

**РЕСПУБЛИКА УЗБЕКИСТАН
НАВОЙСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ КОМБИНАТ
НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ**

На правах рукописи
УДК 661.741.143

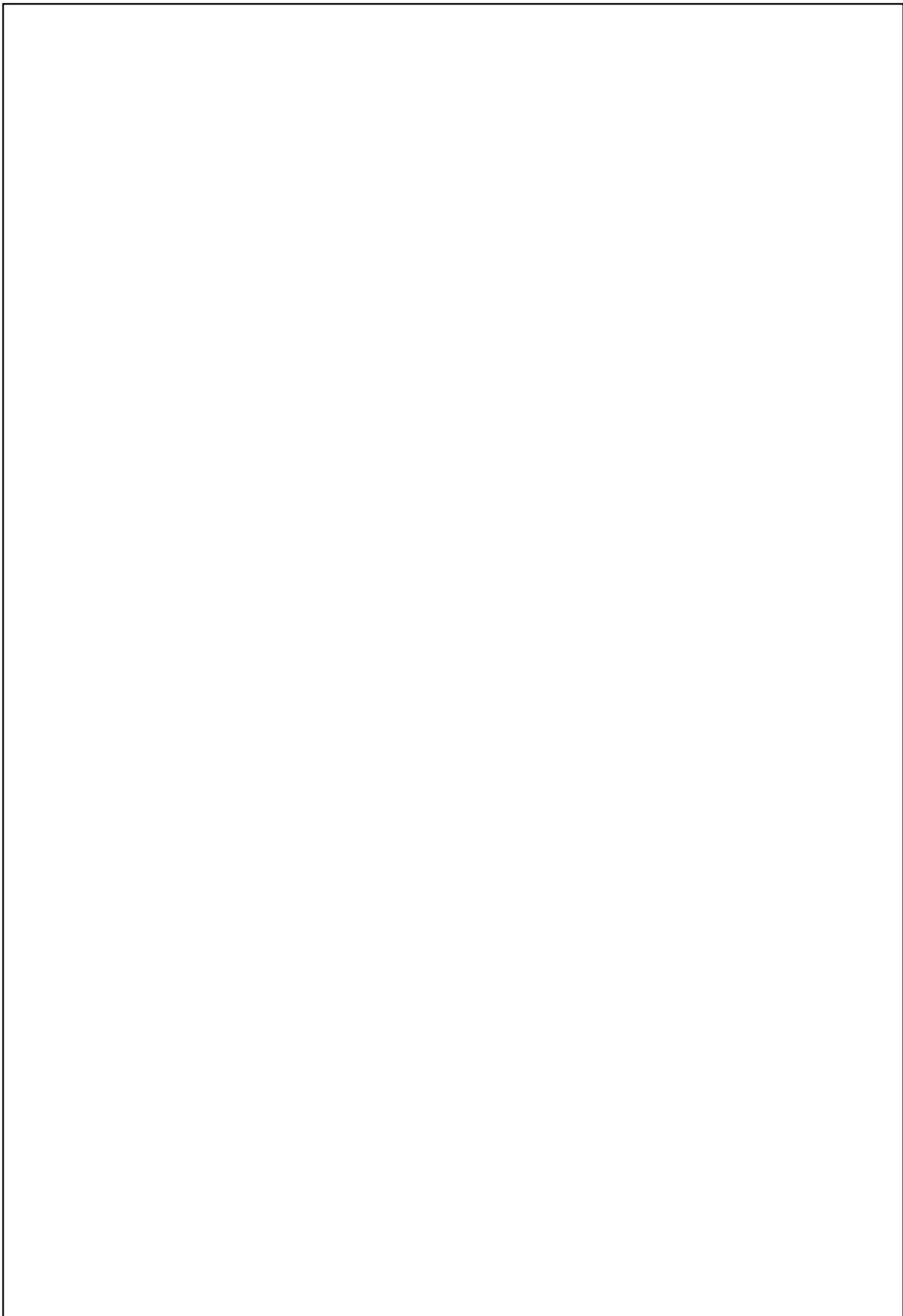
ТОШПУЛАТОВ МАРУФЖОН ФАРХОД ЎҒЛИ

**НАУЧНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ ВЫПУСКНАЯ РАБОТА
Тема: «ПОВЫШЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗА
СЧЁТ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ДИАМЕТРА СОРБЦИОННОЙ
КОЛОННЫ»**

РУКОВОДИТЕЛЬ: МУРАТОВА М.Н.

Н А В О И - 2019 г.

					5320400-Химическая технология	Лист
Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата	Научная квалификационная выпускная работа	



					5320400-Химическая технология	Лист
					<i>Научная квалификационная выпускная работа</i>	
Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата		

ОГЛАВЛЕНИЕ

	стр.
ВВЕДЕНИЕ	3
I. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	7
1.1. Геологическое строение месторождения урана	7
1.2. Основные закономерности процесса ПВ	9
1.3. Общее сведение по добычи урана	19
1.4. Кольматация скважин – важный геотехнологический фактор процесса подземного выщелачивания	20
1.5. Методические рекомендации по повышению производительности геотехнологических скважин	22
1.6. Влияние коэффициента фильтрации на рудного интервала	24
1.7. Физико - химические основы подземного выщелачивания	26
II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	30
2.1. Основные задачи технологии урана. Общая понятие переработки урансодержащих руд	30
2.2. Принципиальная технологическая схема переработки продуктивных растворов подземного выщелачивания.	32
2.3. Осаждение химических концентратов из урансодержащих растворов	35
III. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ	37
3.1. Повышение сорбционной продуктивности за счёт рационализации диаметре сорбционной колонны	37
3.2. Обогащение урана по U (в виде UF_6)	39
3.3. Обсуждение полученных результатов и рекомендации производству	40
IV. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	52
ПРИЛОЖЕНИЯ К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ	55

ВВЕДЕНИЕ

Проведенные за годы независимости широкомасштабные реформы заложили прочный фундамент национальной государственности и суверенитета, обеспечения безопасности и правопорядка, неприкосновенности государственных границ. Всесторонний анализ пройденного этапа развития страны, изменяющаяся конъюнктура мировой экономики в условиях глобализации и усиливающаяся конкуренция требует выработки и реализации кардинально новых идей и принципов дальнейшего устойчивого и опережающего развития страны [1].

Актуальность темы. Повышение сорбционной продуктивности за счёт рационализации сорбционной колонны.

Подземное выщелачивание урана осуществляется путем избирательного перевода металла в раствор на месте залегания руд при помощи закачиваемых в недра химических растворов.

Для эксплуатации гидрогенных месторождений обычно применяются скважинные системы. При этом раствор реагента подается в рудовмещающий пласт через закачные скважины, фильтруется по пласту и откачивается на поверхность через откачные скважины. Продуктивные растворы на поверхности подвергаются технологическому переделу, докрепляются реагентом и снова направляются в пласт.

Движения растворов для большинства используемых схем имеет характер фильтрации преимущественно в горизонтальном направлении (по пластованию) и подчиняется законам подземной гидродинамики (точнее физико-химической гидродинамики).

После достижения заданной степени извлечения металла в работу включаются новые блоки рудного пласта, оборудованные системами закачных и откачных скважин.

Целью всякого производственного процесса является получение

максимального эффекта при минимальных затратах.

В качестве критерия при выборе оптимальной сети расположения скважин может быть принята прибыль, получаемая при отработке месторождения. Таким образом, задача сводится к определению параметров сети расположения скважин, обеспечивающих максимальную эффективность отработки месторождения (его частей) с учетом природных технологических и экономических факторов.

К природным факторам относятся глубина залегания залежи, ее мощность, содержание полезного компонента, структурная характеристика залежи, фильтрационные свойства залежи и их распределение в пространстве, физико-механические свойства залежи и вмещающих пород и другие.

Технологическими факторами являются скорость распространения зоны отработки, конструкция и время работы скважины, система разработки месторождения, свойства рабочих агентов, степень извлечения полезного ископаемого из недр.

Экономическими факторами являются затраты на бурение и оборудование скважин, на производство рабочих агентов, на раствороподъем и транспортировку растворов, на их концентрирование, на ремонтные работы и прочие.

Прибыль, получаемая при отработке залежей равно разности между продажной (отпускной) ценой и себестоимостью добытого продукта.

Отработка месторождения методом подземного выщелачивания с применением скважинных систем складывается из трех этапов:

- 1) Вскрытия запасов
- 2) Отработки (технологический этап)
- 3) Ликвидация отработанных участков.

Этап вскрытия запасов включает бурение, обсадку, и гидрогеологическое освоение скважин, обвязку их в единую систему с

узлами технологического передела и приготовление рабочих растворов. [2].

Главным звеном в технологической системе ПВ является скважина. Технологические скважины - закачная (нагнетательная) и откачная (разгрузочная) образует элементарную ячейку. Обычно ячейка состоит из одной откачной и двух или более закачных скважин. Ячейки объединяются в эксплуатационный блок. Система сложных блоков увязывается в эксплуатационный участок, совокупность которых в свою очередь образует эксплуатационные поля ПВ.

Этап отработки запасов методом подземного выщелачивания подразделяется на три стадии подготовки рудовмещающего пласта, активного выщелачивания урана и его отмывки.

В первой стадии происходит отмывка пласта реагентом с доведением рН раствора до более 8 при карбонатном и 3-2 при кислотном выщелачивании. На этой стадии обычно расходуется до 30% общего количества реагента. Стадия заканчивается появлением в растворах устойчивых содержаний урана, превышающих установленный промышленный минимум.

Вторая стадия – активное извлечение урана при кислотном выщелачивании слабокарбонатных руд – осуществляется с помощью рабочих растворов с содержанием серной кислоты около 10-15 г/л. Средняя концентрация урана, в продуктивных колеблется в пределах десятка, реже первых сотен мл/м и зависит от многих показателей.

При карбонатном выщелачивании концентрация реагентов на второй стадии обычно такая же, как и на первой. Содержание урана в продуктивных растворах в основном несколько ниже, чем при кислотном способе. Извлечение урана из недр при карбонатном с окислителем выщелачивания также несколько ниже.

Стадия отмывки пласта является завершающей и заключается вытеснением остаточных урано – содержащих растворов бедными рабочими растворами или пластовыми водами.

Этап отработки участков заключается в проведении мероприятий по рекультивации водоносного горизонта. Ликвидация технологических скважин, систем трубопроводов, рекультивации поверхности скважинного поля и т.д.

К основным геотехнологическим показателям, имитирующим процесс отработки месторождений способом ПВ относятся: концентрация металла в продуктивных растворах, дебит скважин откачной и закачной, суммарный дебит скважин, число одновременно работающих скважин, продолжительность отработки блоков, рядов, ячеек, время появления продуктивных растворов в откачных скважинах, расход и концентрация растворителя и окислителя, размеры понижения и повышений уровня в рабочих скважинах.

Целью исследования является: Повышение сорбционной продуктивности за счет рационализации диаметра сорбционной колонны.

Задачами исследования является:

1. Повышение продуктивности ионообменной смолы путем увеличение диаметра сорбционной колонны.
2. Повышение продуктивности ионообменной смолы путем выдерживание рН среды в продуктивном растворе.
3. Повышение продуктивности ионообменной смолы путем увеличение количество дренажных кассет. Путем структуры изменение дренажных кассет.

Структура научной квалификационной выпускной работы.

Научная квалификационная выпускная работа изложена на 56 страницах машинного текста, состоит из введения, 4 глав, выводов, 29 списка использованной литературы, насчитывающего наименований, 4 списка опубликованных работ, приложения и содержит 3 таблиц и 3 рисунков.

I. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Геологическое строение месторождений урана

Геотехнологическая сортность руд определяется их вещественным составом (минеральной формой урана и наличием вредных и ценных примесей), продуктивность (метропроцентов), ее отношением к эффективной мощности пласта и проницаемостью руд для растворов. В этом плане понятие геотехнологических сортов в общем близко к понятию геотехнологических сортов руд месторождений при традиционных горных способах разработки. Однако при ПВ в процесс неизбежно вовлекаются вмещающие породы, свойства которых могут отличаться от свойств руд. По этому при геотехнологическом картирования, кроме выделения сортов руд, необходимым оказывается также выделение геотехнологических типов разреза, т.е типов соотношения свойств руд и пород, определяющих их близкие или различные проницаемость, реагент устойчивость или реагент ёмкость. Минеральный состав урановых руд гидрогенных месторождений обычно достаточно прост. По этому признаку могут быть выделены два основных геотехнологических сорта руд: Окисные (черниве-настуранные) и силикатные (коффинитовые). Коффинитовые руды хуже вскрываются карбонатными растворами. При кислотном выщелачивании руды независимо от минерального состава геотехнологические моносортны.

Продуктивность (запасы урана в килограммах на один квадратный метр площади залежи в плане $\text{кг}/\text{м}^2$) колеблется в широких пределах. Условно по продуктивности можно выделить убогие (до $1 \text{ кг}/\text{м}^2$), низкопродуктивные $1-3 \text{ кг}/\text{м}^2$, рядовые $3-5 \text{ кг}/\text{м}^2$ и высокопродуктивные ($>5 \text{ кг}/\text{м}^2$) руды. Однако концентрация урана в промышленных растворах часто зависит не столько от продуктивности руд, сколько от факторов, влияющих на их разбавление. По этому различная продуктивность урановых руд обычно не дает оснований относить их к различным геотехнологическим сортам.

					5320400-Химическая технология	Лист
					Научная квалификационная выпускная работа	
Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата		

Концентрация урана в растворах в значительной степени зависит от отношения продуктивности или мощности руды и эффективной мощности рудовмещающего горизонта. Наиболее благоприятными для выщелачивания является равные мощности руды и проницаемых пород, а при значении этого отношения более 1:10 условия разработки существенно осложняются. По этому признаку могут быть выделены три типа горизонтов: с весьма благоприятными условиями эксплуатации – m/M менее 1/5; с благоприятными условиями – m/M от 1/5 до 1/10 и с не благоприятными условиями – m/M более 1/10. По величине проницаемости обычно выделяется три геотехнологических сорта руд: проницаемые (коэффициент фильтрации $K_f > 1 \text{ м(сут)}$), слабопроницаемое ($K_f < 1 \text{ м(сут)}$) и водоупорные. Литологофациальном отношении к первому типу относится пески, гравийно-галегные отложения, ко второму – песчаники на плотном глинистом и карбонатном цементе, мергеле и др. Литолого – фильтрационные типы руд являются основной выделением геотехнологических сортов руд при разведке месторождения по методам ПВ. Условно считается, что рудный интервал может быть отнесен к тому или иному сорту, если 70% его мощности локализуется в одной и той же литолого-фильтрационной разновидности. Часто встречаются смешанные сорта руд с примерно равной мощностью каждого сорта.

При наличии на месторождении руд с различным содержанием вредных примесей или попутных компонентов геотехнологические сорта могут дополнительно выделяться по этому признаку. Для кислотного способа выщелачивания отрицательную роль играет карбонаты, минералы группы монтмориллонит. Количественные значения принимаемому в качестве границ между такими сортами, должны обосновываться в каждом случае специально на базе изучения влияния данного признака на выходные показатели выщелачивания урана. В целом по карбонатности могут быть выделены следующие типы руд и пород: безкарбонатные – содержания

углекислоты менее 1%; - слабокарбонатные от 1 до 2% ; - карбонатные – от 2 до 5%; - сильно карбонатные – CO_2 больше 5%.

На выделении различных геотехнологических типов разреза влияют литолого-официальные особенности руд и пород, их вещественный состав.

По различным проницаемостям руд и пород, определяемые их литологическим составом, выделяются два основных типа разреза: с проницаемостью руд, большой или равной проницаемостью безрудных пород, с проницаемостью руд, меньшей проницаемостью безрудных пород. Первый геотехнологический тип благоприятен для разработки оруднения методом ПВ, второй - неблагоприятен. В ряде случаев при высокой отрицательной контрастности проницаемости руд и безрудных пород разработка урановых оруднений может быть полностью исключено. Может быть выделен также третий, смешанный тип разреза, в котором около 50% объема руды имеет проницаемость, большую или равную, а остальная часть – меньше чем вмещающие породы различных типов геотехнологического разреза [3].

При кислотном способе разработки геотехнологические типы разреза могут дополнительно выделяться по сравнительной карбонатности руд и вмещающих пород. По указанному признаку могут быть выделены: безкарбонатный, карбонатный и смешанные типы.

1.2. Основные закономерности процесса ПВ

С физико-химических позиций процесс ПВ можно определить, как процесс гетерогенных химических взаимодействий, сопровождающихся изменением концентрации реагирующих веществ в жидкой и твердой фазах, при фильтрационном перемещении жидкой фазы в пределах объема выщелачивания. Под последним понимается часть объема рудовмещающего пласта, в которой происходит фильтрация растворителя. Процесс выщелачивания подчиняется законам диффузионной кинетики и физико-

химической гидродинамики. В ходе гетерогенных реакций растворения выделяется три стадии: первое – поступлении растворителя поверхности твердого вещества; вторая – собственно химическое взаимодействие на поверхности раздела фаз, и третья – отвод продуктов реакции от участка химического взаимодействия. Скорость процесса зависит от скорости протекания трех стадий и по существу определяется самой медленно протекающей стадией. Различают три режима выщелачивания: диффузионный, когда скорость химического взаимодействия превышает скорость подвода растворителя продукта реакции. Кинетический – когда скорость химического взаимодействия меньше скорости подвода растворителя и отвода продуктов реакции: диффузионно – кинетически, когда скорости отдельных стадий сопоставимы. Главной особенностью диффузионного режима является зависимость суммарной скорости процесса выщелачивания от скорости движения растворителя, тогда как при кинетическом режиме суммарная скорость процесса независим от скорости движения растворителя. При переходном (диффузионно-кинетическом) режиме скорости отдельных стадий, значительно влияют на скорость выщелачивания. Эмпирический и путем построения математических моделей установлены следующие общие закономерности процесса подземного выщелачивания.

1. В проницаемых породах скорость выщелачивания практически линейно зависит от скорости фильтрации, так как скорость реакции растворителя с руды и породы по сравнению со скоростью его подвода и отвода продуктов реакции путь фильтрации весьма велика. Следовательно, при увеличении скорости фильтрации концентрация металла остается на прежнем уровне, а скорость извлечения возрастает пропорционально увеличению скорости фильтрации. Этим обеспечивается возможность интенсификации процесса ПВ за счет увеличения скорости фильтрации, снижающие расходы реагента. При кислотном выщелачивании фронт урансодержащих растворов в слое

руды движется с некоторым отставанием от действительной скорости фильтрации потока, что связано с частичной нейтрализацией кислоты породообразующими минералами. Обычно это отставание тем больше, чем ниже концентрации кислоты в рабочем растворе [4].

В слабопроницаемых глинистых породах при фильтрации через прослойки проницаемых безрудных пород вынос металла в раствор определяется главным образом за счет его диффузии к поверхности контакта руд с проницаемыми породами. Скорость процесса извлечения металла имитируется кинетикой его перехода в раствор, а увеличение скорости фильтрации не приводит к увеличению скорости выщелачивания, так как количество металла, попадающего в фильтрационный поток через контакт руд и безрудных пород, примерно постоянно.

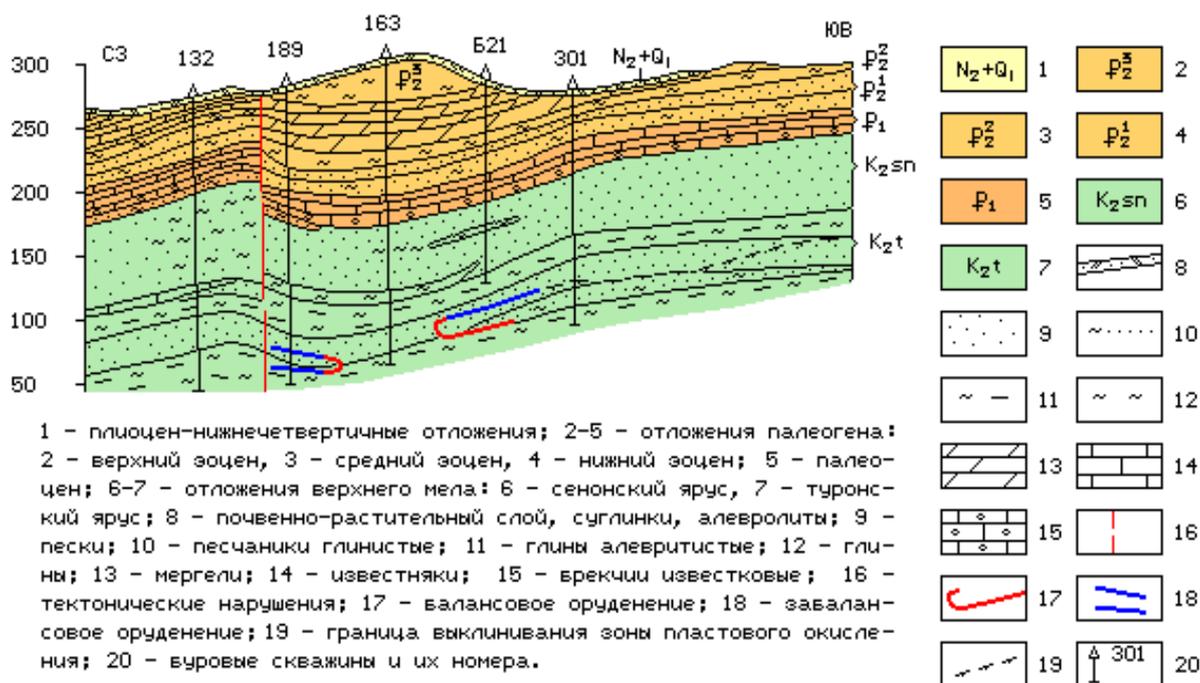
2. Для каждой исходной концентрации растворителя общее количество рабочего раствора, необходимое для достижения одной и той же степени извлечения практически не зависит от скорости фильтрации и может выражаться отношением массы раствора (J) к прорабатываемой горнорудной массе (T). На базе параметров $J:T$ определяется ряд прогнозных расчетов подземного выщелачивания урана.

3. Скорость выщелачивания при одной и той же скорости фильтрации пропорциональна концентрации рабочего реагента в растворе. Повышение концентрации растворителя увеличивает полноту извлечения урана из руд за счет вовлечения в процесс урановых минералов, требующих более жестких режимов растворения частичного разложения породообразующих минералов, препятствующих вскрытию урана. Однако в практических условиях необходимо осуществлять подбор рабочей концентрации растворителя таким образом, чтобы не повлечь повышения расхода реагента на реакцию с более широким спектром породообразующих минералов и не вызывать коагуляционных явлений.

4. Концентрация металла в продуктивных растворах увеличивается с

ростом длины пути и уменьшается с повышением скорости фильтрации. Зависимость концентрации металла в растворе от величины отношения длины пути к скорости фильтрации близка к экспоненциальной. Практически в каждом конкретном случае при достижении определенного значения отношения длины пути к скорости достигается насыщение раствора металлом и дальнейшего роста концентрации не происходит. Это значение (эффективное время насыщения) при кислотном выщелачивании и реальных скоростях фильтрации соответствует длине пути в первые метры.

Рис. 1.2.1. Разложение рудоносного пласта



5. Процесс выщелачивания представляет собой многократное растворение и осаждение т.е. переотложение урана на подвижном физико-химическом барьере (кислотно-щелочном) или окислительно-восстановительном). Наличие эффекта переотложения урана необходимо учитывать при изучении его содержаний в твердом фазе в ходе ПВ и при оценке результатов последнего [5].

1.3. Общие сведения по добыче урана

Подземное выщелачивание урана осуществляется путем избирательного перевода металла в раствор на месте залегания руд при помощи закачиваемых в недра химических растворов.

Для эксплуатации гидрогенных месторождений обычно применяются скваженные системы. При этом раствор реагента подается в рудовмещающий пласт через закачные скважины, фильтруется по пласту и откачивается на поверхность через откачные скважины. Продуктивные растворы на поверхности подвергаются технологическому переделу, до укрепляются реагентом и снова направляются в пласт.

Движения растворов для большинства используемых схем имеет характер фильтрации преимущественно в горизонтальном направлении (по пластованию) и подчиняется законам подземной гидродинамики (точнее физико-химической гидродинамики).

После достижения заданной степени извлечения металла в работу включаются новые блоки рудного пласта, оборудованные системами закачных и откачных скважин.

Целью всякого производственного процесса является получение максимального эффекта при минимальных затратах.

В качестве критерия при выборе оптимальной сети расположения скважин может быть принята прибыль, получаемая при отработке месторождения. Таким образом, задача сводится к определению параметров сети расположения скважин, обеспечивающих максимальную эффективность отработки месторождения (его частей) с учетом природных технологических и экономических факторов.

К природным факторам относятся глубина залегания залежи, ее мощность, содержание полезного компонента, структурная характеристика залежи, фильтрационные свойства залежи и их распределение в пространстве, физико-механические свойства залежи и вмещающих пород и другие.

Технологическими факторами являются скорость распространения зоны отработки, конструкция и время работы скважины, система разработки месторождения, свойства рабочих агентов, степень извлечения полезного ископаемого из недр.

Экономическими факторами являются затраты на бурение и оборудование скважин, на производство рабочих агентов, на раствороподъем и транспортировку растворов, на их концентрирование, на ремонтные работы и прочие.

Прибыль, получаемая при отработке залежей равно разности между продажной (отпускной) ценой и себестоимостью добытого продукта.

Отработка месторождения методом подземного выщелачивания с применением скважинных систем складывается из трех этапов:

- 1) вскрытия запасов
- 2) Отработки (технологический этап)
- 3) Ликвидация отработанных участков.

Этап вскрытия запасов включает бурение, обсадку, и гидрогеологическое освоение скважин, обвязку их в единую систему с узлами технологического передела и приготовление рабочих растворов.

Главным звеном в технологической системе ПВ является скважина. Технологические скважины - закачная (нагнетательная) и откачная (разгрузочная) образует элементарную ячейку. Обычно ячейка состоит из одной откачной и двух или более закачных скважин. Ячейки объединяются в эксплуатационный блок. Система сложных блоков увязывается в эксплуатационный участок, совокупность которых в свою очередь образует эксплуатационные поля ПВ.

Этап отработки запасов методом подземного выщелачивания подразделяется на три стадии подготовки рудовмещающего пласта, активного выщелачивания урана и его отмывки.

В первой стадии происходит отмывка пласта реагентом с доведением рН

раствора до более 8 при карбонатном и 3-2 при кислотном выщелачивании. На этой стадии обычно расходуется до 30% общего количества реагента. Стадия заканчивается появлением в растворах устойчивых содержаний урана, превышающих установленный промышленный минимум.

Вторая стадия – активное извлечение урана при кислотном выщелачивании слабокарбонатных руд – осуществляется с помощью рабочих растворов с содержанием серной кислоты около 10-15 г/л. Средняя концентрация урана, в продуктивных колеблется в пределах десятка, реже первых сотен мг/м и зависит от многих показателей.

При карбонатном выщелачивании концентрация реагентов на второй стадии обычно такая же, как и на первой. Содержание урана в продуктивных растворах в основном несколько ниже, чем при кислотном способе. Извлечение урана из недр при карбонатном с окислителем выщелачивания также несколько ниже.

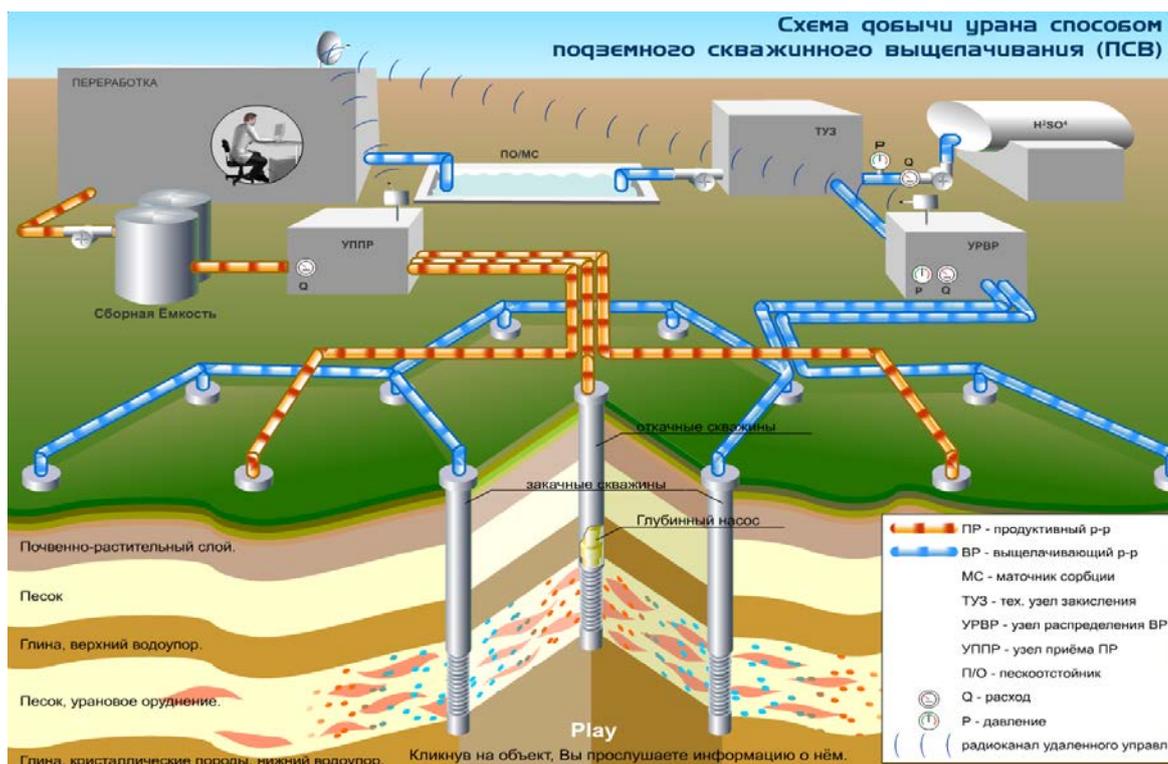
Стадия отмывки пласта является завершающей и заключается вытеснением остаточных урано – содержащих растворов бедными рабочими растворами или пластовыми водами.

Этап отработки участков заключается в проведении мероприятий по рекультивации водоносного горизонта. Ликвидация технологических скважин, систем трубопроводов, рекультивации поверхности скважинного поля и т.д.

К основным геотехнологическим показателям, имитирующим процесс отработки месторождений способом ПВ относятся: концентрация металла в продуктивных растворах, дебит скважин откачной и закачной, суммарный дебит скважин, число одновременно работающих скважин, продолжительность отработки блоков, рядов, ячеек, время появления продуктивных растворов в откачных скважинах, расход и концентрация растворителя и окислителя, размеры понижения и повышений уровня в рабочих скважинах.

На сегодняшний день добыча урана на нашей республике является самым безопасным методом добычи, где на пробуренных скважинах подаются кислые растворы серной кислоты и растворенный металл откачивается на сооруженные отстойники для проведения процесса сорбции. Одним словом этот цикл называется ПВ или подземное выщелачивание.

Рис.1.3.1. Схема добычи урана способом скважинного выщелачивания (ПВС)



Проводимые геологоразведочные работы на степях Кызылкума определяют место залегание урановых запасов. На определенных залежах пробуривается с помощью буровых установок УРБ 053 откачные и закачные скважины которые обсаживаются трубами ПВХ (поливинилхлоридные) Ø195*14,5 и Ø90*8. В пластовую часть скважины обсаживаются фильтровые трубы Ø140 и 90мм исполнение которых выполняются также ПВХ. Трубы соединяются композициями ПВХ. Скважины при работе определяются на две виды откачные (растворы откачиваются с недр) и закачные (принимающие растворы после переработки с доукрепленными кислыми растворами) После бурение для достижения высокой производительности

Изм.	Лист	№докум.	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

скважин и для очищения профильтровой части скважин от глинистых растворов используемых при бурении производится прокачка, где применяются компрессорные установки марки XRWS. Для прокачки скважин применяются полиэтиленовые шланги Ø40*5,6 ; Ø32*4,0. Достигнутые скважины проектных производительностей после прокачки принимаются в эксплуатацию ПВ (подземное выщелачивание). Для эффективной эксплуатации технологического блока подаются рабочие растворы в закачные скважины с кислотностью 10-15г/л H₂SO₄. А для мини реагентного режима производится НСВ (надув сжатого воздуха) или окисление кислородом через подачи инъекции растворами в которых Рн от3,5-4,5 где кислород растворяется на техническом растворе и идеально производит окисление рудоносного пласта. После окончания (прохождение порового объема) закисление или окислении на откачные скважины производится монтаж погружных электрических насосов марки Usp15-17;15-20;15-24 с помощи установки «ДОН». Все электрические параметры насосных агрегатов наблюдаются и регулируются с помощи станциями управление ЭПН (электрический погружной насос). Монтаж производится согласно гидрогеологических условий (статика, гидродинамика, строения скважин). Полиэтиленовыми шлангами Ø63 откачные растворы поступают в сборник откачных растворов а далее откачные растворы поступают в кондиционный отстойник где сопутствующие механические примеси (железа, гипс, алюминии, фосфор, мелкозернистый песок) отстаиваются и с помощи консольных химических насосов растворы подаются локально-сорбционные установки на сорбционные колонны [6].

Сорбционные колонны заполнены ионообменной смолой марки АМП, Бауер, Ленксес, Пуролайт и т.д. В процессе сорбции выдерживается Рн раствора(1,8-2,2), скорость раствора, температура раствора(+25), объем подаваемого раствора(не более 300м³ для СНК-3000мм), количество дренажных кассет на сорбционной колонне(22шт) которые оснащены нержав

стальной сеткой 0,4мм для не допускание утечки ионообменной смолы , для проведения ионообмена в процессе сорбции. После процесса сорбции некондиционные растворы поступают в некондиционный отстойник где доукрепляются серной кислотой с помощью инжекторов. Инжэктор - это дополнительный насос который выдает высокое давление в трубопроводе и инжектор создает притяжение кислоты подает кислоту в трубопровод рабочих растворов по программе работ и консольными химическими насосами растворы отправляются в технологические блока на закачные скважины. Для регулирования подачи кислоты в рабочих растворов пользуются приборами КИПиА (кислотомерами АЖК). Рабочие растворы подаваемые в технологический полигон регулируются запорно регулирующими устройствами(ЗРУ) на закачных скважинах. В процессе сорбции насыщенная смола производится обмен смола с не насыщенной смолой. Не насыщенная смола после процесса регенерации поступает смоловозами в приемный зумпф ЛСУ [7].

Сорбционная колонна останавливается и насыщенная смола загружается в автоцистерну смоловоза. Не насыщенная смола загружается в СНК эрлифтом, энжектором, полупогружным насосом ВН-2 и опять запускается в работу. Насыщенная смола перевозится смоловозом в процесс регенерации и поступает в приемный зумпф, после эрлифтом перекачивается в отмывочные колонны, где производится промывка тех водой от илов и мех примесей. Далее до поступлении насыщенной смолы в процесс регенерации оно доукрепляется регенератором в колонне донасыщении до 70-80 кг/тн . Насыщенная смола перекачивается через эрлифт в регенерационные колонны. В процессе регенерации происходит ионообмен (уран на нитрат ионы). Для проведения регенерации приготавливается исходный десорбирующий раствор серная кислота или азотная кислота с аммиачной селитрой. После процесса регенерационной цепочки ионообменная смола проходит отмывку от нитрат ионов и далее подготавливается в процесс

сорбции. Полученный товарный регенерат, часть подается в процесс донасыщения, остальная часть отправляется в процесс осаждение. В процессе осаждение товарный регенерат проходит каскадную часть с осаждение с доведением $R_{н6,5-7,0}$ с добавлением аммиачной водой. Готовая Пульпа отправляется полупогружными насосами в процесс фильтрации. В процессе фильтрации используются фильтр пресс марки РОМ-50; РОМ-100 . Фильтр-прессах полученный кек оседает на фильтр-полотно некондиционные растворы поступают для приготовления исходно дисорбирующего раствора. Полученный кек очищается от фильтр полотна и растворяется серной кислотой. Готовая продукция отправляется в ГМЗ-1 [8].

1.4. Методические рекомендации по повышению производительности геотехнологических скважин

Практический выход из процесса кольматажа позволяет расширить призабойную часть скважин, повышение эффективности сооружения технологических скважин и средств механизаций подземного выщелачивания возможно путем сооружения скважин меньшей себестоимости с высокой удельной производительностью.

Необходимо разработать комплекс технических предложений, конструкций, устройств, позволяющих реализовать комплексную технологию сооружения скважин:

- повышение скорости проходки скважин в условиях поглощения промывочной жидкости за счет перехода на малые диаметры бурения и применения специальных реагентов;
- вскрытие продуктивного пласта при минимальной кольматации;
- подбор рациональных параметров и конструкций фильтров специальной компоновки;
- расширение скважины в интервале продуктивного пласта до

расчетного диаметра под гравийную обсыпку;

- подбор гравийной обсыпки и ее намыв в зафильтрованное пространство через специальный циркуляционный клапан;

- изоляцию кольцевого пространства скважины над гравийной обсыпкой путем закачки через циркуляционный клапан тампонажных растворов.

В последнее время технологические скважины ПВ оборудуются фильтрами с гравийной обсыпкой. С целью создания на забое скважины уширенного контура гравийной обсыпки призабойная зона скважины может предварительно расширяться.

Оборудование нагнетательных скважин гравийными фильтрами позволило увеличить приемистость скважины, при этом также увеличились срок службы скважины и работоспособность раствороподъемных устройств, редко кольматировать технологических скважин, особенно погружных насосов. Гидроизоляция зон движения рабочих и продуктивных растворов осуществляется после создания вокруг фильтра песчано-гравийной обсыпки путем заливки гидроизоляционного материала поверх слоя гравия.[9].

1.5. Влияние коэффициента фильтрации на рудного интервала

Оруденение гидрогенных месторождений урановых руд часто представлено двумя и более продуктивными водоносными горизонтами разделенными маломощными (1 – 5м) водоупорами. Водоупоры, как правило, имеют гидрогеологические «окна» - слабопроницаемые литологические разности, в составе которых присутствуют алевриты и глины с включением песчанистых литологий. Отработка таких месторождений скважинным подземным выщелачиванием (СПВ) протекает в неэффективном геотехнологическом режиме.

Как правило, наиболее богатые по содержанию полезного компонента

(ПК) продуктивные пласты таких типов месторождений связаны с менее проницаемыми литологическими разностями, при отработке которых СПВ происходит разубоживание продуктивных растворов подземными водами смежных водоносных горизонтов, перетекающих через гидрогеологические «окна», что приводит к снижению их качества.

Геологический разрез экспериментального участка представлен следующими литологическими разностями:

- нижний рудный интервал - слабопроницаемые песчаники - 1,5 м;
- непроницаемые алевролиты с гидрогеологическими «окнами» - 2-3 м;
- верхний рудный интервал - хорошо проницаемые гравийные песчаники с невыдержанными по простиранию и падению маломощными прослоями алевролитов с песчаными включениям – 3 м.

Нижний рудный интервал более богатый (на 40 %) по содержанию урановой минерализации. Коэффициент фильтрации нижнего водоносного горизонта 1,5 м / сут, соответственно, верхнего 2,7 м / сут.

Опытный участок вскрыт скважинами, фильтры которых перекрывают оба рудных горизонта. Конструкция фильтра за счет переменного коэффициента скважинности обеспечивала разную производительность по растворам. Верхняя часть фильтра позволила обеспечить производительность откачиваемых растворов в два раза выше ($12 \text{ м}^3 / \text{час}$), чем нижняя ($6 \text{ м}^3 / \text{час}$).

Гидродинамические параметры СПВ контролировали по изменению отметок пьезометрической поверхности водоносных горизонтов через наблюдательные скважины, пробуренные на соответствующие горизонты.

Проведенные исследования позволили отработать экспериментальный участок СПВ в более эффективном геотехнологическом режиме - меньшие значения Ж : Т и время отработки, соответственно, на 40 и 30 %, с более высоким средним содержанием урана в продуктивных растворах [11].

1.6. Физико - химические основы подземного выщелачивания

Подземное выщелачивание урана, является одной из разновидностей гидрометаллургического передела руд. Основной ее специфической чертой является осуществление первой стадии передела извлечение полезного компонента из руд в условиях их естественного залегания. Для обеспечения такой возможности руды должны обладать достаточной проницаемостью и минеральным составом, не требующих создания жестких условий (высокие концентрации растворителя, высокие температуры).

Физико-химическую суть взаимодействий при ПВ составляет гетерогенные и химические реакции, что и при заводском гидрометаллургическом переделе.

В гетерогенных реакциях растворения выделяется 3 основные стадии:

- 1) поступление растворителя к поверхности твердого вещества, на которой происходит реакция;
- 2) химическое воздействие на поверхности раздела фаз;
- 3) удаление, отвод продуктов реакции от реакционной поверхности.

Итоговая скорость процесса выщелачивания полезного компонента определяется скоростями всех трех стадий таким образом, что величина, обратная коэффициенту суммарной скорости процесса, равна сумме величин, обратных коэффициентам скоростей отдельных стадий. Из этого следует, что в случаях, когда скорость какой-либо одной стадии значительно меньше скорости других стадий, суммарная скорость процесса, по существу, определяется скоростью этой самой медленно протекающей стадии.

Если скорость межфазового химического взаимодействия на реакционной поверхности значительно превышает скорость подвода растворителя и отвода продуктов реакции, общая скорость процесса выщелачивания определяется именно двумя последними стадиями,

осуществляемыми за счет фильтрации и диффузии. Такой тип режима выщелачивания называется *диффузионным*. Основной его особенностью является зависимость суммарной скорости процесса выщелачивания от скорости движения растворителя [12].

Если скорость межфазового химического взаимодействия на реакционной поверхности мала сравнительно со скоростями подвода растворителя и отвода продуктов реакций, то именно кинетика химического взаимодействия определяет суммарную скорость процесса выщелачивания. Такой тип режима называется *кинетическим*. Основной его особенностью является независимость суммарной скорости процесса от скорости движения растворителя.

При сопоставимых величинах скоростей отдельных стадий все они существенно влияют на результирующую скорость процесса выщелачивания. Режим процесса в таких случаях определяется как *диффузионо - кинетический* или *переходный*.

Опыт изучения и отработки урановых месторождений подземным выщелачиванием позволяет заключить, что в подавляющем большинстве случаев при этом имеет место диффузионный режим процесса выщелачивания. Этот вывод имеет важное практическое значение, поскольку это позволяет открыть реальные возможности ускорения процесса отработки месторождений за счет увеличения скорости растворителя.

В отработываемых способом подземного выщелачивания месторождений урана обычно основными рудными минералами являются настуран и урановые черни, представляющие собой ассоциации оксидов четырехвалентного (UO_2) и шестивалентного (UO_3). В последние годы при применении новых методов минералогических исследований (в первую очередь электронной микроскопии) в рудах нередко обнаруживаются значительные количества коффинита - силиката четырехвалентного урана ($USiO_4$). Для отработки руд используются такие растворители, как серная

кислота, концентрация растворов должна быть не менее 0.5-0.3%, карбонаты и бикарбонат натрия или аммония 0.5-5.0%. с добавками в качестве окислителей перекиси водорода, водорода, кислорода, гипохлоритов калия и натрия. Основными породообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты, характеризующиеся, весьма высокой устойчивостью по отношению к указанным растворителям.

Расход серной кислоты на извлечение 1 кг урана должен составлять для четырехвалентных форм 0.8 кг, а для шестивалентных – 0.4 кг. На практике удельный расход кислоты при выщелачивании урана составляет десятки и даже первые сотни килограммов на килограмм, что является следствием реакции ее с некоторыми породообразующими минералами, как самих руд, так и вмещающих их безрудных проницаемых пород, попадающих в область циркуляции рабочих растворов. Основными кислотоемкими минералами являются карбонаты(кальцит, доломит, магнезит) и некоторые виды глинистых минералов. Неблагоприятные последствия реакции серной кислоты с нерудными минералами не ограничиваются только экономической кислотой (бесполезными затратами).

Эффективность эксплуатации месторождений способом ПВ во многих случаях определяется состоянием призабойной зоны. Проницаемость пород изменяется в результате различных физико-химических явлений, происходящих в период подачи выщелачивающего раствора в пласт. При условии взаимодействия выщелачивающего раствора с твердой и жидкой фазами продуктивного пласта эти явления в первую очередь связаны с образованием в порах химических осадков, образованием газов и растворением отдельных минералов, которые изменяют физические параметры пластового раствора (плотность, вязкость и т.д)

Основной причиной снижения производительности откачных скважин является газовая, химическая и механическая кольматация их фильтров и прифильтровой зоны.

Обогащение продуктивных растворов в результате этих реакций широким спектром макрокомпонентов при определенных условиях может привести к временному или постоянному выделению из них в пласты газообразных или твердых продуктов реакций, приводящих к ухудшению их проницаемости (*кольматация*) и контакта растворителя с рудными минералами. Выделяется несколько возможных видов кольматации.[13].

Газовая кольматация чаще всего может быть обусловлена выделением газообразного CO_2 при реакциях кислоты с карбонатами. Возникает в тех случаях, когда давление растворенного газа превышает величину гидростатического давления в системе. Часто наблюдается при лабораторных испытаниях, когда давление в системе равно атмосферному. В пластовых условиях, в зависимости от глубины залегания рудовмещающего пласта и величины напора подземных вод над кровлей его, газовая кальматация может возникнуть при разных значениях кислотности раствора тогда, напор не превышает следующих величин:

Таблица 1.6.1. Зависимость величины напора над кровлей и рН среды.

рН раствора	Максимальная величина напора над кровлей
2.0	14
1.5	22
1.0	47

При более высоких величинах напора CO_2 должен полностью находиться в растворенном состоянии. Газовая кольматация развиваться не может.

Газовая кальматация очень часто отмечается при лабораторных испытаниях руд рабочими карбонатными растворами с добавками H_2O_2 в качестве окислителя. В этих случаях кольматация возникает за счет быстрого

разложения перекиси водорода и образования газообразного O_2 . На основании этого появились специальные работы, посвященные исследованиям способов стабилизации перекиси водорода в целях предотвращения газовой (кислородной) кольтматации в пластовых условиях. Однако, не отрицая определенного практического значения стабилизации H_2O_2 в карбонатных растворах, следует уточнить, что она целесообразна главным образом не из-за опасности газовой кольтматации в пластовых условиях (достаточно высокие пластовые давления предотвращают на большинстве объектов выделение кислорода в самостоятельную газовую фазу), а по другим технологическим соображениям [14].

Временная кольтматация в основном возникает при закислении за счет обогащения продуктивных растворов ионами железа и алюминия.

Закислением называют первую стадию отработки месторождений кислотным подземным выщелачиванием – от начала подачи рабочих растворов в закачные скважины до заметного увеличения кислотности откачиваемых растворов (т.е. снижения их рН до 2.5-2.0). В этот период кислые растворы, обогащенные железом и алюминием, продвигаясь по пласту к откачным скважинам, нейтрализуются в результате реакций с породами и гидроокислы железа и алюминия выпадают в осадок.

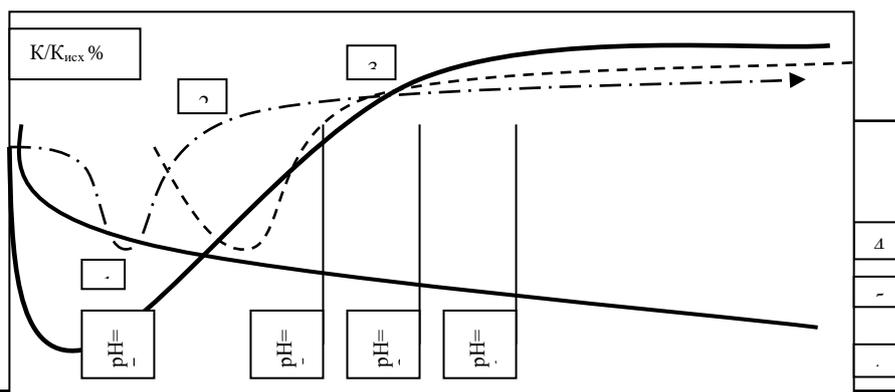
Применительно к реальным раствором подземного выщелачивания осаждение $Fe(OH)_3$ должно происходить в интервале рН от 2.0 до 3.5; соответствующий интервал для $Al(OH)_3$ - от 4.4 до 5.7.

Выпавшие в осадок гидроксиды вследствие весьма рыхлого характера осадка и часто высоких (сотни и тысячи миллиграммов на литр) содержаний железа и алюминия в растворах могут существенно ухудшить проницаемость пласта, что выражается в снижении дебитов откачных и закачных скважин, а также в повышении уровней (или устьевых давлений) в закачных скважинах. Тот же эффект будут оказывать гидроксиды, находящиеся в растворах в виде взвесей, поскольку при этом существенно увеличивается вязкость растворов.

Однако последующими порциями более кислых растворов, нейтрализуемыми в прогрессивно уменьшающейся степени, выпавшие гидроксиды вновь растворяются, так что после выхода из откачных скважин растворов с рН ниже 2.0 описанные кольтматационные эффекты обычно исчезают [15].

Постоянная кольтматация. Наиболее опасным процессом, способным приводить к постоянной (неустранимой) кольтматации, считается выпадение сульфата кальция (гипса) из сернокислых растворов, обогатившихся ионами кальция за счет реакций с карбонатами – кальцитом и доломитом. Выпадение из растворов обуславливается невысокой растворимостью гипса, которая в пересчете на безводную соль составляет для дистиллированной воды при 0⁰С 1.76г/л, при 40⁰ С – 2.09г/л. В растворах с высокой ионной силой, к которым относятся и продуктивные растворы подземного выщелачивания, растворимость гипса существенно повышается вследствие участия ионов Ca²⁺ и SO₄²⁻ в комплексообразовании, а также значительного снижения их коэффициентов активности. Тем не менее высокое валовое содержание сульфатов в рабочих сернокислых растворах и повышенная карбонатность руд и вмещающих пород могут в определенных условиях привести к выпадению гипса, который в отличие от осадков гидроксидов железа и алюминия не должен заметно растворяться в последующих порциях растворов (т.е. способен создать постоянную кольтматацию пласта) [16].

Рис. 1.6.1. Изменение относительной фазовой проницаемости K/K_{исх} растворов кислот для рыхлых песчаных пород во времени t при различных видах кольтматации:



1 – газовая (CO₂); 2 – химическая – осадком гидроксидов алюминия; 3 – химическая – осадком гидроксидов железа; 4 – химическая осадком гипса; 5 – ионо-обменная механическая.

По данным лабораторных экспериментов, при содержании в кварцевом песке CaCO₃ менее 0.5% проницаемость к концу выщелачивания не изменяется или немного возрастает, а при содержании 1% она уменьшается до 85% от исходной, 5% - снижается вдвое [17].

По предложению американских исследователей, предотвращение гипсовой кольматации может быть обеспечено специально разработанным режимом концентрации кислоты на входе 1.0 – 1.5г/л при закислении с последующим увеличением после растворения карбонатов и выноса кальция из пласта. При этом длительность стадии закисления значительно возрастает [18].

Вообще в вопросах формирования постоянной кольматации рудовмещающих пластов при сернокислотном подземном выщелачивании еще много неясного. Опыт эксплуатации месторождений свидетельствует о том, что зачастую химические взаимодействия приводят к заметной кольматации не всего пласта, а лишь прифильтровых зон откачных скважин, что успешно устраняется обработкой растворами серной и соляной кислоты повышенных концентраций. При бурении новых технологических скважин рядом с вышедшими из строя часто отмечается значительно более низкая степень кольматации (вплоть до полного ее отсутствия).

Опасность развития постоянной кольматации за счет выпадения гипса практически полностью устраняется при использовании вместо серной кислоты других сильных кислот – соляной или азотной, анионы которых образуют с кальцием хорошо растворимые соли. Однако по технико-экономическим соображениям в промышленных масштабах на территориях

бывшего СССР пока применяется только серная кислота.

При использовании карбонатных рабочих растворов избирательность извлечения урана по сравнению с кислотными существенно возрастает. Одновременно уменьшается опасность возникновения кольматации в результате химических взаимодействий раствора с породами. Однако в этом случае и в первую очередь при приготовлении рабочих растворов они могут оказаться перенасыщенными слаборастворимым CaCO_3 . Выдерживание растворов в течении 18-24 часов перед подачей их в пласт может обеспечить практически полное освобождение их от избыточного CaCO_3 на поверхности.

В США для предотвращения выпадения CaCO_3 в пласте предложено вводить в рабочий раствор специальные ингибиторы, удлиняющие период нахождения его в растворах до извлечения их на поверхность. В качестве таких ингибиторов используют бензоат натрия, фторфосфат натрия, силикат натрия, а также органические соединения – протеины, органические коллоиды [19].

Помимо химических превращений кольматация может быть обусловлена загрязнением рабочих растворов различного рода механическими взвесями. В этих случаях кольматации подвергаются в основном прифилтровые зоны закачных скважин, а устранение ее, как правило, успешно достигается периодическими прокачками их. Радикальной мерой является высокая степень очистки растворов от механических взвесей.

Таковы в кратком изложении физико-химические основы на базе которых проводится изучение геотехнологических свойств руд и геотехнологических условий месторождений [20].

II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

2.1. Основные задачи технологии урана. Общая понятие переработки урансодержащих руд

Основной задачей технологии урана является получение урана в форме, пригодной для использования его в ядерных реакторах. Такими формами могут быть: уран металлический, диоксид урана, тетрафторид урана. В каждом конкретном случае, в зависимости от вида конечного продукта, выбирается своя технологическая схема переработки урановых руд. Важным фактором, определяющим выбор технологической схемы, является требование ядерной чистоты урана, предназначенного для использования в ядерных реакторах. Содержание некоторых элементов в ядерном топливе (Cd, В, Р.З.З. и др.) не должно превышать 10^{-6} - 10^{-5} % масс. Для достижения такой чистоты ядерных материалов требуются специальные методы очистки.

Специфику технологических схем переработки урановых руд определяют состав и свойства сырья. Обычно содержание урана в рудах колеблется от десятых до сотых долей процента. Из-за тонкой вкрапленности минералов урана в рудах последние не поддаются механическому обогащению и извлечение урана из руд в большинстве случаев проводится химическим путём.

Таким образом, химико-технологические схемы переработки урановых руд с учётом выше перечисленных условий представляют собой довольно сложные и многостадийные процессы.

Основными технологическими характеристиками урановых руд являются:

- химический состав нерудной составляющей (вмещающей породы);
- «контрастность» руды;
- крупность зёрен урановых минералов и их агрегатов.

По химическому составу вмещающей породы урановые руды

подразделяются на следующие разновидности:

- а) силикатные, состоящие в основном из силикатных минералов;
- б) карбонатные, содержащие более 15% карбонатов;
- в) железо-окисные, представляющие собой комплексные железоурановые руды;
- г) сульфидные, содержащие более 20 % сульфидных минералов;
- д) фосфатные, содержащие более 8 % P_2O_5 и др.

Химический состав нерудной составляющей играет решающее значение при выборе способа их химической переработки. Из силикатных руд уран выщелачивают кислотами; из карбонатных - содовыми растворами; сульфидные руды предварительно подвергают обжигу; железо-окисные руды подвергают переплавке, а затем уран выщелачивают из шлака и т.д.

Другой важной характеристикой урановых руд является «контрастность» - степень неравномерности содержания урана в кусковой фракции горной массы. По «контрастности» руды подразделяются:

а) «контрастные» - смесь богатых штуфов, содержащих основную массу урана и породы с низким содержанием урана, содержание урана в штуфах превышает в десятки раз среднее содержание урана во всей горнорудной массе;

б) «слабоконтрастные» - руды с более или менее равномерным распределением урана по всей горнорудной массе; могут быть руды с небольшим превышением урана в штуфах (в 3 - 5 раз).

«Контрастность» руд играет важную роль при выборе метода их обогащения: «контрастные» руды обогащают исключительно радиометрическим методом; для «слабоконтрастных» руд радиометрический метод обогащения непригоден, их обогащают либо гравитационным, либо флотационным методом.

По размерам зёрен урановых минералов и их агрегатов руды подразделяются на следующие разновидности:

- крупнозернистые - с размером зерен 25-300 мм;
- среднезернистые (3-25 мм);
- мелкозернистые (0,1-3 мм);
- тонкозернистые (0,015-0,1 мм);
- субмикроскопические (0,001-0,015 мм);
- коллоидно-дисперсные (< 0,001 мм).

Размеры зёрен и агрегатов определяют, в основном, степень измельчения руд при их обогащении и гидрометаллургической переработке.

2.2. Принципиальная технологическая схема переработки продуктивных растворов подземного выщелачивания.

Способы извлечения урана из продуктивных растворов ПВ на наземных комплексах в СССР и за рубежом сходны. Конкретные показатели и параметры процесса на различных установках могут различаться из-за разнообразия минералогического состава рудовмещающих пород, условий проведения самого процесса ПВ и физико - химических особенностей используемых сорбентов. Однако для всех наземных комплексов остается типичным использование сорбционных колонн для переработки продуктивных растворов ПВ с концентрацией урана до 50 мг/л, общим солевым составом до 50 г/л и рН=1,2ч-1,8. Концентрация урана в переработанном растворе колеблется в пределах 1—5 мг/л, что обеспечивает приемлемое извлечение его в анионит.

Типовой наземный комплекс переработки продуктивных растворов ПВ в колоннах периодического действия

Установка состоит из нескольких сорбционных колонн с неподвижным слоем сорбента, обвязанных в единую технологическую цепочку по принципу блуждающего аппарата. Скорость подачи растворов в эти колонны колеблется в пределах 7—15 м/ч. Количество перерабатываемых растворов за одно переключение колонн достигает 500

об/мин сорбента. При концентрации урана в растворах на выходе из последней сорбционной колонны выше 5 мг/л колонны переключают: колонну с насыщенным сорбентом выводят на операцию десорбции урана, а в конец сорбционной цепочки подключают колонну с регенерированным сорбентом. Переключение колонн в цикле сорбции на наземном комплексе ПВ проводят один раз за 1—2 сут. В это время в колонне, выведенной на десорбцию, успевают отмыть сорбент, провести десорбцию и подготовить его к последующей сорбции. Полученные при десорбции фракции регенерата с повышенной концентрацией урана выводят в качестве товарных на аффинажные операции, а остальные фракции регенератов собирают в специальные сборники и используют в качестве оборотных регенерирующих растворов для десорбции урана с сорбента в последующих колоннах. Типовой наземный комплекс переработки продуктивных растворов ПВ в колоннах непрерывного действия

На установке используют колонны СНК, КЗС, КРИМЗ и ПИК. Обычно в циклах сорбции и десорбции эксплуатируют по одной колонне. Диаметр колонн на операциях рассчитывают исходя из заданной производительности поверхностного комплекса по растворам. Так, предельная линейная скорость подачи раствора в аппараты с насадками КРИМЗ не превышает 20 м/ч, в то время как через колонны СНК, КЗС и ПИК можно пропускать растворы с линейной скоростью 25—35 м/ч. При выходе переработанных растворов около 500 об/об сорбента непрерывную транспортировку насыщенного сорбента проводят со скоростью 0,04 м/ч. На практике часто пользуются пульсирующей транспортировкой насыщенного сорбента из расчета несколько порций в час по несколько десятков литров насыщенного сорбента. На стадии десорбции сорбент находится заданное время, необходимое для завершения его регенерации, predetermined типами используемых анионитов и элюентов. В процессе непрерывной

десорбции получают товарный регенерат, а оборотные фракции регенерата отсутствуют.

Этим процесс непрерывной регенерации выгодно отличается от периодического. В целом непрерывный метод переработки продуктивных растворов в сорбционных колоннах реализуется при меньшей единовременной загрузке анионита в процессе и несколько повышенных удельных его расходах за счет измельчения в процессе транспортировки по аппаратам сорбции и десорбции.

Многие зарубежные фирмы используют сорбционные процессы для извлечения урана из продуктивных растворов ПВ. Производительность наземных сорбционных комплексов ПВ по урану колеблется в пределах 113—125 т урана в год.

Часовой поток продуктивного раствора, направляемого на наземные комплексы, составляет 45 м³/ч и более. Первый наземный комплекс за рубежом пущен фирмой «Юта Констракшен энд Майнинг» (США) в 1963 г. Затем в 1965—1969 гг. пущены наземные комплексы переработки продуктивных растворов ПВ фирмами «Юнион Карбай», «Далко энд Стил». Фирма «Атлантик Ричфильд» сдала в эксплуатацию наземный комплекс в 1970 г., а в 1975—1976 гг. начали эксплуатировать свои наземные комплексы ПВ и фирмы «Мобил Ойл» и «Вайоминг Минерал». Для извлечения урана на всех наземных комплексах используют сильноосновные стиролдивинилбензолные аниониты марок Дауэкс-1 и Амберлит ИРА-400— аналоги советских марок АМ и АВ-17. Переработка продуктивных растворов ПВ проводится как в колоннах периодического действия, например на наземных комплексах фирм «Далко энд Стил», так и в колоннах непрерывной сорбции, например на комплексе фирмы «Юта Констракшен энд Майнинг». На наземных комплексах перерабатывают продуктивные растворы после серноокислотного подземного выщелачивания урановых руд и после выщелачивания урана растворами углекислого

аммония. Последнее относится к комплексам фирм «Юнион Карбайд», «Мобил Ойл» и «Вайоминг Майнерал».

Десорбцию урана с насыщенного анионита проводят растворами поваренной соли или нитрата аммония. Концентрация урана в товарном регенерате достигает 10 г/л. В большинстве случаев из товарных регенератов осаждают диуранат аммония, и сгущенную пульпу днураната аммония транспортируют на урановый завод, например «Лаки-Мак». Если завод-потребитель расположен далеко, то сгущенную пульпу днураната аммония фильтруют, сушат, упаковывают и отправляют на завод, например фирмы «Аллид Хемнкалс», для производства гексафторида аммония. В этом случае сушилка является единственным источником загрязнения воздуха. Она выполнена в виде шнекоконтейнерной установки с нагревом от рециркулируемого масла. Масляный теплоноситель нагревают сжиженным газом. Одно из достоинств сушилки — минимальный унос пыли.

На некоторых наземных комплексах товарные регенераты перед осаждением диураната аммония предварительно очищают. Например, на наземных комплексах фирм «Далко энд Стил» товарные регенераты вначале пропускают через угольные фильтры для удаления ряда примесей, включая молибден. Последний периодически десорбируют с угля и реализуют в виде попутной продукции.

2.3. Осаждение химических концентратов из урансодержащих растворов

Завершающим этапом гидрометаллургического производства является осаждение химических концентратов, их обезвоживание, сушка и прокалка. Химические концентраты осаждают из урансодержащих регенератов и реэкстрактов растворами гидроксидов - аммония NH_4OH , натрия NaOH ,

кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или оксидами кальция CaO или магния MgO .

В подавляющем большинстве случаев используют растворы гидроксида аммония. Количество осадителя берут из расчета остаточной концентрации урана в маточнике не более 1 - 3 мг U на 1 л. Осаждение проводят при температуре 60 - 80 °С. При этом образуются оранжевые осадки переменного состава, которым приписывают общую формулу как диуранат аммония - $(\text{NH}_4)_2\text{U}_2\text{O}_7$:



Получение осадка происходит в течение от 1 до 6 часов. Наиболее распространен метод осаждения, осуществляемый в каскаде из трех агитаторов.

Фильтрование сравнительно жидких пульп химических концентратов осуществляют на автоматических фильтр прессах. Фильтр прессы работают под давлением. Рабочее давление в фильтр прессах колеблется 0,3 - 1,0 Мн/м², их суммарная фильтрующая поверхность достигает 100 м² и более. Так как по мере накопления осадка эти фильтры приходится останавливать и очищать, то на них целесообразнее фильтровать разбавленные пульпы. Часто перед фильтрацией пульпу сгущают, а нижний продукт сгустителя фильтруют на вакуум-фильтрах. В последнее время для отделения твердого от жидкого стали использовать центрифуги непрерывного действия. В этом случае получают осадок меньшей влажности, а фильтрат более чистый.

Фильтрат используют для растворения осадителя, а осадок направляют на сушку. Сушку проводят в барабанных вращающихся печах с электрообогревом. Первоначальная влажность осадков 50 - 60 %, конечная - 2 - 5 %.

После сушки осадок диураната аммония прокачивают во вращающихся барабанных печах при температуре 700 - 900 °С до закиси-

окиси урана, являющейся конечным продуктом (химическим концентратом) уранорудных заводов.

III. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1. Повышение сорбционной продуктивности за счёт рационализации диаметра сорбционной колонны.

Для извлечения урана из растворов ПВ и КВ используются сорбционные напорные колонны (СНК) диаметром 3м и высотой 10 м

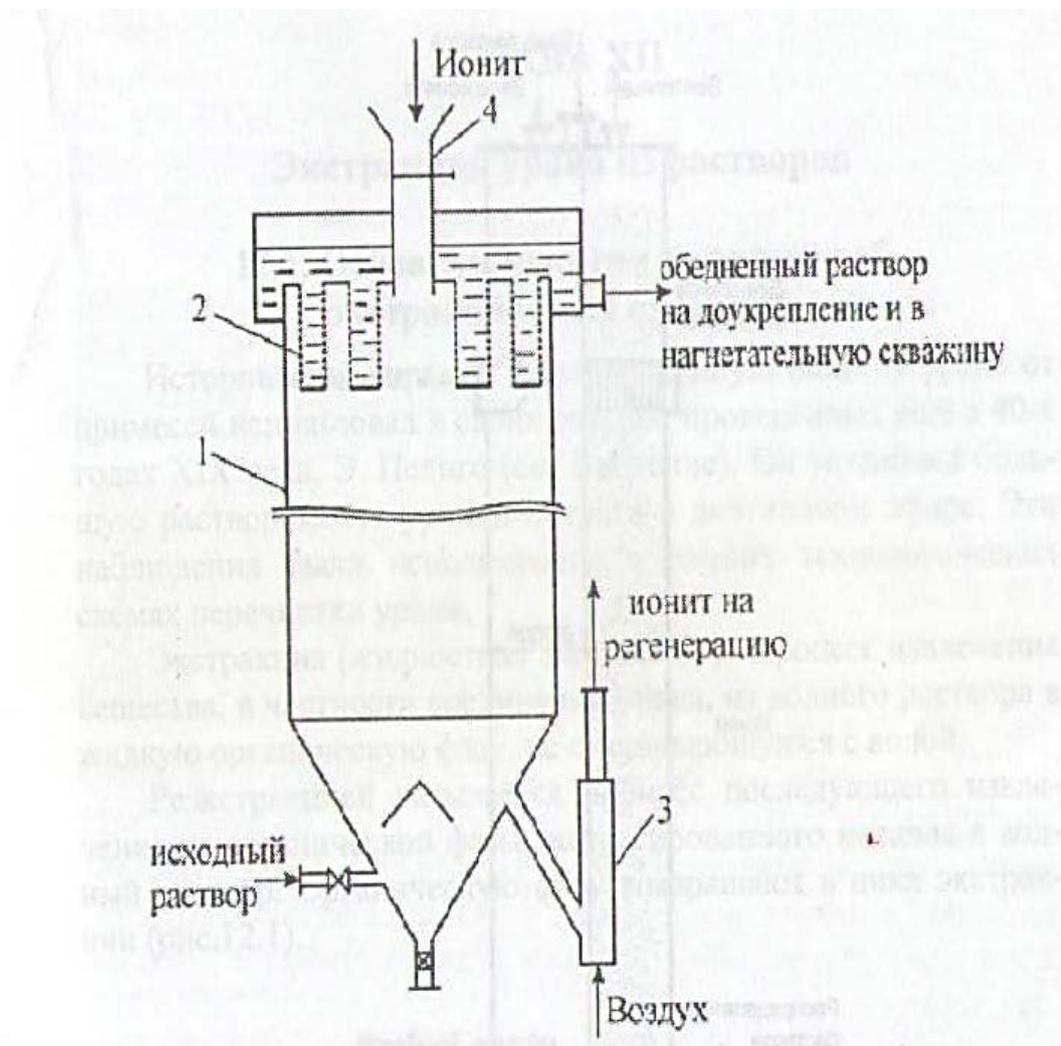
Исходный раствор под давлением подаётся в нижнюю часть колонны и продвигается вверх навстречу потоку смолы. В верхней части колонны раствор проходит фильтр-патроны, которые задерживают смолу. Далее маточник сорбции направляется в карту, где до укрепляется серной кислотой и вновь закачивается в закачные скважины.

При работе СНК в ней одновременно находятся три слоя смолы. В верхней части колонны находится слой практически свежей смолы, который обеспечивает сбросные содержания урана (1-2 мг/л) в маточных растворах сорбции. В средней части колонны формируется фронт рабочих концентраций. Высота этого фронта зависит от ёмкости смолы, концентрации урана в растворе, скорости движения раствора (25-35м/ч). Высота этого фронта составляет 5-6м. В нижней части колоны собирается слой насыщенной смолы (см. рис. 3.1.).

Колонна работает в полу непрерывном режиме. Периодически, при кратковременном прекращении подачи исходного раствора, в эрлифт подается воздух, и из колонны удаляется (разгружается) определённая порция насыщенной смолы. После этого открывается шибер на бункере смолы, и в колонну подаётся свежая (от регенерированная) смола, объёмом, равным объёму удалённой порции насыщенной смолы. После этого возобновляется подача исходного продуктивного раствора в колонну. При

этих операциях фронт рабочих концентраций удерживается в средней части колонны. Для десорбции урана используют десорбционные колонны, устройство одной из них представлено на рис.3.2.

Рисунок 3.1.1. Сорбционная напорная колонна (СНК):

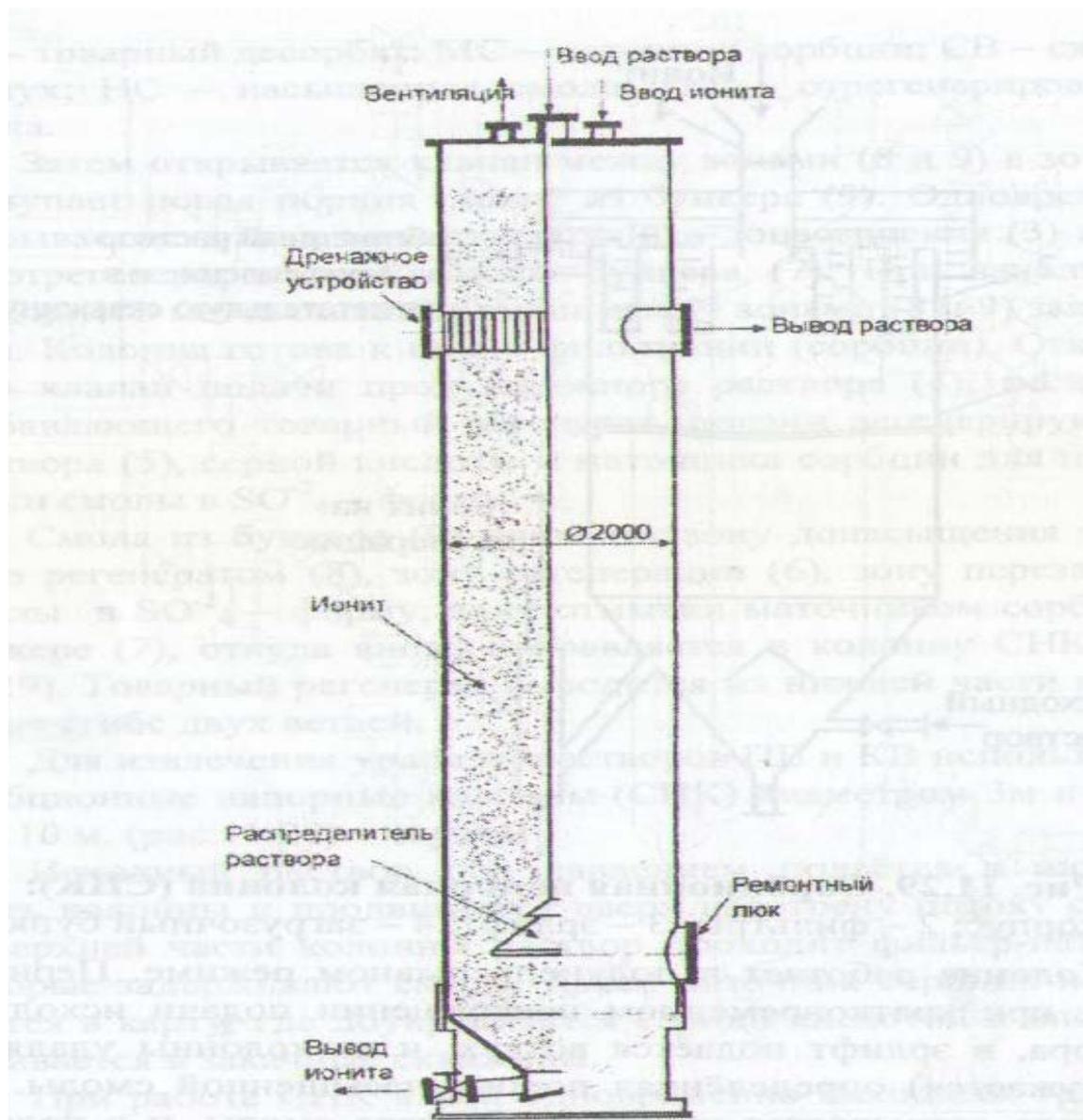


При десорбции урана в десорбционной колонны обеспечивается противоток ионита и раствора путём фильтрации десорбирующего раствора снизу вверх и перемещения ионита сверху вниз. При этом по направлению движения фаз концентрация урана в растворе увеличивается, а в смоле снижается, достигая соответственно максимального и минимального значений после завершения операции десорбции.

Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата

Рис.3.1.2. Устройство десорбционной колонны типа КИ-

20000



3.2. Обогащение урана по U (в виде UF_6)

Для обогащения урана по U используют UF_6 , т.к. при сравнительно низких температурах его можно перевести в газообразное состояние ($t_{огр.} = 56,4\text{ }^{\circ}C$). Кроме этого, фтор имеет только один изотоп с атомным весом 19 и, соответственно, не влияет на процесс разделения изотопов U^{238} и U^{235} .

Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата

Для обогащения урана применяют следующие способы:

- 1). газовая диффузия;
- 2). термодиффузия;
- 3). электромагнитная сепарация;
- 4). центрифугирование;
- 5). дробная перегонка;
- 6). электролиз.

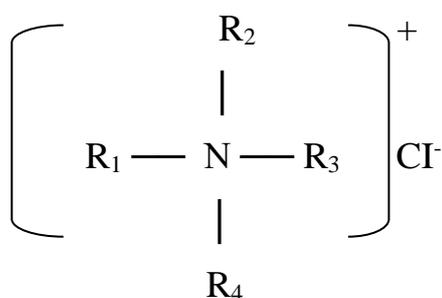
При этом, в зависимости от последующих целей, можно получить следующие степени обогащения по U^{235} : 1,8 %; 3 %; 5 %; 20 %; 90 %.

UF₆ (обогащенная фракция), поступающий с разделительных заводов, должен быть переработан до соединений урана, которые используются в качестве ядерного топлива. Обедненный по U^{235} гексафторид либо складировается, либо перерабатывается до соединений урана, которые могут быть использованы для изготовления зоны воспроизводства ядерных реакторов (получения плутония) или других нужд. Следующая ступень в технологии урана - это переработка обогащенного UF₆.

3.3. Обсуждение полученных результатов и рекомендации производству

Из анионитов, используемых технологии урана, наибольшее практическое значение имеют ионообменники с четвертичными аммониевыми основаниями в качестве функциональных ионообменивающих групп. Среди зарубежных марок смол этого типа следует отметить ионообменники Амберлит IRA-400 и Дауэкс-1. Первая смола получается путем полимеризации стирола с дивинилбензолом; ее единственной функциональной группой является четвертичное аммониевое основание R_4N^+ . Обменная ёмкость смолы по иону хлора около 3 г.экв/кг сухой смолы;

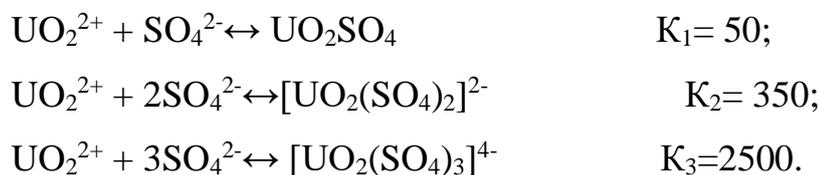
истинная плотность 1100 кг/м³. В набухшем состоянии смола содержит около 50% воды; емкость в набухшем состоянии около 1 г.экв/л. Смола устойчива к концентрированным щелочам и кислотам; термическое разрушение наблюдается лишь при температуре выше 70°.



Где: R₁ - R₄ – органические радикалы.

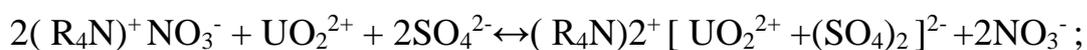
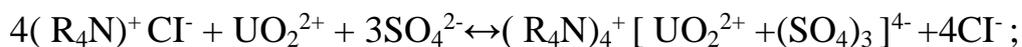
Эта смола сорбирует уран из водных растворов только в виде аниона. Наиболее подходящими в этом смысле растворами являются карбонатные и сернокислые щелока (а также соответствующие пульпы), в которых уран находится либо в виде три карбонатного комплексного аниона [UO₂(CO₃)₃]⁴⁻, либо в виде дисульфатных и три сульфатных комплексных анионов [UO₂(SO₄)₂]²⁻ и [UO₂(SO₄)₃]⁴⁻.

В сернокислых рудных щелоках концентрация урана колеблется от 0,5 до 2,0 г/л; содержание сульфат-иона 20-80 г/л, рН среды около 1. В этих растворах возможны реакции:

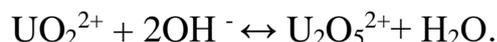


Отсюда следует, что в сернокислых рудных щелоках уран находится преимущественно в форме трисульфатного аниона, менее характерно образование дисульфатных комплексов и очень мало вероятно присутствие сульфата уранила.

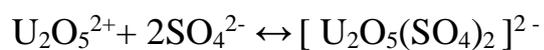
Поскольку перед сорбцией сильноосновная смола находится в хлоридной или нитратной форме, процесс сорбции урана описывается уравнениями;



При более высокой кислотности раствора содержание урана в смоле будет определяться конкурентной сорбцией трисульфата уранила и иона бисульфата, обладающего довольно высоким средством к сильноосновной смоле. Понижение кислотности раствора приводит к увеличению ёмкости смолы по урану. Это объясняется тем, что при высоких значениях рН (3-4) протекает частичный гидролиз;



сопровождающийся образованием комплексных сульфатов



С повышением концентрации урана в растворе емкость смолы возрастает, что может быть объяснено преимущественным образованием дисульфатного комплексного аниона либо проникновением в смолу недиссоциированного сульфата уранила. Влияние концентрации урана на состав сорбируемых ионов характеризуется данными табл. 3.1.

Табл. 3.1. Влияние концентрации урана на состав сорбируемых ионов

Концентрация в растворе, м/л			Концентрация в смоле, ммоль/г		
U	SO ₄ ²⁻	pH	U	SO ₄ ²⁻	SO ₄ : U
0,0066	0,0081	3,59	1,09	-	-
0,0166	0,0203	3,37	1,26	2,82	2,24
0,0331	0,0406	3,19	1,38	-	-
0,0663	0,0812	3,00	1,52	3,08	2,03
0,1330	0,1620	2,72	1,73	-	-
0,3310	0,4060	2,40	2,00	3,49	1,74
0,4420	0,6090	2,20	2,11	-	-
0,6630	0,8120	2,10	2,28	3,74	1,64

IV. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Расположение площади месторождения на удаление (10-15км) от населенных пунктов и отсутствие на территории хорошо обустроенных шоссейных дорог определили незначительные природные изменения равновесного состояния экосистемы в районе только за счет увеличения количества пылевых частиц пылевых бурь. Постоянные поверхностные водотоки отсутствуют, а загрязненность временных водотоков в период выпадения дождей и таяния снегов определялась экологической чистотой самих атмосферных осадков.

С началом проведения поисково-разведочных работ естественное равновесное состояние экосистемы могло быть несколько нарушено. К временным нарушениям природного баланса окружающей среды следует отнести:

- нарушение региональных глинистых водоупоров между горизонтами, вследствие чего может произойти смешивание вод различного состава и увеличиться минерализация вод, пригодных для питья;
- временное загрязнение водоносных горизонтов и поверхности глинистым раствором при бурении скважин;
- нарушение поверхностного почвенного слоя при обустройстве буровых площадок (копок зумпфов для хранения промывочной жидкости – бурового раствора, создание подъездных путей от магистральных грунтовых дорог к буровым площадкам).

С целью восстановления естественного первоначального состояния экосистемы в ГРЭ-18 перед началом полевых работ был разработан комплекс охранных мероприятий, направленных на предупреждение возникновения указанных нарушений, а также на ликвидацию последствий проведения буровых и сопутствующих работ, который строго выполняется и контролируется.

Охрана атмосферного воздуха от загрязнения

Для предотвращения загрязнения атмосферного воздуха на всех технических средствах, выделяющих выхлопные газы, были установлены стандартные устройства, обеспечивающие минимальный выброс отработанных газов в атмосферу. В качестве топлива использовались гостированные ГСМ (дизельное топливо, бензин, масла). Во избежании возникновения пожаров в сухое время года все транспортные средства и буровые оборудования были оснащены искрагасителями. Кроме этого, на всех буровых установках периодически, раз в 10 дней, проводился планово-предупредительный ремонт агрегатов – регулировка топливной аппаратуры, контроль работы двигателей внутреннего сгорания и т.п.

Исправность автотранспорта проверялась ежедневно при выезде из гаража экспедиции на участки работ.

Охрана подземных вод от загрязнения.

При бурении в качестве промывочной жидкости использовались вода и глинистый раствор. Для приготовления промывочной жидкости применялась техническая вода из специально оборудованной гидрогеологической скважины, расположенной на предварительно подготовленном для этих целей участке с минимальным количеством подъездных путей. Добавление каких либо химических реагентов в промывочную жидкость не производилось. Раствор приготавливался из хорошо вспухающей глины верхнего эоцена, которая добывается карьерным способом на выходах горизонта на поверхность. Для уменьшения транспортных перевозок глинистого раствора, частично ради сокращения нагрузок на дорожную сеть грунтовых дорог, нередко использовался раствор, образующийся при проходке глинистых пород в верхней части геологического раствора при бурении с промывкой водой.

После окончания предусмотренного проектом комплекса геолого-физических исследований на каждой пробуренной скважине выполнялся

ликвидационный компож для защиты водоносных горизонтов от загрязнения их от поверхности, исключения возможности соотношения разнопластовых подземных вод, и как следствие, для предотвращения возможного перелива их в пласт с меньшим напором. При этом скважина заполнялась густым глинистым раствором плотностью 1.25-1.30 г/см³, применяемым для борьбы с поглощением промывочной для борьбы с поглощением промывочной жидкости в процессе бурения.

Восстановление (рекультивация) земельных участков.

К мероприятиям по рекультивации земель относится восстановление почвенного слоя на буровых площадках, который нарушается вследствие копки зумпфов. Для уменьшения нарушаемой площади зумпфы, выкапывались экскаватором «Беларусь». После завершения бурения из зумпфов откачивался отработанный раствор, часть которого возвращалась на глинязавод для регенерации, а часть использовалась при забурке.

Основными мерами по предотвращению загрязнения поверхностного слоя почвы и пластовых вод веществами, образующимися (накапливающимися) в процессе отработки руд, осваивались обеспечения нормального ведения технологического процесса и предотвращения нарушений и аварий.

Для охраны поверхностного слоя почвы от загрязнения проводился следующий комплекс мероприятий:

- определялся естественный уровень гамма- активности полигона до начала, в процессе проведения их после завершения выщелачивания;
- откачиваемые растворы в том числе шламовые и аэрозольные фракции, при чистке скважин собирались и хоронились в специальном месте (могильник РУ-5) ;
- грунты, подвергнувшиеся радиоактивному и солевому загрязнению, снимались до глубины, незатронутой загрязнением (естественные фоновые

значения гамма – активности 15-20 мкР/ч), а образованные углубления засыпались чистым грунтом;

- Снятые загрязненные грунты вывозились на захоронения.

Охрана пластовых вод от загрязнения заключалась в локализации очагов загрязнения и наблюдения за ними непосредственно во время технологического процесса и после его завершения (наблюдения за саморекультивацией пласта). Локализация осуществлялась путем создания устойчивой депрессионной воронки (обеспечения баланса откачки – закачки технологических растворов) в зоне их циркуляции на протяжении всего процесса выщелачивания, что сводило до минимума возможность растекания растворов за контур выщелачивания.

Для своевременного предотвращения загрязнения смежных водоносных горизонтов технологических скважин на предмет контроля их целостности и опробования (прокачки) смежных с продуктивным водоносным горизонтом.

При обнаружении утечек в колонах такие скважины ремонтировались, а при невозможности ремонта ликвидировались путем тампонажа густым глинистым или цементным раствором.

Охрана недр

С целью более полного изучения недр и выявления всех возможных видов полезных ископаемых на каждой скважине проводился комплексный анализ всех вскрываемых горизонтов с применением возможно более полного набора геолого- минералогических, геохимических и геофизических методов и привлечением высокочувствительных лабораторных видов анализов. Это позволяет добиться, с одной стороны, получения достаточно надежной информации о рудоносности недр, а с другой стороны, уменьшает нагрузку на экосистему, т.к. отпадает надобность в проведении повторного бурения на уже отработанных площадях. Проведение же надежного «гидравлического тампонажа» скважин обеспечивает сохранение

естественность гидрогеологического режима во вскрываемых водоносных горизонтах и предотвращает их истощение.

Нормы радиационной безопасности

1. Установлены следующие категории облучаемых лиц:

- категория –А- персонал (лица работающие с источниками ионизирующего облучения)

-категория Б (Лица работающие на предприятии но не работающие непосредственно с источниками облучения)

-категория В- не работающее на предприятии население.

2. Установлены три группы критических органов:

-I.-группа- все тело гонады, красный костный мозг.

- II.-группа-мышцы, щитовидная железа, жировая ткань, печень, почки, селезенка, желудочно-кишечный тракт, легкие, хрусталики глаза.

- III- группа-кожный покров, костная ткань, предплечья, голени, стопы.

Табл. 4.1. Основные дозовые пределы.

Дозовые пределы суммарного внешнего и внутреннего облучения Бер/ год	Группа критических органов		
	I	II	III
Предельно-допустимая доза для категории А	5	15	30
Предельно –допустимая доза для категории Б	0,5	1,5	3,0
Для женщин репродуктивного возраста (до 40 лет) облучение в области таза не должно превышать 1,0 бэр за 2 месяца.			

4. Однократные дозовые облучения для категории А 5,0 ПДД являются опасными. Лица подвергшиеся такому облучению должны направляться на медицинское обследование.

5. Для работы с эманулирующими источниками и летучими радиоактивными веществами должна быть предусмотрена постоянно действующая система вытяжной вентиляции. Система должна иметь резервный вытяжной агрегат производительностью не менее 1/3 от полной расчетной.

6. Основные требования к системе пылегазовой очистки:

-максимально-возможное уменьшение числа единиц пылегазоочистного оборудования.

-Механизация и автоматизация процессов обслуживания, ремонта и замены пылегазоочистного оборудования.

-Автоматическая сигнализация о разряде и сопротивлении очистных аппаратов и фильтров.

-Наличие системы контроля за эффективностью работы очистных аппаратов и фильтров.

-Надежная изоляция систем пылегазовой очистки как источника излучения.

7. Все предприятия имеющие или производящие радиоактивные отходы должны применять специальную канализацию, и максимально использовать повторно воды в технологическом цикле, после очистки или извлечения ионизирующего источника

Поверхностное выщелачивание – по существу безотходное производство, осуществляемое на месте залегания рудных тел, без производства горных работ, нарушающих существующие природные условия недр и поверхности. Поэтому влияние ПВ на состояние окружающей среды минимальное. При этом следует иметь в виду, что сам естественный химический состав продуктивного водоносного горизонта в пределах рудных тел урановых месторождений непригоден для питьевого водоснабжения по содержанию

радионуклидов, селена, берилия и некоторых других токсичных микрокомпонентов.

При подземном выщелачивании загрязнение обычно сводится к воздействию на земную поверхность и водоносный горизонт вредных для здоровья человека и природы химически активных веществ, используемых и образующихся в процессе извлечения урана из недр. Хотя это загрязнение и имеет локальный характер, тем не менее оно может принести определенный вред и поэтому должно строго контролироваться как в процессе ПВ, так и после его завершения при рекультивации поверхности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе фильтрации продуктивного раствора через плотный слой ионита в сорбционной напорной колонне имеет место уменьшение концентрации урана в жидкой фазе по направлению фильтрации продуктивного раствора.

Основные принципы определения параметров сорбции для производственных сорбционных систем.

Процесс динамического насыщения сорбента состоит из 2-х стадий, отличающихся друг от друга характером распределения сорбционного компонента (СК) по длине слоя.

Первая стадия – образование в слое сорбента фронта равновесных концентраций (ФРК) сорбируемого компонента.

Вторая стадия – параллельное продвижение образовавшегося ФРК по длине слоя до появления на выходе концентрации проскока.

Необходимым условием образования 2-х стадий сорбции является наличие достаточной длины слоя сорбента, V должна состоять из слоя, где концентрации СК распределялись от $C_{исх}$ до $C_{сбр}$, названного «рабочим слоем» и дополнительного слоя, обеспечивающего какое-то время в выходящих растворах концентрацию СК менее заданной «до проскока», названного «защитным слоем».

Время действия первой стадии продолжается до тех пор, пока первый по ходу раствора слой сорбента не насытится сорбируемыми компонентами до максимальной в данных условиях величины.

В первые моменты прохождения раствора ПК полностью поглощается слоем сорбента. По высоте колонны концентрация сорбируемого вещества в растворе уменьшается от $C_{исх}$ (в самом первом слое сорбента) до проскоковой имеющей место где то в средней части колонны. С течением времени все большее количество сорбента насыщается и все дальше передвигается фронт равных концентраций сорбируется в первом по ходу раствора слое смолы.

Наконец наступает момент, когда первый элементарный слой сорбента насыщается полностью и больше не работает. При достижении такого состояния формируется фронт равных концентраций по высоте колонного аппарата и дальнейший процесс сорбции заключается лишь в передвижении фронта.

При этом образовавшийся насыщенный слой сорбента не принимает участие в сорбционном процессе.

По мере пропускания раствора все большее количество сорбента насыщается и все дальше передвигается фронт равных концентраций. Наконец, в определенный момент времени по выходе из колонны обнаруживается проскок сорбируемого вещества.

После этого колонна не может быть использована в цикле сорбции. Однако в колонне не вся смола будет равномерно насыщена. Та часть слоя, в котором концентрация сорбируемого вещества в растворе уменьшается от исходной до проскоковой, содержит сравнительно немного вовлеченного продукта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Мирзиёев Ш.М. Указ Президента Республики Узбекистан о стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан, Мировой финансово-экономический кризис и меры по его преодолению в условиях Узбекистана. 2017. Ташкент.
2. Санакулов К. С. Навоийский горно-металлургический комбинат: слагаемые успеха. Материалы VI международной научно-технической конференции «Современные техника и технологии горно-металлургической отрасли и пути их развития». Навои, НГМК, НГГИ, 14-16 мая 2013 г. С. 3-5.
3. Аренс В.С. Скважинная добыча полезных ископаемых. М. Недра, 1986,
4. Справочник по геотехнологии урана под редакцией профессора Д.И. Сквороварова. М. Энергоатомиздат, 1997, стр. 672.
5. Кедровский О.А. Комплексы подземного выщелачивания. М. Недра, 1992, стр. 264
6. Шумилин М.В., Муромцев Н.Н., Еровин К. Г. и др. Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. М. Недра, 1985, стр. 208.
7. Мамилов В.А., Петров В.А. и др. Добыча урана методом подъемного выщелачивания. М. Атом издат, 1980.
8. Сергиенко И.А., Мосев А.Ф. Бурение и оборудование геотехнологических скважин, М.:Недра, 1984.
9. Скрипко С.В. «Простая» геотехнология месторождения Лявлякан. Горный вестник Узбекистана, № 14, 2003 г, стр. 83-84.
10. Истомин В.П. Особенности минерально-сырьевой базы и перспективы добычи урана в рудоуправлении №5. горный вестник Узбекистана № 14, 2003 г, стр. 67-68.
11. Материалы отраслевой школы «Опыт отработки месторождений

- пластового типа методом подземного выщелачивания». Г. Ленинабад, 1978г., стр. 82.
12. Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. М. «Геоинформцентр». 2002 г.
 13. Кристиан М., С.Сокоп, А.Константинеску. Увеличение продуктивности и приемистости скважин. М. Недра 1985, стр. 184.
 14. Строительство и эксплуатация рудников подземного выщелачивания под редакцией проф., доктора тех наук В.Н. Мосинца. Л. Недра 1987..
 15. В.Г.Садонин, А.И.Довгуля. Экономико-математическое моделирование процесса подземного выщелачивания. Москва, 1985, стр. 84.
 16. Рекомендации по импульсным методам восстановления производительности скважин под редакцией к.т.н. К.С.Боголюбова. Москва, 1979,
 17. Глотов Г.Н., Еременко А.Н., Скрипиик А.Б. Методическое руководство для проектирования скважинных систем при разработке пластово-инфильтрационных месторождений урана способом подземного выщелачивания. - Навои: НГМК, 1998.
 18. Садонин ВТ., Веселова Л.Н. Разработка гидрогенных месторождений методом подземного выщелачивания М.ЦНИИ атоминформ, 1981.
 19. Каримов Х. К., Бобоноров Н. С, Толстое Е.А. и др. Учкудукский тип урановых месторождений Республики Узбекистан. - Ташкент: Фан, 1996.
 20. Бровии К.Г., Тем Б.В, Изучение геотехнологических условий гидрогенных месторождений применительно к разработке их способом ПВ //Разведка и охрана недр. - 1991. -№3.
 21. Жильцова И.Г., Шмарович ЕМ., Полупанова Л.И., Перлина С.А. Физико-химические условия формирования карнотитовой минерализации // Литология и полезные ископаемые. - [1982. - № 6.]
 22. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник

- термодинамических величин (для геологов). - М: Атомиздат, 1971.
23. Рыжков О.А. Структурно-тектоническое районирование мезокайнозойских отложений Узбекистана. - Ташкент: АН УзССР, 1962.
24. Шмарович ЕМ., Полупанова Л.И., Натальченко Б.И., Бровии К. Г. Поведение скандия в пластово-инфильтрационном рудообразующем процессе // Литология и полезные ископаемые. -1989. -№ 1
25. Шмарович ЕМ., Максимова М.Ф., Бровии К.Г., Полупанова Л.И. Поведение иттрия и лантаноидов в пластово-инфильтрационном рудообразующем процессе // Литология и полезные ископаемые. - 1989. -№6.
26. Бровии К.Г. Новые результаты в геотехнологических исследованиях на месторождениях гидрогенного типа, разведываемых ПГО "Краснохолмскгеология" Материалы по геологии урановых месторождений.- Вып. 78, 1983.
27. Бровки К.Г., Вепатовский И.В., Грабовников В.А. Изучение геотехнологических условий глубокого залегающего (около 700 м) оруденения на месторождении Ю.Карамурун // Материалы по геологии урановых мсторождений. - Вып. 83, 1984.
28. Грабовников В.А. Геотехнологические исследования при разведке металлов. - М.: Недра,1983.
29. Н.Г. Галкин., Б.Н.Судариков.,У.Д. Верятин., Ю.Д.Шишков.,А.А.Майоров
Технология урана .

**ПРИЛОЖЕНИЯ К
ВЫПУСКНОЙ
КВАЛИФИКАЦИОННОЙ
РАБОТЕ:**

					5320400-Химическая технология	Лист
Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата	Научная квалификационная выпускная работа	

Квалификационная выпускная работа на тему:

“ПОВЫШЕНИЕ СОРБЦИОННОЙ ПРОДУКТИВНОСТИ ЗА СЧЁТ РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ДИАМЕТРА СОРБЦИОННОЙ КОЛОННЫ”

- **Разработал студент**
- **12-15 ХТ Тошпулатов.М**

1

- **Актуальность темы.** Повышение сорбционной продуктивности за счёт рационализации сорбционной колонны.
- Подземное выщелачивание урана осуществляется путем избирательного перевода металла в раствор на месте залегания руд при помощи закачиваемых в недра химических растворов.

2

ММ

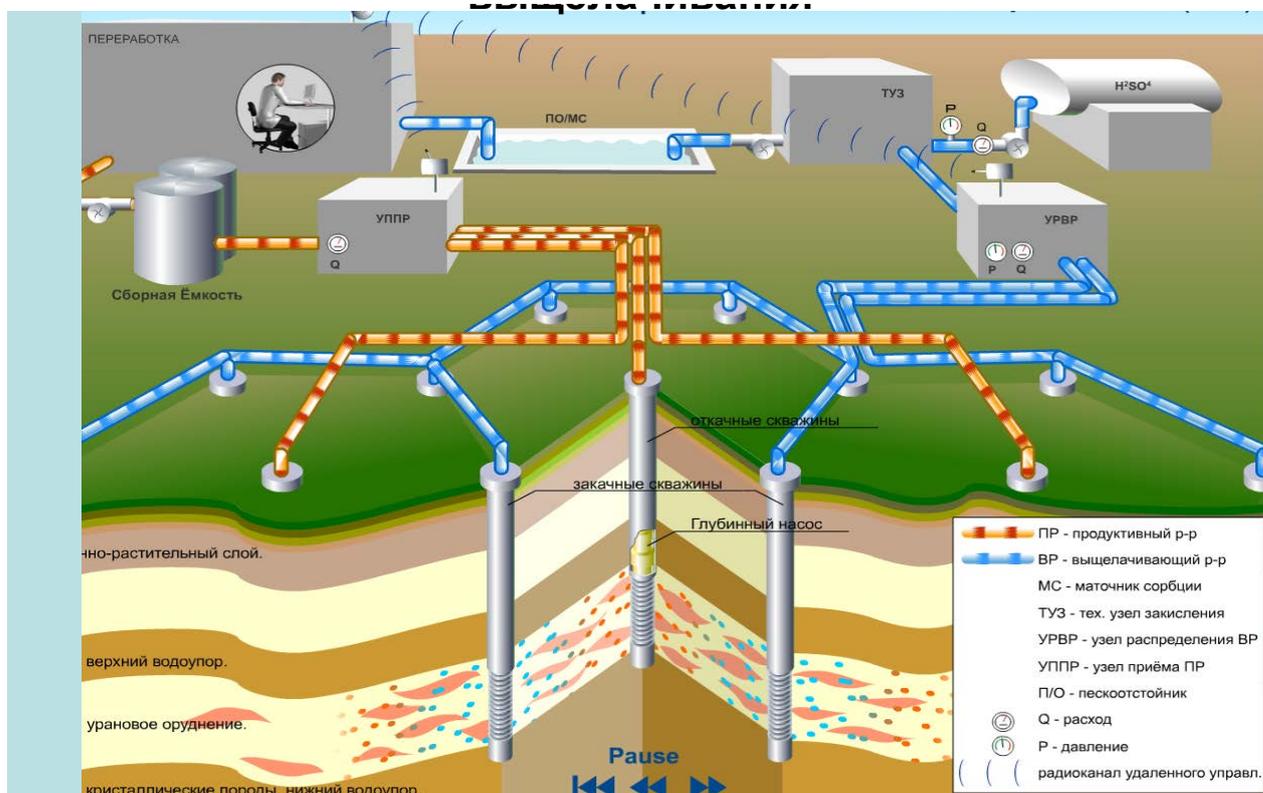
					5320400-Химическая технология	Лист
Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата	Научная квалификационная выпускная работа	

- **Целью исследования является:** Повышение коэффициента насыщения в сорбционном переделе за счет рационализации структуры сорбционной колонны.

Задачами исследования является:

- Повышение продуктивности ионообменной смолы путем увеличения диаметра сорбционной колонны.
- Повышение продуктивности ионообменной смолы путем выдерживания pH среды в продуктивном растворе.
- Повышение продуктивности ионообменной смолы путем увеличения количества дренажных кассет.

3



Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата

5320400-Химическая технология
 Научная квалификационная выпускная работа

Лист

Гетехнологический способ подземного выщелачивания

- Для эксплуатации гидрогенных месторождений обычно применяются скваженные системы. При этом раствор реагента подается в рудовмещающий пласт через закачные скважины, фильтруется по пласту и откачивается на поверхность через откачные скважины. Продуктивные растворы на поверхности подвергаются технологическому переделу, до укрепляются реагентом и снова направляются в пласт.

5

Подземное выщелачивания

- После достижения заданной степени извлечения металла в работу включаются новые блоки рудного пласта, оборудованные системами закачных и откачных скважин.

6

Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата

Схема СНК -3000

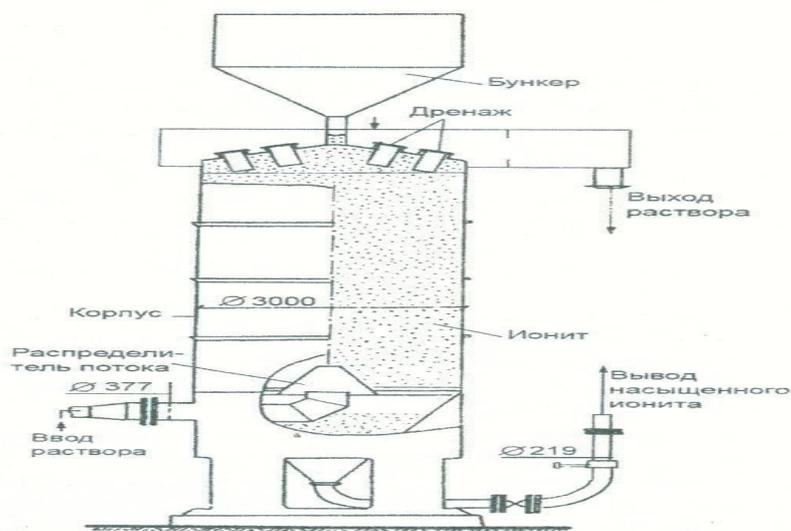


Рис. 7. Устройство напорной сорбционной колонны

Технологический процесс переработки ЛСУ

- Сорбционные колонны заполнены ионообменной смолой марки АМП, Бауер, Ленкес, Пуrolайт и т.д. В процессе сорбции выдерживается Рн раствора(1,8-2,2), скорость раствора, температура раствора(+25), объем подаваемого раствора(не более 300м³ для СНК-3000мм), количество дренажных кассет на сорбционной колонне(22шт) которые оснащены нержавеющей сеткой 0,4мм для недопущения утечки ионообменной смолы, для проведения ионообмена в процессе сорбции. После процесса сорбции некондиционные растворы поступают в некондиционный отстойник где доукрепляются серной кислотой с помощью инжекторов. Инжектор - это дополнительный насос который выдает высокое давление в трубопроводе и инжектор создает притяжение кислоты подает кислоту в трубопровод рабочих растворов по программе работ и консольными химическими насосами растворы отправляются в технологические блока на закачные скважины.

Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата

Заключение

- В целях увеличения коэффициента насыщения в сорбционном переделе было внедрено ряд изменения в конструкцию сорбционной колонны СНК-3000 . Изменение заключается в том что внутри СНК-3000 установлено распределитель потока конденционных растворов по поверхности СНК. Данное установка называется зонтом и не дает конденционным раствором создать односторонний поток в СНК который отрицательно влияет на коэффициент насыщения или равномерного насыщения смолы по СНК. 12

- Изменение структуры дно дренажных кассет позволяет увеличить работоспособность дренажных кассет а в целом сорбционной напорной колонны, а также полностью задействовать поток конденционных растворов с ионообменной смолой. Что не позволяет проскоку метала через СНК и увеличивает коэффициент насыщения ионообменной смолы. 13

Изм.	Лист.	№докум.	Подпись.	Дата