитов на зарубежных и отечественных предприятиях ПВ применяют различные методы его концентрирования и выделения из товарных десорбатов.

Для концентрирования и выделения урана из сернокислых и нитратных десорбатов может быть с успехом использован процесс электродиализа с ионитовыми мембранами. Установлено, что степень рекуперации реагентов - серной и азотной кислот, нитратных солей - в процессе, электродиализа может достигать 70-80 %, причем уран выделяется в виде богатых концентратов (гидратированный диоксид урана).

## 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 информацией.

## **1-практическое занятие: Определение удельного расхода серной кислоты при регенерации**

Сущность способа десорбции заключается в вытеснении из зерен анионита ионов сульфата подходящими анионами- депрессорами без изменения ионной формы поглощенного компонента. В технологии урана анионом –депрессором являются сульфат –ион или нитрат-ион. Конкурентная способность ионов-депрессоров, способных вытеснить уран из молекулы ионита, растет с повышением кислотности.

## **2-практическое занятие: Исследование период закисления участок ПВ в сернокислотном режиме**

Опытные работы проводится по двум ячейкам. Исходя из результатов изучения вещественного состава руд и вмещающих пород, карбонатность которых более 2%, опытные работы проводится по сернокислотной технологии. Закисление будет проведено в активном режиме.

### **Выездные занятия**

**1-тема:** Методы концентрирования урана из товарных десорбатов

**2-тема:** Исследование период закисления участок ПВ в сернокислотном режиме

Знакомство слушателей с организацией горных работ на объектах горно металлургического комплекс: Акционерное общество Узбекуголь..б.б

### **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 настолько 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.

## II. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

### 1-ТЕМА. Характеристика продуктивных растворов и сорбентов, применяемых при их переработке.

#### План:

1. Состав продуктивных растворов и сорбентов, применяемых при их переработке
2. Сорбенты, применяемые при переработке продуктивных растворов

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

#### 1. Состав продуктивных растворов и сорбентов, применяемых при их переработке

Основная операция при извлечении урана из руд способом ПВ, а именно выщелачивание, определяет состав получаемых продуктивных растворов. В зависимости от природы используемого выщелачивающего реагента на дальнейшую операцию сорбционного извлечения урана могут поступать сернокислые или бикарбонатные растворы, компонентой состав которых определяется продуктами химического взаимодействия урановых минералов и вмещающих пород с выщелачивающим реагентом. Состав продуктивных растворов зависит от применяемого метода десорбции урана с ионообменной смолы, так как при контакте смолы, прошедшей стадию десорбции, с продуктивным раствором происходит обменное вытеснение анионов элюента (например, нитрат - или хлорид-ионов) в отработанный продуктивный раствор.

Кислотный способ подземного выщелачивания приводит к растворению, помимо урановых, и других минералов руды и пустых пород, что вызывает загрязнение продуктивных растворов балластными примесями — железом, кальцием, магнием, алюминием и др.

При контакте с серной кислотой окисленных минералов урана, а также соединений четырехвалентного урана в присутствии окислителей он переходит в раствор в форме нейтрального комплекса  $UO_2SO_4$ , а также в форме анионных

комплексов  $UO_2(SO_4)_2^{2-}$  и  $UO_2(SO_4)_3^{4-}$ , выход которых зависит от концентрации серной кислоты и сульфат-иона. При pH раствора выше 2,5 ионы уранило полимеризуются, образуя полиядерные комплексы вида  $U_2O_5SO_4^{2+}$  и  $U_3O_8SO_4^{2+}$ . Кроме балластных примесей в продуктивные растворы переходит ряд сопутствующих урану ценных элементов, таких, как молибден, рений, скандий, ванадий, иттрий, редкоземельные элементы (РЗЭ).

Как правило, молибден и рений присутствуют в растворах в виде анионов молибденовой и радиевой кислот  $MoO_4^-$  и  $ReO_4^-$  скандий, иттрий и РЗЭ - в форме трехвалентных катионов  $Sc^{3+}$ ,  $Y^{3+}$ ,  $РЗЭ^{3+}$ , ванадий — в форме катионов ванадила  $VO^{2+}$  и  $VO_2^+$ , и анионов метаванадата  $VO_3^-$

Основные балластные примеси — железо, алюминий, кальций, магний — в рассматриваемых условиях подземного выщелачивания анионных комплексов не образуют.

В процессе кислотного выщелачивания концентрация солей в продуктивных растворах постепенно увеличивается как вследствие их рециклинга, так и в результате рециклинга ионообменных смол.

При карбонатном способе подземного выщелачивания в результате взаимодействия растворов карбонатных или бикарбонатных солей с окисленными минералами урана или с минералами урана (IV) в присутствии окислителей (кислород, пероксид кислорода) образуются хорошо растворимые комплексные соединения уранила, например,  $\text{Na}_4[\text{UO}_2(\text{CO}_3)_3]$  или  $\text{NH}_4[\text{UO}_2\text{CO}_3)_3]$ ..

Так как карбонатные и бикарбонатные соли щелочных металлов или аммония являются более мягкими выщелачивающими агентами по сравнению с кислотами, количество и содержание балластных примесей в продуктивных растворах ПВ значительно меньше, хотя карбонатные растворы в незначительной степени также выщелачивают кремний, кальций, магний и др. Из перечисленных выше ценных сопутствующих элементов в продуктивных растворах присутствуют только молибден и рений.

Среднее содержание основных компонентов в направляемых на переработку продуктивных растворах приведено в табл. 11.1. Содержание микрокомпонентов в сернокислых продуктивных растворах колеблется в широких пределах и составляет, мг/дм<sup>5</sup>: Ti 0,2—5; Мп 0,1-20; Zn 0,1-20; Рb 0,006-0,01; Ni 0,1-15; Sr 0,06—0,2; Си 0,03—5; As — около 0,05.

### ***Сорбенты, применяемые при переработке продуктивных растворов***

Как уже отмечалось, в процессе многократной циркуляции продуктивных растворов между подземными горизонтами и наземным перерабатывающим комплексом происходит постепенное накопление в них катионных и анионных компонентов. Поэтому концентрирование урана обычными осадительными методами с учетом его низкой концентрации в растворах экономически нецелесообразно. В настоящее время для извлечения урана из продуктивных растворов повсеместно применяют сорбционные процессы (2, 10, 17, 18, 20).

Экстракционные способы также не могут быть конкурентами сорбции, так как при низкой концентрации урана в растворах они связаны с большими удельными расходами экстрагентов (три бутил фосфата, три алкиламина, ди-2-этилгексилфосфорной кислоты) и разбавителей (керосина, перхлор этилена и др.). Кроме того, после контакта с органической фазой отработанные продуктивные растворы требуют тщательной очистки от органики во избежание возможных кольматации скважин вследствие разбухания глинистых пород.

В качестве сорбентов для извлечения и концентрирования урана из продуктивных растворов чаще всего используют сильноосновные гелиевые и пористые аниониты на основе сополимеров стирола и дивинилбензола или винил пиридина и дивинилбензола. Марки и характеристики применяемых анионитов приведены в табл. 11.2.

Как правило, промышленность поставляет аниониты в С1~ форме. В процессе переработки продуктивных растворов они переходят в соответствующую  $\text{SO}_4^{2-}$ -

,  $\text{CO}_3^{2-}$  - или  $\text{HCO}_3^-$  -форму в зависимости от химической природы перерабатываемого раствора и используемого реагента.

### Вопросы

1. *Какие основные элементы включает технологическая схема отработки месторождения способом подземного выщелачивания?*
2. *Какие функции выполняет буровая скважина?*
3. *На какие типы подразделяются буровые скважины?*
4. *Дайте определение эксплуатационной ячейки, блока, участка, поля.*
5. *Опишите схемы расположения технологических скважин в эксплуатационных ячейках.*

### Используемые литературы

1. Boston, Louis F. Buff. High Grade Engineering, Surveying And Mining Instruments. Nabu Press. 2010
2. William A. Hustrulid, Richard L. Bullock. Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies. Society for Mining. 2011
3. Barry A. Wills, James Finch. Wills' Mineral Processing Technology. Butterworth-Heinemann. 2012
4. Balbir S. Dhillon. Mining Equipment Reliability, Maintainability, and Safety. Springer 2011
5. Н.Р. Юсупбеков, Р.А. Алиев, Р.Р. Алиев, А.Н. Юсупбеков. Интеллектуальные системы управления и принятия решений. Учебник для ВУЗов. – Тошкент: Узбекистон миллий энциклопедияси, 2014. – 490с.

## **2-тема: Основы сорбционной технологии переработки продуктивных растворов.**

### **План:**

1. *Взаимосвязь геотехнологических процессов с последующей переработкой продуктивных растворов*
2. *Очистка продуктивных растворов от твердых взвесей*
3. *Сорбция урана*
4. *Десорбция урана с анионитов*

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

### **1. Взаимосвязь геотехнологических процессов с последующей переработкой продуктивных растворов**

При добыче урана способом ПВ необходимо учитывать неразрывную связь геотехнологических работ с дальнейшим процессом переработки растворов. В основе этой взаимосвязи лежат требования экологии и экономики. Технологическая и аппаратная схемы наземного сорбционного комплекса должны быть привязаны к типу выщелачивающего реагента. Наиболее целесообразно исполь-

зовать для десорбции урана с анионитом элюент того же вида и характера, что и выщелачивающий реагент. Так, при переработке сернокислых продуктивных растворов оптимальным элюентом для урана являются растворы серной кислоты, применение которых не приводит к дополнительному загрязнению окружающей среды другими анионами, как это происходит при нитратной или хлоридной десорбции. К тому же в этом случае не требуется дополнительных капитальных и эксплуатационных затрат для регенерации анионита в сульфатную форму после десорбции, а дисбалансированные растворы легко утилизируются. Даже при необходимости дополнительных операций концентрирования урана из сернокислых десорбатов любым ионообменным способом (экстракцией, сорбцией, электродиализом с ионитовыми мембранами) приведенные затраты на получение 1 кг урана в этом случае в 1,6 — 1,9 раза ниже, чем, например, при нитратной десорбции (при условной производительности по перерабатываемому раствору 1000 м<sup>3</sup>/ч со средним содержанием урана в растворе 40 мг/дм<sup>3</sup> и извлечением на стадии сорбции 95 %).



**Таблица 11.1.** Среднее содержание компонентов в продуктивных растворах подземного выщелачивания, г/дм<sup>3</sup>

Вид раствора	pH	U	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ca
Сернокислый	1,2—2	0,015—0,1	1—7	—	—	—	0,2—1,5	0,15—0,9	0,3—0,6
Бикарбонатно-карбонатный	7,5—8,5	0,015—0,1	—	0,01	0,2—2	0,06—0,6	—	—	0,1—0,3

*Продолжение табл. 11.1*

Вид раствора	Mg	Al	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	P	SiO <sub>2</sub>	Твердые взвеси
Сернокислый	0,3—1,6	0,3—2,5	10—25	0,06—0,6	0,2—1,7	0,02—0,15	0,1—0,5	0,01—0,2
Бикарбонатно-карбонатный	0,1—0,2	—	0,9—2	0,02—0,03	0,5—0,7	—	—	0,01—0,2

**П р и м е ч а н и е .** Суммарное содержание радионуклидов в сернокислых растворах может колебаться в пределах  $5 \cdot 10^{-6}$  —  $1 \cdot 10^{-10}$  Ки/дм<sup>3</sup>, а в бикарбонатных оно значительно меньше и составляет примерно  $1 \cdot 10^{-10}$  Ки/дм<sup>3</sup>.

Таблица 11.2. Характеристики анионитов, применяемых для извлечения урана из продуктивных растворов [7, 9]

Характеристика	Amberlyt IRA-400	Dowex 21K	Duolite A101Д	Jonac А - 580	Permutite S-700	Wofatit SBT	АМП	АМ-п	ВП-1Ап	ВП-1п
Активная группа	$-N^+(CH_3)_3$	$-N^+(CH_3)_3$	$-N^+(CH_3)_3$	$-N^+(CH_3)_3$	$-N^+(CH_3)_3$ $-N(CH_2)_2$ $-C_2H_4OH$	$-N^+(CH_3)_3$	$C_5H_5N^+$	$-N^+(CH_3)_3$	$C_5H_5N^+$	$C_5H_5N^+$
Удельная поверхность, $m^2/g$	—	—	—	—	—	—	—	20	10	14—20
Удельный объем набухшего в дистиллированной воде сорбента, $cm^3/g$	3	3,5	3	3,3	2,8—3,6	2,7	3,3	3	3,5	4
Полная обменная емкость по $Cl^-$ -иону, мг-экв/г	4,2	4,5	4,2	4,3	3,5—3,7	3	3,1	3,0	4,3	4,8
Механическая прочность, %	Данных нет	98,5	50—60	Данных нет	Данных нет	96	95	95	90	95
Зернение рабочей фракции, мм	0,3—1,2	0,3—1,2	0,3—1,2	0,3—1,2	0,3—1,2	0,63—1,2	0,63-1,6	0,63—1,6	0,63-1,6	0,63-1,6

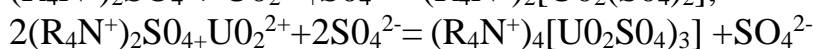
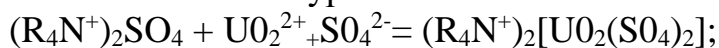
Точно так же при выщелачивании урана растворами бикарбонатных солей оптимальной технологической схемой переработки растворов является та, которая включает десорбцию урана концентрированными растворами аналогичных карбонат-бикарбонатных солей, что исключает введение посторонних анионов в подземные горизонты и депрессирование сорбции урана.

### **Очистка продуктивных растворов от твердых взвесей**

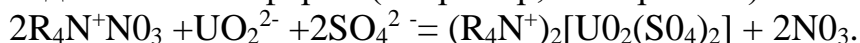
Перед подачей продуктивных товарных растворов на сорбцию их необходимо очистить от механических примесей, содержание которых может колебаться в довольно широких пределах — от 0,05 до 0,2—1 г/дм<sup>3</sup>. С этой целью продуктивные растворы предварительно осветляют в прудах-отстойниках большого объема (до 5 — 10 тыс.м<sup>3</sup>). Дальнейшая необходимая степень очистки определяется типом используемой сорбционно-десорбционной аппаратуры (фиксированный или движущийся слой сорбента). Для дополнительной очистки растворов чаще всего применяют песчаные фильтры, иногда сетчатые, напорные или угольные фильтры и т.п. [12]. Для улавливания сорбентов из растворов перед закачкой в пласт осуществляют контрольную фильтрацию на сетчатых фильтрах.

### **Сорбция урана**

Процесс сорбции урана из продуктивных растворов сильноосновными анионитами описывается уравнениями ионного обмена и комплексообразования:



$2(R_4N^+)_2SO_4 + UO_2^{2+} + 3SO_4^{2-} = (R_4N^+)_4[UO_2(SO_4)_3] + 2SO_4^{2-}$  или, если анионит находится в иной форме (например, в нитратной):



Низкая концентрация урана в продуктивных растворах ( $6 \cdot 10^{-5}$  —  $4,5 \cdot 10^{-4}$  М) обуславливает особенности процесса их сорбционной переработки с использованием анионитов. В таких растворах преобладает пленочная кинетика сорбции. Показано, что в зависимости от рН раствора продолжительность сорбции иона три сульфата уранила триметиламмониевым анионитом составляет от 100 (рН=1,85) до 500 мин (рН=3,6) [12]. На практике необходимая продолжительность контакта анионитов с перерабатываемым раствором составляет 6 — 8 ч.

Показатели процесса сорбции урана — глубина извлечения, емкость анионита — зависят от содержания его в перерабатываемом растворе, характеристик анионита, а также количества в растворе ионов-депрессоров сорбции, таких, как, сульфат, нитрат- и хлорид-ионы, ионов трехвалентного железа и серной кислоты. В области низкой концентрации урана (1—25 мг/дм<sup>3</sup>) коэффициенты его распределения  $K$  на порядок выше, чем в области высокой (0,1 — 1,0 г/дм<sup>3</sup>), причем это одинаково справедливо для сильно- и слабоосновных анионитов (табл. 11.3).

Повышение кислотности продуктивных растворов приводит к ухудшению сорбции урана, причем более значительному для сильноосновных анионитов (табл. 11.4).

В основе депрессирующего влияния некоторых анионов на сорбцию урана лежит ряд их сродства к анионитам:  $\text{SO}_4^{2-} < \text{F}^- < \text{OH}^- < \text{Cl}^- < \text{NO}_3^- < \text{HSO}_4^- < \text{ClO}_4^- < \text{PO}_4^{3-}$ .

В соответствии с этим коэффициенты распределения урана значительно снижаются в присутствии даже небольшого количества указанных анионов (табл. 11.5—11.7), причем отрицательное влияние проявляется резче в области малых концентраций урана.

Трехвалентное железо, образующее в растворах с низкой концентрацией серной кислоты и сульфат-Иона непрочные анионные комплексы, также отрицательно влияет на сорбцию урана, но менее сильно, чем анионы-депрессоры (табл. 11.8).

Все перечисленные выше аниониты имеют четко выраженную крутую изотерму сорбции ( $K_{обм} \approx 1$ ), что обеспечивает глубокое извлечение урана даже из растворов с низкой его концентрацией. Как правило, в процессе сорбции достигается весьма низкая сбросная концентрация урана, не превышающая 1-2 мг/дм<sup>3</sup>. Сбросная концентрация урана в отработанных продуктивных растворах определяется остаточной емкостью анионитов по урану, получаемой в процессе десорбции.

Те же факторы — концентрация урана, карбонат- и бикарбонат-ионов и количество присутствующих в растворе анионов-депрессоров (например, сульфат-иона) — влияют на показатели сорбции урана анионитами и из бикарбонатных продуктивных растворов ПВ (табл. 11.9, 11.10). Изотермы сорбции урана из этих растворов имеют более крутой характер по сравнению с изотермами сорбции из сернокислых растворов, что позволяет иметь такую же низкую сбросную концентрацию урана в отработанных растворах (1—2 мг/дм<sup>3</sup>) при более высоких остаточных емкостях анионитов после десорбции урана.

Ввиду более сильного сродства карбонат- и бикарбонат-ионов и соответствующих высокопрочных комплексов уранила к ионогенам группам анионитов по сравнению с сульфат-ионом влияние его на сорбцию урана сказывается не столь значительно, как в сернокислых системах (табл. 11.10).

Коэффициенты распределения урана при сорбции его анионитами из карбонат-бикарбонатных растворов в несколько раз выше, чем при сорбции из сернокислых сред (табл. 11.10).

**Таблица 11.3.** Коэффициенты распределения урана при его сорбции анионитами из сернокислых продуктивных растворов с pH = 1,8 [1,14]

Анионит	Концентрация урана в растворе, мг/дм <sup>3</sup>				
	1	10	25	100	1000
АМП	$3,2 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$6,7 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^2$
ВП-1п	$9,1 \cdot 10^2$	$6,6 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	$6,9 \cdot 10^1$

**Таблица 11.4.** Зависимость коэффициентов распределения урана от кислотности раствора при его сорбции анионитами из сернокислых продуктивных растворов [2]

Анионит	Кислотность растворов			
	pH=1,8	5 г/дм <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	10 г/дм <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	20 г/дм <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	Концентрация урана в растворе 50 мг/дм <sup>3</sup>			
АМП	$7,8 \cdot 10^2$	$7,35 \cdot 10^2$	$4,5 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,4 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$	$1,6 \cdot 10^2$
	Концентрация урана в растворе 5 мг/дм <sup>3</sup>			
АМП	$3,3 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^2$
ВП-1п	$5,5 \cdot 10^2$	$5,1 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^2$	$2,6 \cdot 10^2$

**Таблица 11.5.** Зависимость коэффициентов распределения урана от концентрации сульфат-иона при его сорбции анионитами из сернокислых растворов с pH = 1,8 [1, 2, 14]

Анионит	Концентрация SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , г/дм <sup>3</sup>				
	5	25	50	75	100
	Концентрация урана в растворе 50 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$1 \cdot 10^3$	$8,8 \cdot 10^2$	$7,5 \cdot 10^2$	$5,6 \cdot 10^2$	$5,2 \cdot 10^2$
ВП-1п	$7,7 \cdot 10^2$	$4,8 \cdot 10^2$	$3,3 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$	$1,8 \cdot 10^2$
	Концентрация урана в растворе 5 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$2,8 \cdot 10^3$	$2,1 \cdot 10^3$	$1,6 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$	$8,2 \cdot 10^2$
ВП-1п	$1,63 \cdot 10^3$	$8,4 \cdot 10^2$	$5,6 \cdot 10^2$	$3,8 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$

**Таблица 11.6.** Зависимость коэффициента распределения урана от концентрации нитрат-ионов при его сорбции анионитами из сернокислых растворов с pH = 1,8 [1, 2, 14]

Анионит	Концентрация $\text{NO}_3^-$ , г/дм <sup>3</sup>				
	0	0,25	0,5	1,0	3,0
	Концентрация урана в растворе 50 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$7,4 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$	$5,1 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^2$	$3,5 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,3 \cdot 10^2$	$2,75 \cdot 10^2$	$2,5 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^2$
	Концентрация урана в растворе 5 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$1,5 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$	$8,6 \cdot 10^2$	$6,4 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$
ВП-1п	$6,1 \cdot 10^2$	$4,6 \cdot 10^2$	$3,7 \cdot 10^2$	$2,3 \cdot 10^2$	$1,7 \cdot 10^2$

**Таблица 11.7.** Зависимость коэффициента распределения урана от концентрации Cl<sup>-</sup>-ионов при его сорбции анионитами из сернокислых растворов с pH = 1,8 [1, 2]

Анионит	Концентрация Cl <sup>-</sup> , г/дм <sup>3</sup>				
	0	0,5	1,0	3,0	6,0
	Концентрация урана в растворе 50 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$7,4 \cdot 10^2$	$6,6 \cdot 10^2$	$6,5 \cdot 10^2$	$4,9 \cdot 10^2$	$3,6 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,3 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$3,1 \cdot 10^2$	$2,4 \cdot 10^2$	$2,0 \cdot 10^2$
	Концентрация урана в растворе 5 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$1,5 \cdot 10^3$	$1,5 \cdot 10^3$	$1,46 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^3$	$7,9 \cdot 10^2$
ВП-1п	$6,1 \cdot 10^2$	$6,0 \cdot 10^2$	$5,8 \cdot 10^2$	$4,9 \cdot 10^2$	$3,2 \cdot 10^2$

**Таблица 11.8.** Зависимость коэффициента распределения урана от концентрации Fe<sup>3+</sup> при его сорбции анионитами из сернокислых растворов (pH = 1,8, концентрация урана 50 мг/дм<sup>3</sup>) [1, 14]

Анионит	Концентрация Fe <sup>3+</sup> , г/дм <sup>3</sup>				
	0	0,5	1,0	5,0	10,0
АМП	$7,4 \cdot 10^2$	$7,0 \cdot 10^2$	$6,8 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$
ВП-1п	$3,3 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$	$2,9 \cdot 10^2$	$2,7 \cdot 10^2$

Таблица 11.9. Зависимость коэффициента распределения урана от суммарной концентрации и  $\text{HCO}_3^-$  – и  $\text{CO}_3^{2-}$  – ионов при его сорбции анионитами из бикарбонатных растворов с содержанием  $\text{SO}_4^{2-}$  1 г/дм<sup>3</sup> [14]

Анионит	Концентрация $\text{HCO}_3^-$ и $\text{CO}_3^{2-}$ , г/дм <sup>3</sup>					
	0,5	1,0	3,0	5,0	10,0	20,0
	Концентрация урана в растворе 0,05 г/дм <sup>3</sup>					
АМП	$2,9 \cdot 10^3$	$2,6 \cdot 10^3$	$1,83 \cdot 10^3$	$1,54 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$	$7,3 \cdot 10^2$
ВП-1Ап	$2,67 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$	$1,76 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^3$	$9,5 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^2$
	Концентрация урана в растворе 0,005 г/дм <sup>3</sup>					
АМП	$4,06 \cdot 10^3$	$3,9 \cdot 10^3$	$3,6 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$2,67 \cdot 10^3$	$1,48 \cdot 10^3$
ВП-1Ап	$3,4 \cdot 10^3$	$3,3 \cdot 10^3$	$3,06 \cdot 10^3$	$2,7 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$

Таблица 11.10. Зависимость коэффициента распределения урана от концентрации сульфат-иона при его сорбции анионитами из бикарбонатных растворов с суммарным содержанием  $\text{HCO}_3^-$  – и  $\text{CO}_3^{2-}$  – ионов, равным 1 г/дм<sup>3</sup>

Анионит	Концентрация $\text{SO}_4^{2-}$ , г/дм <sup>3</sup>				
	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
	Концентрация урана в растворе 0,05 мг/дм <sup>3</sup>				
АМП	$2,6 \cdot 10^3$	$2,2 \cdot 10^3$	$2,0 \cdot 10^3$	$1,83 \cdot 10^3$	$1,65 \cdot 10^3$
ВП-1Ап	$2,4 \cdot 10^3$	$2,3 \cdot 10^3$	$1,7 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^3$	$1,2 \cdot 10^3$
	Концентрация урана в растворе 0,005 г/дм <sup>3</sup>				
АМП	$3,9 \cdot 10^3$	$3,68 \cdot 10^3$	$3,4 \cdot 10^3$	$3,2 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^3$
ВП-1Ап	$3,3 \cdot 10^3$	$3,1 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$2,9 \cdot 10^3$

## ***Десорбция урана с анионитов***

Для десорбции урана с анионитов применяют растворы различных химических реагентов. Уран или сульфатные комплексы из фазы ионитов или элюируют крепкими растворами серной кислоты (часто с добавками небольшого количества азотной кислоты в качестве ингибитора коррозии), или вытесняют растворами нитратных, хлоридных, а также угле аммонийных солей [4, 12, 14—16]. Иногда используют также растворы хлористого натрия с добавкой соды или щелочи

Если для десорбции применяют растворы серной кислоты или угле аммонийных солей, отмытый от их избытка анионит может непосредственно контактировать соответственно с сернокислыми или бикарбонатными продуктивными растворами, в то время как десорбция хлоридными или нитратными реагентами влечет за собой необходимость дополнительной операции регенерации (конверсии) анионита в соответствующую перерабатываемым растворам форму во избежание попадания анионидепрессоров в эти растворы. Показатели процесса десорбции — остаточная емкость анионита по урану, выход товарной фракции десорбата, содержание в ней урана — определяются природой десорбирующего агента, его концентрацией, температурой процесса, а также физико-химическими характеристиками сорбента (табл. 11.11).

Повышение температуры десорбции приводит к существенному улучшению ее показателей. Например, в случае сернокислотной десорбции увеличение температуры до 50—60°C не только сокращает необходимую продолжительность контакта смолы с раствором на 20—30 %, но и обеспечивает снижение выхода товарной фракции десорбата и увеличение концентрации урана в ней на 10—15 %.

### ***Вопросы для самоконтроля***

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



### 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.

### **3-тема: Методы концентрирования урана из товарных десорбатов и способы транспортирования конечных продуктов.**

#### **План:**

1. Методы концентрирования и выделения урана из товарных десорбатов
2. Способы транспортирования конечных продуктов

**Ключевые слова;** десорбат, товарный десорбат, химический концентрат, аффинаж

#### ***1. Методы концентрирования и выделения урана из товарных десорбатов***

В зависимости от способа десорбции урана с анионитов на зарубежных и отечественных предприятиях ПВ применяют различные методы его концентрирования и выделения из товарных десорбатов. В случае десорбции солевыми растворами ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) уран, как правило, осаждают водными растворами аммиака в виде полиуранатов аммония или в случае использования растворов едкого натра в виде полиуранатов натрия. Осадки полиуранатов отжимают на фильтр прессирах и как транспортируют на гидрометаллургический завод для дальнейшего аффинажа [1, 11]. В целях очистки урана от примесей его осаждение можно вести дробно, осаждая вначале при  $\text{pH} = 3,6+3,8$  железо и некоторые другие примеси, а после осветления маточника осаждая полиуранаты при  $\text{pH} = 6,5+8$ . Содержание урана в получаемых химических концентратах в зависимости от их чистоты может колебаться от 40 до 64%. Маточники осаждения полиуранатов используют для приготовления десорбирующих растворов.

В некоторых случаях как полиуранатов растворяют в крепкой серной кислоте и концентрированный по урану раствор (до 200 г/дм<sup>3</sup>) отправляют в цистернах из нержавеющей стали на ГМЗ.

Иногда уран выделяют из подкисленных хлоридных десорбатов в виде пероксида [И].

Таблица 11.11. Показатели процесса десорбции урана различными растворами с анионитов с условной емкостью насыщения в сернокислом растворе 40 кг/т

Тип применяемого анионита	$H_2SO_4$					$NH_4NO_3 + HNO_3 (H_2SO_4)$				
	$C_d$	$E_{ост}$	$\frac{V_p}{V_c}$	$C_U$	$\tau_d$	$C_d$	$E_{ост}$	$\frac{V_p}{V_c}$	$C_U$	$\tau_d$
Гелевые (АМП)	15—18 12—15*	1,5—2,5	3—4	5—7	30—36	8—10 $NH_4NO_3 +$ 1—2 кислоты	0,5—1	1,5—2,5	8—13	16—20
Пористые (ВП-1Ап, АМ-п, ВП-1п)	15—18	1—2	2—3	5—7	20—24	8—10 $NH_4NO_3 +$ 1—2 кислоты	0,5—1	1,5—2	7,5—10	12—16

Тип применяемого анионита	$NaCl, NH_4Cl$					$NH_4HCO_3 + (NH_4)_2CO_3$				
	$C_d$	$E_{ост}$	$\frac{V_p}{V_c}$	$C_U$	$\tau_d$	$C_d$	$E_{ост}$	$\frac{V_p}{V_c}$	$C_U$	$\tau_d$
Гелевые (АМП)	6—8	0,5—1	1—1,5	13—20	10—12	10—12	2—5	4—5	4—5	12—16
Пористые (ВП-1Ап, АМ-п, ВП-1п)	6—8	0,5—1	0,8—1,2	12—18	8—10	10—12	2—4	3,5—4,5	3—4	8—12

Примечание.  $C_d$  — массовая концентрация реагента в десорбирующем растворе, %;  $E_{ост}$  — остаточная емкость анионита по урану, кг/т;  $V_p/V_c$  — выход товарного десорбата, объем/объем сорбента;  $C_U$  — концентрация урана в товарной фракции десорбата, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\tau_d$  — необходимая продолжительность десорбции, ч;  
\* С добавкой 10—15 г/дм<sup>3</sup>  $HNO_3$ .

При всей простоте и эффективности гидролитического способа выделения урана ему присущ серьезный недостаток — накопление дисбалансного объема нитратных или хлоридных растворов, которые приходится сбрасывать в подземные горизонты вместе с оборотными, отработанными продуктивными растворами.

Этого недостатка лишен способ сернокислотной десорбции урана, так как уран из товарных десорбатов может быть сконцентрирован сорбционным или экстракционным способом и выделен в виде богатых содовых десорбатов или реэкстрактов с концентрацией урана 80—100 г/дм<sup>3</sup>, а очищенные растворы серной кислоты могут быть возвращены на десорбцию или использованы для процессов ПВ.

Для концентрирования и выделения урана из сернокислых и нитратных десорбатов может быть с успехом использован процесс электродиализа с ионитовыми мембранами. Установлено, что степень рекуперации реагентов — серной и азотной кислот, нитратных солей — в процессе электродиализа может достигать 70-80 %, причем уран выделяется в виде богатых концентратов (гидратированный диоксид урана).

Выделение урана из карбонат-бикарбонатных десорбатов может быть осуществлено термическим разложением углеаммонийных солей при температуре 90-100 или 120-130 °C с улавливанием отходящих газов и осаждением урана в виде смеси монокарбоната уранила, ураната и диураната аммония [14, 19]. При прокаливании полученного осадка на ГМЗ образуется смесь ди- и триоксида урана.

Имеются сведения о возможности выделения урана из карбонат-бикарбонатных регенератов в виде пероксида урана [11].

Другой возможный способ выделения урана из углеаммонийных десорбатов — осаждение его в виде кристаллов аммоний уранил трикарбоната добавкой сухого

бикарбоната аммония. Полученные кристаллы характеризуются значительно большей чистотой, чем обычные химические концентраты, и после транспортирования на ГМЗ даже без дополнительной перечистки могут быть подвергнуты термическому разложению с получением три-, диоксида или закиси-оксида урана в зависимости от режима прокаливания.

Виды конечных продуктов, получаемых при концентрировании урана из товарных десорбатов разного состава различными способами, приведены в табл. 11.12.

### ***Способы транспортирования конечных продуктов***

Способы транспортирования готовых урановых продуктов наземных перерабатывающих комплексов предприятий ПВ зависят от вида готового продукта. Так, высушенный в специальных сушилках "желтый как" (поли уранаты натрия или аммония), получаемый на участках ПВ в США, перевозят на ГМЗ железнодорожным или автомобильным транспортом в стальных барабанах [12].

Перевозки сгущенной пульпы урановых химических концентратов могут производиться в зависимости от местных условий в авто- или железнодорожных цистернах из низколегированной или черной стали. В случае растворения концентрата в кислоте или раскисления его пульпы получаемые кислые (в основном сернокислые) растворы ввиду их агрессивности транспортируют на ГМЗ в автоцистернах из нержавеющей стали.

Все емкости для перевозки урановых продуктов должны быть герметичными и проходить регулярный технический осмотр.

**Таблица 11.12. Виды конечных продуктов, получаемых при концентрировании урана из товарных десорбатов различными способами**

Характеристика товарного десорбата	Способ концентрирования урана	Вид получаемых продуктов	
		Конечный урановый продукт	Технологические продукты
Сернокислотный, 100—150 г/дм <sup>3</sup> H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Сорбционный	Содовый товарный десорбат с концентрацией урана 80—100 г/дм <sup>3</sup>	Раствор серной кислоты с концентрацией 90—140 г/дм <sup>3</sup>
	Экстракционный	Содовый товарный резкстракт с концентрацией урана 80—100 г/дм <sup>3</sup>	Раствор серной кислоты с концентрацией 90—140 г/дм <sup>3</sup>
	Электродиализ с ионитовыми мембранами	Полиуранаты аммония	Раствор серной кислоты с концентрацией 80—120 г/дм <sup>3</sup>
Нитратно-сернокислотный, 80—100 г/дм <sup>3</sup> NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> <sup>+</sup> + + 10—20 г/дм <sup>3</sup> (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> <sup>+</sup> + + 10—20 г/дм <sup>3</sup> кислоты	Гидролитическое осаждение	Полиуранаты аммония	Аммиачный раствор нитрата (10 %) и сульфата (1—2 %) аммония, рН = 8,5 ÷ 9
	Электродиализ с ионитовыми мембранами	То же	Раствор смеси серной и азотной кислоты, 10—20 г/дм <sup>3</sup> . Раствор нитрата аммония
Хлоридный, 6—8 % NaCl или NH <sub>4</sub> Cl	Гидролитическое осаждение	Полиуранаты аммония или натрия	Щелочной или аммиачный раствор хлорида натрия
Хлоридно-щелочной, 6—8 % NaCl + 1—2 % NaOH	То же	Пероксид урана	Раствор хлорида натрия
Карбонат-бикарбонатный	Высаливание кристаллов	Кристаллы уранилтрикарбоната аммония	Крепкий раствор смеси карбоната и бикарбоната аммония
	Термическое разложение	Смесь кристаллов монокарбоната уранила, ураната и диураната аммония	Слабый раствор углеаммонийных солей

### **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?*

### **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, 2008.

Мамилов В.А., Петров Р.П. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 2010

#### IV. МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

##### Практическая работа № 1

#### Определение удельного расхода серной кислоты при регенерации

**Цель работы:** Определение удельного расхода серной кислоты при регенерации.

**Теоретические сведения:** При десорбции необходимо не только выделить уран из ионита, но и сконцентрировать его в максимально малом объеме.

Сущность способа десорбции заключается в вытеснении из зерен анионита ионов уранил три сульфата подходящими анионами- депрессорами без изменения ионной формы поглощенного компонента. В технологии урана анионом – депрессором являются сульфат – ион или нитрат-ион. Конкурентная способность ионов- депрессоров, способных вытеснить уран из молекулы ионита, растет с повышением кислотности.

Химическая регенерация занимает основное место в ионообменной регенерации. Она позволяет получить любую необходимую степень регенерации, провести процесс регенерации в требуемом временном диапазоне, довести концентрацию извлекаемого иона в регенерате до нужного уровня. Высокая эффективность десорбции урана обуславливается высокой селективностью поглощения нитрат - ионов ионитами. По сравнению с сернокислой регенерацией в 1,5-2,0 раза снижается продолжительность регенерации; в 2-4 раза уменьшается выход товарного регенерата и, соответственно, во столько же раз повышается концентрация урана в нем.

Регенерация на УППР смолы в фильтрах осуществляется противоточно, т.е. направление движения регенерирующего раствора через слой сорбента противоположно движению раствора при сорбции. Регенерацию проводят при малых скоростях подачи исходного раствора 1-5 м/час. Применение противотока позволяет:

- увеличить среднюю движущую силу процесса;
- сократить в 2-5 раза необходимое время контакта;
- сократить расход химреагентов;
- реализовать большое число ступеней изменения концентрации;
- увеличить динамическую емкость ионита и сократить его расход.

Для эффективного проведения противоточной регенерации необходимо, чтобы сорбент в колоннах не перемешивался, если подача регенерирующего раствора осуществляется снизу.

Определения массы полезного компонента  $1\text{ м}^3$  смолы,

Для снятия 1кг урана в процессе десорбции необходимо количество десорбирующего раствора:

$$M_{п.к} = \frac{N_{см}}{V_{уд см}} ; \text{ кг}; (1)$$

Где:

$N_{см}$  = Насыщения смолы кг/тн

$V_{уд см}$  = Удельный объем смолы м<sup>3</sup>

В 1 м<sup>3</sup> смолы количества полезного компонента

$$M_U = \frac{1}{M_{п.к}} ; \text{ м}^3 \cdot \text{т} (2)$$

Где: 1- объем смолы

$M_{п.к}$  = масса полезного компонента

Определения объем десорбирующего раствора

$$V_{дер раст} = M_U \times (P:C)$$

Соотношение десорбирующего раствора к смоле P: C=1,0:2,0

Определения расход серной кислоты на десорбцию, для получения 1 урана составляет следующим образом :

$$V_{кис-та} = V_{дер раст} \times Q_{кон кис}; (\text{ кг/кг});$$

Расход H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> раскисления кека полезного компонента

(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>U<sub>2</sub>O<sub>7</sub> + 3H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> = (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2UO<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 3H<sub>2</sub>O по соотношению

$$\frac{238 \times 2}{1} - \frac{98 \times 3}{X} \quad X = \frac{(98 \times 3) \times 1}{(238 \times 2)} = 0,62 \text{ кг/кг}$$

1 - X

Для определения удельного расхода кислоты на отгрузку надо ориентировочно определить объем годового продукта :

$$V_{гп} = \frac{M_{егод}}{C_{сп}}; (\text{ м}^3);$$

где: M<sub>егод</sub> – Выпускаемый продукт в год .(тн)

C<sub>сп</sub> - средняя содержания в ГП (готовая продукция)

Расход серной кислоты для готовый продукции составляет:

$$V_{гп} = V_{гп} \times Q_{кон кисгп}; (\text{ кг})$$

ё Удельный расход серной кислоты на 1 кг урана:

$$V_{уд рас} = \frac{V_{гп}}{M_{егод}}; (\text{ кг/кг})$$

Общий удельный расход серной кислоты на 1 кг урана (технология) ГТР составит:

$$V_{общ} = V_{кис-та} + V_{кек кис} + V_{уд рас кис}; (\text{ кг/кг})$$

Для осаждения полезного компонента используется водный аммиак, из

следующих соотношении можно определить удельный расход NH<sub>4</sub>OH:

Выполняется определения объема товарного регенерата (элуат) :

$$V_{товрег} = \frac{1000}{C_{р сод}}; (\text{ литр})$$

где: C<sub>р сод</sub> = средняя концентрация полезного компонента в регенерате (гр/л);

1000- вылечена массовый доли (гр)

При концентрации H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в регенерате равной Q<sub>кон кисгп</sub> (%), количество H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в

V<sub>товрег</sub> л регенерата составит:

$$V_{кис рег} = V_{товрег} \times Q_{кон кисгп}; (\text{ кг})$$

Исходя из уравнения реакции H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2NH<sub>4</sub>OH = (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + 2H<sub>2</sub>O, для нейтрализации V<sub>кис рег</sub> кг H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> по стехиометрическому соотношению необходимо затратить X<sub>амвода</sub> аммиачной воды:

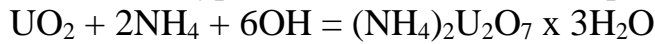
$$a - b \quad X_{\text{ам вода}} = A \times V_{\text{кис рег}} / b \quad (\text{кг}),$$

$$X - V_{\text{кис рег}}$$

где  $b$  – молекулярный вес серной кислоты (молярный вес – 98)

$a$  - молекулярный вес 2-х молекул аммиачной воды (молярный вес-70)

Осаждение урана аммиачной водой происходит по уравнению:



Молекулярный вес:  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 \times 3\text{H}_2\text{O} = 678$

Молекулярный вес:  $(2\text{NH}_4 + 6\text{OH}) = 138$

Исходя из стехиометрического соотношения, на образование  $M_2$  кг  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 \times 3\text{H}_2\text{O}$  необходимо затратить  $T_{\text{ам.вода}}$  кг аммиачной воды.

Если в  $M_2$  кг диураната аммония содержится  $M_e$  кг урана, тогда

1 кг урана содержится  $X$  в диураната из соотношения:

$$M_2 - M_e \quad X = M_2 \times 1 : M_e \quad (\text{кг})$$

$$X_1 - 1 \text{ кг}$$

Расход аммиачной воды на осаждение  $X_1$  диураната составит:

$$T_{\text{ам.вода}} \text{ кг} - M_2 \quad X_2 = \frac{X \times T_{\text{ам.вода}}}{M_2}$$

$$X_2 - X$$

где:  $M_2$ - молекулярный вес комплексного соединения

$M_e$  – количества металла в соединения диураната

$T_{\text{ам.вода}}$ - Молярный вес из расходуемого аммиака.

Общий удельный расход 100 %  $\text{NH}_4\text{OH}$  на 1 кг урана по ГТР- составит:

$$X_{\text{общ}} = X_1 + X_2 ; \quad (\text{кг/кг})$$

1. Расчет серной кислоты  $\frac{dy}{dx}$

1.1. Расход  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на десорбцию:

Насыщение смолы  $N_{\text{см}} = 40$  кг/т

Удельный объем смолы  $V_{\text{уд см}} = 2,3 \text{ м}^3$

Соотношение десорбирующего раствора к смоле  $P : C = 1,0 : 2,0$

Для снятия 1 кг урана в процессе десорбции необходимо количество десорбирующего раствора:

$$40 / 2,3 = 17,4 \text{ кг урана на } 1 \text{ м}^3 \text{ смолы; } 1 \text{ кг урана } (1 / 17,4) \text{ на } 0,0575 \text{ м}^3 \text{ смолы}$$

$$0,0575 \text{ м}^3 \times 2,0 = 0,115 \text{ м}^3 \text{ или } 115 \text{ л}$$

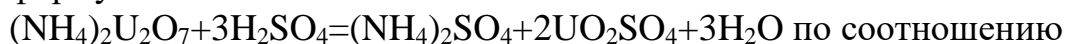
Кислотность исходного раствора 3% или 30 г/л.

Удельный расход серной кислоты на десорбцию 1 кг урана составит:

$$115 \text{ л} \times 30 \text{ г/л} = 3450 \text{ г или } 3,45 \text{ кг/кг}$$

1.2. Расход  $\text{H}_2\text{SO}_4$  на раскисление кека:

Удельный расход кислоты на раскисление 1 кг урана в кеке рассчитаем по формуле



$$238 \times 2 - 98 \times 3 \quad X = (98 \times 3) \times 1 / (238 \times 2) = 0,62 \text{ кг/кг}$$

$$1 - X$$

1.3. Удельный расход кислоты на отгрузку:

Кислотность ГП 80 г/л.



Содержание урана в ГП 130 г/л

Выпуск по руднику за 2016 год составляет 450000кг

Объем отгружаемой продукции составит:

$$450000\text{кг}/130\text{г/л}=3461,5\text{м}^3$$

Расход серной кислоты

$$3461,5 \times 80 = 276924\text{кг}, \text{ где } 80\text{г/л или } 8\% \text{ - это кислотность ГП.}$$

Удельный расход серной кислоты на 1 кг урана:

$$276924\text{кг}/450000\text{кг}=0,61 \text{ кг/кг.}$$

1.4. Общий удельный расход серной кислоты на 1 кг урана (технология) ГТР составит

$$3,45+0,62+0,61=4,69\text{кг/кг}$$

2. Расчет аммиачной воды

2.1. Для получения 1 кг урана, при концентрации урана в регенерате 13,5 г/л, необходимо следующее количество регенерата:

$$1000 \text{ г} : 13,5 \text{ г/л} = 74,07 \text{ л регенерата}$$

При концентрации  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в регенерате равной 30 г/л (3 %), количество  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в 74,07 л регенерата составит:

$$30 \text{ г/л} \times 74,07 \text{ л} = 2222,1\text{г или } 2,22 \text{ кг}$$

Исходя из уравнения реакции  $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_4\text{OH} = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ , для нейтрализации 2,22 кг  $\text{H}_2\text{SO}_4$  по стехиометрическому соотношению необходимо затратить 1,59кг аммиачной воды:

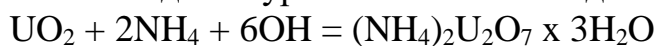
$$70 - 98 \quad X = 70 \times 2,22 / 98 = 1,59 \text{ кг,}$$

$$X - 2,22$$

где 98 – молекулярный вес серной кислоты

70 - молекулярный вес 2-х молекул аммиачной воды.

2.2. Осаждение урана аммиачной водой происходит по уравнению:



Молекулярный вес:  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 \times 3\text{H}_2\text{O} = 678$

Молекулярный вес:  $(2\text{NH}_4 + 6\text{OH}) = 138$

Исходя из стехиометрического соотношения, на образование 678 кг  $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7 \times 3\text{H}_2\text{O}$  необходимо затратить 138 кг аммиачной воды.

Если в 678 кг диураната аммония содержится 476 кг урана, тогда

1 кг урана содержится в 1,424 кг диураната из соотношения:

$$678 \text{ кг} - 476 \text{ кг} \quad X = 678 \times 1 : 476 = 1,424 \text{ кг}$$

X кг – 1 кг

Расход аммиачной воды на осаждение 1,424 кг диураната составит:

$$138 \text{ кг} - 678 \text{ кг} \quad X = 1,424 \times 138 : 678 = 0,29 \text{ кг}$$

X кг – 1,424 кг

2.3. Общий удельный расход 100 %  $\text{NH}_4\text{OH}$  на 1кг урана по ГТР-1 составит:

$$0,29\text{кг} + 1,59\text{кг} = 1,88\text{кг/кг}$$

### Варианты исходных данных

Варианты	Исходные данные			
	N <sub>см</sub>	V <sub>уд см</sub>	P : C	Q (тн)
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	35	2.2	1.8	350
2	40	2.3	1.9	300
3	45	2.1	1.95	250
4	50	2	2	200
5	55	1.9	2.1	150
6	60	1.8	2.2	100
7	65	1.7	2.3	35
8	70	1.95	2.4	50
9	75	2.2	2.5	55
10	80	2.3	2.4	60
10	95	2.1	2.5	65

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

### Исследование период закисления участок ПВ в сернокислотном режиме

**Цель работы:** Исследование период закисления участок ПВ в сернокислотном режиме

**Теоретические сведения.** Опытные работы проводятся с целью определения возможности отработки урановых руд месторождения способом подземного выщелачивания в сернокислотном режиме и получение основных технологических показателей отработки.

В ходе опытных работ необходимо определить:

- технологию отработки руд;
- время отработки запасов до коэффициента извлечения 70%;
- производительность технологических скважин;
- среднее содержание урана в продуктивных растворах;

Результаты полученные в ходе проведения опытных работ будут использованы при дальнейшей отработки добычного полигона.

#### **Выбор методики проведения опытных работ.**

Опытные работы будут проведены по двум ячейкам. Исходя из результатов изучения вещественного состава руд и вмещающих пород, карбонатность которых более 2%, опытные работы будут проведены по сернокислотной технологии. Закисление будет проведено в активном режиме.

В опытных работах следует выделить несколько стадий:

1. Обвязка опытного полигона;
2. Закисление;
3. Добыча
4. Анализ полученных результатов с рекомендациями по технологии дальнейшей отработки.

Определения порового объема пласта

$$V_{\text{поровый объем}} = S_{\text{плоч}} \cdot xM_{\text{эф. мощн}} \cdot xR_{\text{коэф. порист}}$$

где:

$S_{\text{плоч}}$  – площадь закисленного полигона

$M_{\text{эф. мощн}}$  - эффективная мощность залежи

Определения порового объема пласта

$$V_{\text{поровый объем}} = S_{\text{плоч}} \cdot xM_{\text{эф. мощн}} \cdot xR_{\text{коэф. порист}}$$

где:

$R_{\text{коэф. порист}}$  – коэффициент пористости (предварительно  $R_{\text{коэф. порист}}=0.2$ )

Определения расхода окислителя для закисления пласта .

$$T_{\text{количество серной кислоты}} = V_{\text{поровый объем}} \cdot F_{\text{Добав. кисл-ть}}$$

где:

$F_{\text{Добав. кисл-ть}}$  - концентрация добавленного окислителя

Определения время закисления

$$N_{\text{время закисл.}} = V_{\text{поровый объем}} / (Q_{\text{производительность ячейки}} / A_{\text{сутки}})$$

где:

$Q_{\text{производительность ячейки}}$  – производительность ячейки

$A_{\text{сутки}}$  -количества сутки .

### 3. Параметры опытных ячеек. Расчёт основных показателей.

Расчёт основных показателей представлен в таблице №2.

Таблица №2.

№ п/п	Показатели	Ячейка 180-06	Ячейка 180-07
1.	Сеть	60x40x40	60x40x40
2.	Площадь ячейки, м <sup>2</sup>	2400	2400
3.	Статический уровень , м.	150	150
4.	Эффективная мощность, м	22	20
5.	Коэффициент пористости	0,2	0,2
6.	Объём горнорудной массы, м <sup>3</sup>	52800	48000
7.	Вес горнорудной массы, т	87120	79200
8.	Объём порового пространства, м <sup>3</sup>	10560	9600
9.	Производительность ячейки м <sup>3</sup> /ч.	6,0	6,0
10.	Концентрация серной кислоты на стадии закисления, г/л	10	10

11.	Добавочная кислотность к рабочему раствору, г/л.	5	5
12.	Количество серной кислоты на закисление, т	26,4	24,0
13.	Прогнозное время закисления, сут	36	33

Расчет:

$$V_{\text{поровый объем}} = S_{\text{плоч.}} \cdot xM_{\text{эф. мощн.}} \cdot xR_{\text{коэф. порист.}} = 2400 \times 22 \times 0,2 = 10560 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{поровый объем}} = S_{\text{плоч.}} \cdot xM_{\text{эф. мощн.}} \cdot xR_{\text{коэф. порист.}} = 2400 \times 20 \times 0,2 = 9600 \text{ м}^3$$

(Яч.180-07)

$$T_{\text{количество серной кислоты}} = V_{\text{поровый объем}} \cdot xF_{\text{Добав. кисл-ть}} = 10560 \times 5 = 52,8 \text{ т.}$$

$$T_{\text{количество серной кислоты}} = V_{\text{поровый объем}} \cdot xF_{\text{Добав. кисл-ть}} = 9600 \times 5 = 48,0 \text{ т.}$$

$$N_{\text{время закисл.}} = V_{\text{поровый объем}} / (Q_{\text{производительность ячейки}} / A_{\text{сутки}}) = 10560 / 6 / 24 = 73 \text{ суток}$$

(Яч.180-06)

$$N_{\text{время закисл.}} = V_{\text{поровый объем}} / (Q_{\text{производительность ячейки}} / A_{\text{сутки}}) = 9600 / 6 / 24 = 66 \text{ суток}$$

(Яч.180-07)

#### 4. Режимы зачисления и отработки по сернокислотной схеме.

При проведении опытных работ по сернокислотной схеме закисление рудного горизонта будет произведено следующим образом:

Рабочие растворы с некондиционной карты, концентрацией серной кислоты 5 г/л поступает на узел подкисление ячеек 180-06 180-07, и до укрепляются до 10 г/л при помощи эжектора и подаются в закачные скважины 179-04,05,06; 180-99; 181-02,04,05; 180-04 до окончания закисления. Показателем окончания закисления являются повышение кислотности продуктивных растворов или достижение промышленной концентрации полезного компонента (30 мг/л).

#### 5. Химико-аналитические работы.

Отбор жидких проб и проведение химических анализов будет производится по разработанным картам аналитического контроля.

#### Варианты исходных данных

Варианты	Исходные данные				
	Номер ячейки	$S_{\text{плоч}}$	$M_{\text{эф. мощн.}}$	$M_{\text{эф. мощн}}$	$F_{\text{Добав. кисл-ть}}$
1	2	3	4	5	6
1.	123	2650	30	20	43
2.	124	2700	32	30	50
3.	125	2800	35	40	25
4.	126	2900	36	50	35
5.	127	3000	34	60	40
6.	128	3200	32	70	54
7.	129	4230	30	60	20
8.	130	4000	35	60	22
9.	131	4500	30	40	45
10.	132	5000	32	150	60

## VI. БАНК КЕЙСОВ



**Кейс:** Для десорбции урана с анионитов применяют растворы различных химических реагентов. Уран или сульфатные комплексы из фазы ионитов или элюируют крепкими растворами серной кислоты (часто с добавками небольшого количества азотной кислоты в качестве ингибитора коррозии), или вытесняют растворами нитратных, хлоридных, а также углеаммонийных солей. Иногда используют также растворы хлористого натрия с добавкой соды или щелочи

Если для десорбции применяют растворы серной кислоты или углеаммонийных солей, отмытый от их избытка анионит может непосредственно контактировать соответственно с сернокислыми или бикарбонатными продуктивными растворами, в то время как десорбция хлоридными или нитратными реагентами влечет за собой необходимость дополнительной операции регенерации (конверсии) анионита в соответствующую перерабатываемым растворам форму во избежание попадания анионов-депрессоров в эти растворы. Показатели процесса десорбции — остаточная ёмкость анионита по урану, выход товарной фракции десорбата, содержание в ней урана — определяются природой десорбирующего агента, его концентрацией, температурой процесса, а также физико-химическими характеристиками сорбента.

**Проблема:** Повышение температуры десорбции приводит к существенному улучшению ее показателей. Например, в случае сернокислотной десорбции увеличение температуры до 50—60°C не только сокращает необходимую продолжительность контакта смолы с раствором на 20—30 %, но и обеспечивает снижение выхода товарной фракции десорбата и увеличение концентрации урана в ней на 10—15 %.

Задачи для решение проблемы:

- 1. Как изменяется концентрация кислоты на различных стадиях технологического этапа?**
- 2. Почему на стадии активного выщелачивания должно соблюдаться гидродинамическое равновесие закаченных и откаченных растворов?**

## VII. ГЛОССАРИЙ:

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

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

**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.

**Добычный 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 обрабатываемых в едином геотехнологическом режиме одинаковой скважинной системой разработки.

**Эксплуатационная ячейка подземного выщелачивания или ячейка ПВ** - часть рудного тела, обрабатываемая 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 обработки.

**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 вязущая 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 прифилтровой 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 (рудуправления, 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  $180^\circ$  для повышения степени извлечения полезных компонентов из недр.

## Английский

**A productive aquifer** is a stratigraphic (di-alogic) 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  $180^\circ$  to increase the degree of extraction of useful components from the bowels.

## Ўзбекский

<b>Геотехнология</b>		Иссиқлик, масса алмашилиш, кимёвий ва гидродинамик жараёнлар воситасида ётган жойида қаттиқ фойдали қазилмаларни еростида кўчиш ҳолатига келтириш билан қазилш ва кейинчалик суюқлик ҳамда газсимон маҳсулотларни ер юзасига ташиб чиқариш технологияси
<b>Еростида эритмага усули</b>	<b>танлаб ўтказиш</b>	Маъданларнинг фойдали компонентларини, уларга кимёвий реагентлар таъсир эттириш билан ётган жойида танлаб еростида кўчиш ҳолатига келтириш билан қаттиқ фойдали қазилмаларни қазилшнинг геотехнологик усули
<b>ЕОТЭЎ усул билан ўзлаштиришнинг кудуқли тизимлари</b>		Ер юзасидан бурғиланган кудуқлари ёрдамида конларни ЕОТЭЎ усул билан очиш, тайёрлаш ва улардан фойдаланишни назарда тутувчи тизим.
<b>Еростида эритмага корхонаси бошқармаси, цехи).</b>	<b>танлаб ўтказиш (кон кон, ЕОТЭЎ корхонаси (кон бошқармаси, кон, цехи).</b>	ЕОТЭЎ усул билан маъданларнинг фойдали компонентларини қазилшни олиб борувчи кон-маъдан корхонаси (кон бошқармаси, кон, цехи).
<b>ЕО корхонасининг бошқармаси, цехининг) қазиб олиш мажмуаси.</b>	<b>ТЭЎ (кон кон,</b>	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 ер ости ва ер усти иншоотлари ҳамда техник воситалари мажмуаси.
<b>Ер остида</b>	<b>танлаб</b>	ЕОТЭЎ жараёнини назорат қилиш ва

<b>эритмага ўтказишнинг ишлатиш участкаси. ЕОТЭЎ участкаси.</b>	бошқариш қурилмаси ҳамда коммуникация тизими билан бириктирилган фойдаланиш блоклари гуруҳи томонидан узоқ вақт давомида ишланадиган коннинг геологик ёки фазовий алоҳидалаштирилган қисми.
<b>Ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг ишлатиш участкаси. ЕОТЭЎ участкаси.</b>	Ўзлаштиришнинг бир хил кудук тизимининг ягона геотехнологик режимида ишланадиган ва бир вақтда фойдаланишга топшириладиган ишлатиш бўлакчалари гуруҳидан ташкил топган минимал қазиш бирлиги.
<b>Ер остида танлаб эритмага ўтказишнинг ишлатиш бўлакчаси. ЕОТЭЎ бўлакчаси.</b>	Ҳайдаладиган ва суриб олинадиган кудуклар билан ишланадиган маъдан танасининг қисми
<b>Ер остида танлаб эритмага ўтказиш полигони. ЕОТЭЎ полигони</b>	ЕОТЭЎ блоги (бўлакчаси), танлаб эритмага ўтказишнинг янги реагентлари, ўзлаштиришнинг кудуқли тизимлари, ЕОТЭЎ жараёнини кучайтиришнинг физикавий усуллари самарадорлиги баҳолаш бўйича экспериментал-тажриба ишларини бажаришга мўлжалланган.
<b>Технологик эритма (қоришма)</b>	Реагентларнинг ёки (ва) маҳсулдор жой (сатҳ) муҳити билан уларни ўзаро таъсир маҳсулотларининг сувдаги эритмаси
<b>Ишчи эритма (қоришма)</b>	Фойдали компонентни эритиш учун зарур бўлган реагентларни бўлган ва маҳсулдор жойга ҳайдашга мўлжалланган технологик эритма
<b>Маҳсулдор эритма (қоришма)</b>	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.

<b>Қўр (қоришма)</b>	<b>эритма</b>	Фойдали компонент ажратиб олинган технологик эритма. Реагентлар билан мустаҳкамлангандан сўнг ишчи сифатида ишлатилади.
<b>Қайтариладиган эритма</b>		Зарур реагентлар билан мустаҳкамлангандан сўнг ишчи сифатида маҳсулдор жойга бериш учун яроқли минимал саноат концентрациясидан паст фойдали компоненти бўлган ишчи эритма
<b>Нордонлаштириш боғламаси</b>		Қайтариладиган ва қўр эритмаларни тўлиқ мустаҳкамлаш учун мўлжалланган қурилма ва техник воситалар мажмуи.
<b>Ер остида танлаб эритмага ўтказиш қудуқлари. Ер остида танлаб эритмага ўтказиш қудуқлари.</b>		Маъдан жисмларини очиш, технологик эритмаларни ер остига бериш ва чиқариш, ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёнини қўзатиш, фойдали компонентни чиқариш даражасини назорат этиш, маъдан жисмлари параметрларини аниқлаш учун мўлжалланган қудуқлар.
<b>Технологик қудуқлар.</b>		Ишлаб бериш геотехнологик тартиботини амалга ошириш учун ишлатиладиган ер остида танлаб эритмага ўтказиш қудуқлари.
<b>Ҳайдаладиган қудуқлар.</b>		Маъдан жисмини очиш ва унга ишчи эритмаларни бериш учун мўлжалланган қудуқлар.
<b>Тортиб чиқарадиган қудуқлар.</b>		Маъдан жисмини очиш ва технологик эритмаларни (маҳсулдор, қайтариладиган) ер юзасига чиқариш учун мўлжалланган технологик қудуқлар.
<b>Кузатув қудуқлари.</b>		Ер остида танлаб эритмага ўтказиш жараёни шароитлари ва динамикасини кузатиш учун мўлжалланган қудуқлар.
<b>Кузатиш қудуқлари.</b>		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 кидирув кудуқлари.** - Маҳсулдор жойни очишдан олдин эксплуатация - кидирув босқичида захиралар, 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 характеристикалари.

**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.  
“Кудуқни деворини мустаҳкамлаш”,  
“Кудуқни мустаҳкамлаш”

**Кудуқни тампонлаш** Кудуқнинг алоҳида интервалларини изоляция қилишга оид ишлар мажмуи

**Кудуқдаги гидроизоляция** Ишлатиладиган маҳсулдор жойни, кудуқнинг унга чегарадош бўлган қувур чети майдонидан изоляция қилиш

**Гидроизоляциялаш аралашмаси** Кудуқдаги гидроизоляция учун қўлланиладиган сув ўтказмас ва кимёвий бардошли бириктирувчи аралашма

**Мустаҳкамлаш** Белгиланган чуқурликка етказишни



<b>қувурлари коллонасининг оғирлатгичи</b>	осонлаштириш учун зичлиги қудук стволидаги муҳит зичлигидан кам бўлган материалдан тайёрланган қувурлар билан технологик ва кузатиш қудукларини маҳкамлашда қўлланиладиган осиладиган ёки қўйиладиган юк.
<b>Қудукни ўзлаштириш</b>	Шлам ва ювиш суюқлигининг қаттиқ фазасидан ишлатиш коллонасининг бўшлиғини, фильтрни ва маҳсулдор сувли жойдаги фильтролди зонанинг тешикчали майдонини тозалашга оид ишлар мажмуи
<b>Қудукларнинг техникавий ҳолатлари</b>	Қудук конструктив элементларининг ҳолати, унинг эксплуатацион тавсифлари, ишлатиш жараёнда пайдо бўладиган вақтинчалик ва тўзатиб бўлмайдиган нуқсонлар
<b>Қудук фильтри ва фильтр-олди зонасининг кольмата-цияси (тиқинланиши)</b>	Тешиклар, каналлар ва тешикчаларнинг механик ҳамда кимёвий чўкиндилар билан тиқилиши натижасида фильтр ва маҳсулдор сувли жойдаги фильтролди зонанинг филтрлаш хусусиятининг пасайиш жараёни
<b>Қудук фильтри ва фильтр-олди зонасининг декольма-тацияси (тиқинсизланиши)</b>	Кольматация жараёни оқибатларини бартараф этиш
<b>ЕОТЭЎ корхоналарининг (кон бошқармаси, кон, цехининг) қайта ишлаш комплекси</b>	Энг сўнги маҳсулотни олишга қадар маҳсулдор эритмалар қайта ишланишини таъминлайдиган техникавий восита ва иншоотлар мажмуи
<b>Чўқтиргичлар</b>	Технологик эритмалар ва аралашмаган қаттиқ чўкиндиларни йиғишга мўлжалланган ер устидаги ва чуқурлаштирилган ҳажмий иншоотлар
<b>Ер қазиш ишлари</b>	Тупроқ қазиш, маълум жойга уни қўчириш

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 халқимиз 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 муасасаларининг 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. Boston, Louis F. Buff. High Grade Engineering, Surveying And Mining Instruments. Nabu Press. 2010

23. William A. Hustrulid, Richard L. Bullock. Underground Mining Methods: Engineering Fundamentals and International Case Studies. Society for Mining. 2011

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

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

26. Скворцов Д.И. и др. Справочник по геотехнологии урана. М.: Энергоатомиздат, 1997, 672 с.
27. Шаровар И.И. Геотехнологические способы разработки пластовых месторождений, М.: МГГУ, 2005, 240 с.
28. Кедровский О.Л. Комплексы подземного выщелачивания. М.: Недра, 2010.
29. Мамилов В.А., Петров Р.П. и др. Добыча урана методом подземного выщелачивания. М.: Недра, 2005

**Ссылка в интернете:**

1. Ўзбекистон Республикаси Президентининг Матбуот маркази сайти: [www.press-service.uz](http://www.press-service.uz)
2. Ўзбекистон Республикаси Давлат Ҳокимияти портали: [www.gov.uz](http://www.gov.uz)
3. Ахборот-коммуникатсия технологиялари изохли lug'ati, 2004, UNDP DDI: [www.lugat.uz](http://www.lugat.uz), [www.glossary.uz](http://www.glossary.uz)
4. Infocom.uz электрон журнали: [www.infocom.uz](http://www.infocom.uz)
5. [www.press-uz.info](http://www.press-uz.info)
6. [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)
7. [www.edu.uz](http://www.edu.uz)
8. [www.springer.com](http://www.springer.com)
9. [www.nabu.com](http://www.nabu.com)