

НАЦИОНАЛЬНАЯ АТОМНАЯ КОМПАНИЯ «КАЗАТОМПРОМ»

**КОМПЛЕКС НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИХ
РАЗРАБОТОК ДЛЯ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»**

**КОМПЛЕКС НИР и ПКР, ПРОВЕДЕННЫХ В ТОО «ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ
ТЕХНОЛОГИЙ» ДЛЯ ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ (ГРП)
АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»**

- 1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПСВ) НА ГРП
АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»**
- 2. ПЕРОКСИДНОЕ ОСАЖДЕНИЕ – ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ
МАСШТАБЕ НА ТОО «КАРАТАУ»**
- 3. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ОБВЯЗКИ
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РУДНИКА «СЕМИЗБАЙ»**
- 4. АСУТП ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АО НАК «КАЗАТОМПРОМ»**
- 5. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ВСКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СЕМИЗБАЙ»
С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРОГРАММНОМ
ПРОДУКТЕ GMS**

1. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРОКСИДА ВОДОРОДА ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ (ПСВ) НА ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»



Роль окислителей при выщелачивании

Наиболее эффективным окислителем урана в интервале $pH=1,5-2,5$ является Fe^{3+} . Введение в состав рабочего раствора **1 г/л** железа (III) позволяет:

- повысить степень извлечения урана;
- снизить расход кислоты на кг урана;
- значительно сократить срок отработки.

Необходимым условием для эффективного окисления урана является соблюдение в продуктивных растворах (ПР) соотношения $Fe^{3+}/Fe^{2+} \geq 1$.

Содержание общего железа в выщелачивающих растворах (ВР) урановых месторождений достаточно (**0,9-1,1 г/л**), но основная его часть (**0,7-1,0 г/л**) находится в двухвалентной форме, поэтому для интенсификации процесса ПСВ необходимо проводить регенерацию железа (II) в железо (III) с помощью того или иного окислителя.

Институтом высоких технологий была предложена технология регенерации железа (II) в железо (III) **пероксидом водорода**, который является совершенно безопасным с точки зрения экологии.

Условия для однозначной оценки действия окислителя

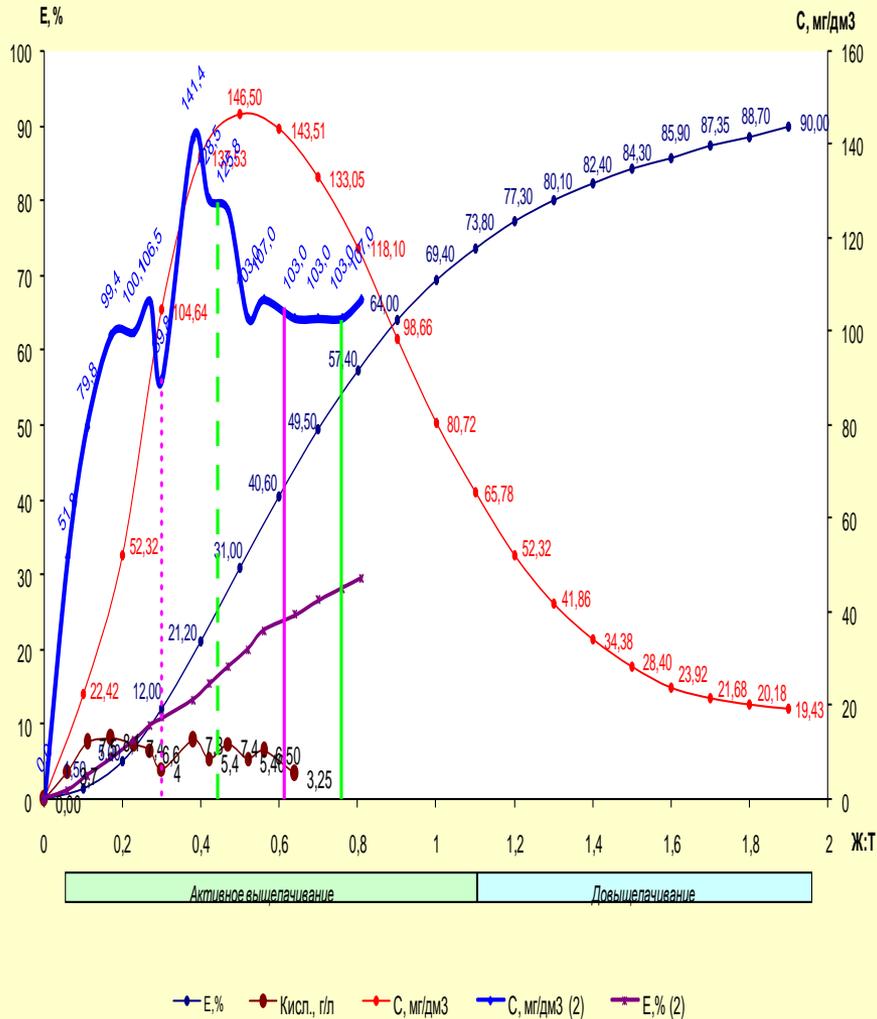
- Объект (блок) должен быть расположен в зоне восстановления.
- Окислитель должен подаваться после достижения естественного пика урана в растворе.
- Время эксперимента должно быть достаточным для формирования окислительной обстановки. Ориентировочно можно оценить это время следующим образом: ожидаемый момент начала выхода растворов с окислителем из откачных скважин + (два – три) месяца на создание окислительной обстановки + не менее пяти месяцев бесперебойной подачи окислителя в пласт (непосредственно стадия работы окислителя).

РЕЗУЛЬТАТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ И ПОЛУПРОМЫШЛЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

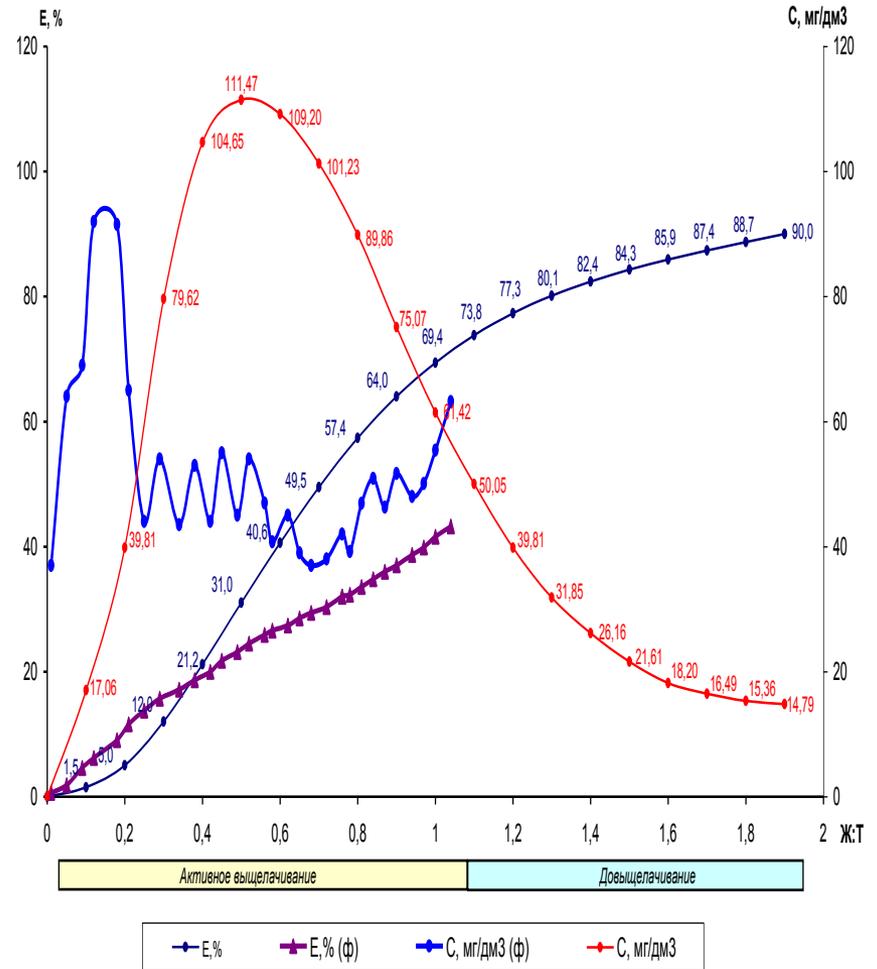


Этапы	Результат	Критерии оценки
<p>Исследования влияния различных окислителей на скорость выщелачивания урана на керновом материале.</p>	<p>С учетом предыдущих опытов и системного анализа были выбраны объекты для проведения испытаний: 1. блок 14-3 месторождения Восточный Мынкудук; 2. блок № 5 месторождения Буденовское - 2</p>	<ul style="list-style-type: none">❖ Скорость падения содержания урана в ПР должна снизиться по сравнению с прогнозным графиком зависимости концентрации урана в ПР от Ж:Т.❖ Повышение месячного прироста извлечения урана по сравнению со среднестатистическим для данных значений Ж:Т.
<p>Полупромышленные испытания использования пероксида водорода при ПСВ урана на одной ячейке блока 14-2 месторождения Восточный Мынкудук.</p>	<p>Экспериментально установлено, что на опытной ячейке извлечение урана больше по сравнению с контрольной в 2 раза</p>	<ul style="list-style-type: none">❖ Содержание урана в ПР на стадии работы окислителя должно стабилизироваться. Прогнозируется прекращение падения или появление второго («пероксидного») пика содержания урана в растворе (прирост содержания на 20-30%).❖ В конечном итоге срок отработки опытного блока сократится на срок, пропорциональный продолжительности подачи окислителя, и, как следствие, снизится удельный расход серной кислоты на выщелачивание.
<p>Полупромышленные испытания использования пероксида водорода при ПСВ урана на предприятиях ТОО «ГРК», АО «СП «Заречное», АО «КенДала KZ».</p>	<p>Установлено, что относительно адекватную оценку действия окислителя можно рассматривать на блоке 14-1 месторождения Восточный Мынкудук.</p>	
<p>С учетом предыдущих опытов и системного анализа были выбраны объекты для проведения испытаний: блок 14-3 месторождения Восточный Мынкудук; блок № 5 месторождения Буденовское - 2</p>	<ol style="list-style-type: none">1. Определены условия для однозначной оценки действия окислителя.2. Разработаны критерии оценки действия окислителя	

Месторождение Мынкудук, технологический блок 14-1.
Прогнозные и фактические графики содержания и извлечения Me в растворах.



Месторождение Мынкудук, технологический блок 14-3.
Прогнозные графики качества (содержания) и извлечения Me в растворах.



Рекомендации по использованию окислителей при ПСВ урана

- Применение окислителей эффективно на полностью закисленных блоках.
- Окислитель работает на всех стадиях выщелачивания, но с разной степенью интенсивности.
- Выщелачивание урана с использованием окислителя можно разделить на 3 стадии:
 - 1-ая стадия - ОВП на уровне **250-300 мВ**, сложившимся до подхода растворов с искусственным окислителем;
 - 2-ая стадия - рост ОВП в ПР на **50-100 мВ**, повышение концентрации Fe^{3+} в ПР, формирование окислительной геохимической обстановки;
 - 3-ая стадия (непосредственно стадия работы окислителя) - ОВП в ПР стабилизируется на уровне **420-450 мВ**. Соотношение концентраций $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ в ПР $\approx 1,0$.
- Необходимым условием работы окислителя является создание в ВР ОВП на уровне **550-600 мВ**. Кроме того, окислитель должен подаваться в достаточном количестве, для чего необходимо наличие в ВР $\text{Fe}_{\text{общ}} > 500$ мг/л, соответственно, в ПР – $\text{Fe}^{3+} > 250$ мг/л, $\text{pH}=1,8-2,1$.

2. ПЕРОКСИДНОЕ ОСАЖДЕНИЕ – ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОМ МАСШТАБЕ НА ТОО «КАРАТАУ»

АФФИНАЖНЫЙ ЦЕХ ПОЛУЧЕНИЯ ГОТОВОГО ПРОДУКТА – ЗАКИСИ-ОКИСИ УРАНА



ПРОЦЕСС ОСАЖДЕНИЯ ПЕРОКСИДА УРАНА

КАСКАД ОСАЖДЕНИЯ ПЕРОКСИДА УРАНА



- **селективное высаживание урана при низких рН=3,0 – 3,5;**
- **улучшенные технологические свойства осадка**
коэффициент фильтрации различных осадков:
 - полиуранат – $0,15 \cdot 10^{-8}$ м/с;
 - АУТК - $0,27 \cdot 10^{-8}$ м/с;
 - пероксид урана – $3,7 \cdot 10^{-8}$ м/с;
- **экологически безопасное производство (перекись водорода нестойкое соединение, продукты разложения которого являются экологически безопасными соединениями).**

ПЕРОКСИД УРАНА

ЗАКИСЬ-ОКИСЬ УРАНА



Готовая продукция Закись-окись урана с рудника «Буденовское-2» отправляется на экспорт конечному потребителю.

3. ВЫБОР МАТЕРИАЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ ДЛЯ ОБВЯЗКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РУДНИКА «СЕМИЗБАЙ»

- Основным материалом, используемым для технологических трубопроводов и оборудования рудников подземного выщелачивания является нержавеющая сталь. Опыт строительства новых рудников показывает, что использование нержавеющей стали приводит к огромным денежным затратам, снижается скорость монтажных работ. Кроме того, ограничивается возможность модернизации технологии извлечения урана. Применение многих химических реагентов становится невозможным из-за возникающих проблем коррозии оборудования и трубопроводов. В то же время современный рынок предлагает широкий выбор неметаллических труб, арматуры и материалов для изготовления оборудования.
- При строительстве рудника «Семизбай» была изучена возможность замены нержавеющей стали на другой материал для технологических трубопроводов и оборудования, что было вызвано крайне низким качеством труб, оборудования, а также сварочных работ. Особо следует отметить низкое качество нержавеющей труб диаметром 300 мм и выше, которые изготавливают из листа по достаточно примитивной технологии, гидравлических испытаний на заводе не проводится, сварные швы не проходят дефектоскопию, при этом их монтаж может составлять более 70% стоимости всей трубной обвязки рудника.

УСЛОВИЯ ОБВЯЗКИ И ВЫБОР ТРУБ



Обязка скважин и эксплуатационных блоков	Трубы из нержавеющей стали	Параметры оценки неметаллических труб	Рассмотренные виды труб
<ul style="list-style-type: none"> ▪ монтаж закачных скважин с технологическими узлами распределения выщелачивающего раствора (ТУРВР); ▪ монтаж откачных скважин с технологическим узлом приема продуктивных растворов (ТУППР); ▪ монтаж оголовков технологических (откачных и закачных) скважин и подключение их к соответствующим растворопроводам; ▪ соединение ТУРВРов с ТУЗами; ▪ соединение ТУППРов с общими отводящими трубопроводами продуктивных растворов (ПР); ▪ монтаж расходомеров на технологических скважинах и манометров на ответвления магистральных и разводящих растворопроводов. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ чрезвычайно высокая стоимость; ▪ дефицитность и высокая стоимость фасонных деталей (отводы, фланцы, редукции); ▪ низкая устойчивость к коррозии (особенно к питтинговой); ▪ низкое качество труб, особенно труб диаметром более 300 мм; ▪ сложность сварочных работ и высокие требования к квалификации сварщиков; ▪ низкая эстетика. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ химическая стойкость; ▪ жесткость (на изгиб) трубы, характеризующаяся расстоянием между опорами; ▪ коэффициент температурного расширения; ▪ устойчивость к ультрафиолету и низким температурам; ▪ удельный вес труб; ▪ стоимость погонного метра; ▪ наличие производителей фасонных изделий; ▪ сложность монтажных работ. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ полиэтиленовые; ▪ полипропиленовые; ▪ PVC-U (Поливинилхлорид непластифицированный); ▪ PVC-C (поливинилхлоридные с дополнительным хлорированием); ▪ полипропиленовые металлопластиковые (армированные алюминиевой лентой); ▪ полипропиленовые, армированные стекловолокном; ▪ стеклопластиковые, (на полиэфирной и эпоксидной основе); ▪ полиэтиленовые, армированные стальной проволокой; ▪ бислойные комбинированные (стеклопластик с ПВХ или ПНД).

ВЫБРАННЫЕ ТРУБЫ

ПОЛИЭТИЛЕНОВЫЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ (ПНД)

Магистральные трубопроводы откачных растворов, учитывая ровный рельеф местности, принимаются напорными, давление растворов в них создается погружными насосами, установленными в откачных скважинах и промежуточной насосной станцией. Подача выщелачивающих растворов в скважины осуществляется нагнетанием закачными насосами центральной насосной станции (ЦНС) под давлением 6 – 8 атм.

В качестве магистральных труб для участка № 2 были приняты:

для ПР – ПНД диаметром 450 мм;

для ВР – ПНД диаметром 450 мм.

В качестве магистральных труб для участка № 1 были приняты:

для ПР – ПНД диаметром 225 мм;

для ВР – ПНД диаметром 225 мм.

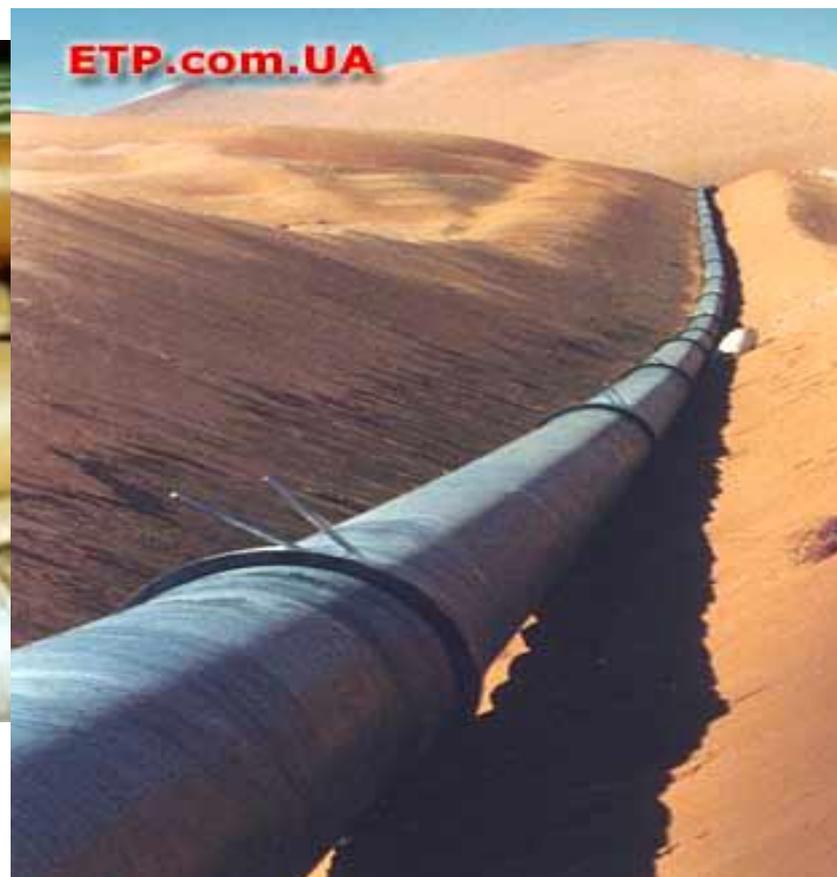
ПРЕИМУЩЕСТВА

При проектировании трубопроводов диаметром меньше 500 мм более предпочтительны полиэтиленовые трубы, т.к. при данных условиях трубы из стеклопластика имеют ряд недостатков, наиболее существенными среди которых являются:

- гигроскопичность и влагопоглощение, что существенно снижает их работоспособность;
- недостаточная стойкость стеклопластика к истиранию;
- срок службы стеклопластиковых труб определен расчетным методом путем 50 лет, а по заключению Института металлополимерных систем НАН РБ 15-20 лет, тогда как у полиэтилена - 50 лет..

Опыт эксплуатации труб из полиэтилена низкого давления (ПНД) подтверждает их надёжность. Полиэтиленовые трубы более стабильны по сравнению со стеклопластиковыми при динамической и циклической нагрузке. Их применение сокращает расходы на прокладку и монтаж, уменьшает отрицательное воздействие на окружающую среду.

ТРУБОПРОВОДЫ ИЗ ПНД



Сравнительные величины свойств материала труб



Свойства материала труб	Полиэфирное связующее (стеклопластик)	ПВХ	Полиэтилен низкого давления (ПЭ)
Температура эксплуатации, ° С	до +70	+30	до +60
Морозостойкость	применение при отрицательных температурах нежелательно, значительно сокращается срок эксплуатации	-10	-40 по некоторым литературным данным до -70. Допускается многократное замораживание, размораживание без изменения свойств
Номинальное рабочее давление, атм.	4-10*	до 10, в отдельных случаях до 16	до 10, в отдельных случаях до 16
Влагопоглощение, %	0,2-0,8	0,1	0,01
Относительное удлинение, %	3,7-6	50-50	300 - 800
Долговечность, лет	15-20	до 50	Не менее 50
Способ соединения	Не сваривается, соединение фланцевое с резиновыми прокладками	Плохая вариваемость, используется клей или резиновые прокладки**	все виды сварки
Область применения	В системах канализации, вентиляции, при давлении до 25 кг/см и высоких температурах в химических производствах	Отличаются от труб из ПЭ прочностью, ставят при бурении на воду, в системах водоснабжения и канализации - только как альтернатива ПЭ	Трубопроводы для хозяйственно-питьевого водоснабжения, технологические трубопроводы ТЭЦ, ГРЭС, системы охлаждения бетона, плотин, бальнеотехника (добыча и транспортировка минеральной воды), для подпочвенного обогрева теплиц, для газификации, трубопроводы для химических веществ, к которым стоек полиэтилен, в дренажных системах

Примечания:

* данные ЗАО "Композитнефть"; ** долговечность которых значительно ниже ПВХ

4. АСУТП ГОРНОРУДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ АО НАК «КАЗАТОМПРОМ»

ЛАБОРАТОРИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ
ТОО НПО «УМЗ-ИНЖИНИРИНГ»

Дочернее предприятие ТОО «Институт высоких технологий»

В состав лаборатории входят три группы:

- Группа электроники и микропроцессорных систем управления;
- Группа физических методов контроля;
- Конструкторское бюро.

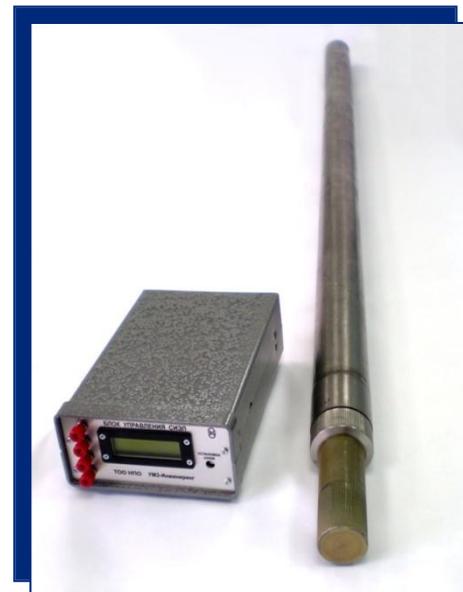
За годы существования лаборатории разработаны и внедрены ряд оборудования и средств измерения:

- роторная линия по производству топливных таблеток;
- линия контроля диаметра топливных таблеток французского дизайна;
- проточный концентромер «Карат-2»;
- СВЧ установка для сушки ФТК на танталовом производстве.



Скважинный инклинометр «СИЭЛ-58»

Скважинный инклинометр «СИЭЛ-58» предназначен для непрерывного измерения азимутального и зенитного углов необсаженных скважин глубиной до 1000 м в условиях немагнитной окружающей среды с выводом результатов на экран наземного блока, передачи этих значений в частотном коде на регистраторы «Вулкан», БСК-05 и пр.



Основные технические характеристики

Диапазон измерения зенитного угла, градусы	0 - 20
Погрешность измерения зенитного угла, минут	±20,
Диапазон измерения азимутального угла, градусы	0 - 360
Погрешность измерения азимута в диапазоне зенитных углов от 0,3 до 20, градус	±4
Максимальная скорость передвижения инклинометра в скважине при указанных погрешностях, м/час	1000
Максимальное давление, МПа	12,5
Максимальная температура среды, °С	60
Габариты скважинного прибора, (диаметр, длина), мм	58x1500
Масса, кг	12

Проточный концентромер «Карат-2»

Концентромер "Карат-2" предназначен для непрерывного измерения концентрации металлов (таких как: уран, тантал, ниобий, молибден, олово, вольфрам, свинец) в технологических растворах на химических и горно-обогатительных предприятиях.

Работа концентромера основана на гамма-абсорбционном методе измерения концентрации по ослаблению контролируемым раствором пучка гамма-квантов.

Концентромер состоит из датчика концентрации и блока электронного.



Датчик концентрации устанавливается в разрыв трубопровода.

Блок электронный изготовлен отдельным устройством и может устанавливаться как на датчике концентрации, так и отдельно.

Результаты измерения выдаются на жидкокристаллический буквенно-цифровой дисплей и на токовый выход.

Диапазон измерения концентрации. г/л

0 ÷ 250

КАВЕРНОМЕР СКВАЖИННЫЙ «СКУ-58»

Предназначен для проведения геофизических исследований скважин. Обеспечивает измерение диаметра скважины.

Применяется: для исследования необсаженных и обсаженных скважин, совместно с регистраторами «Вулкан», «Гектор», «БСК».

Отличается: малыми габаритами, высокой производительностью и надежностью, удобен в эксплуатации.



Основные технические характеристики

Диапазон измерения диаметров скважин, мм	60-400
Предел основной абсолютной погрешности измерения диаметров скважин, мм	±3
Напряжение питания (работа/раскрытие), В	24
Ток питания (работа/раскрытие), мА	80/300
Максимальное гидростатическое давление, МПа	12,5
Максимальная рабочая температура в зоне исследований, С	120
Габаритные размеры скважинного прибора, мм:	
диаметр	58
длина	1000
Вес скважинного прибора, кг	9

Расходомер электромагнитный «КУБ-5»

Предназначен для преобразования в унифицированный выходной сигнал постоянного тока от 4 до 20мА (0 плюс 20мА) объемного расхода невзрывоопасных жидких сред с удельной электрической проводимостью от 10^{-3} до 10 См/м.

Выходной сигнал гальванически не связан с измерительной схемой.

Расходомер электромагнитный «КУБ-5» состоит из датчика расхода электромагнитного и блока электронного выполненных совместно.



Технические характеристики

Диаметр условного прохода	10 ÷ 50
Выходной электрический сигнал постоянного тока, мА	4 ÷ 20 (0 ÷ 20)
Режим индикации	цифровой, разрядов 3,5
Пределы допустимой приведённой основной погрешности от верхнего предела преобразования,	% ±1
Температура измеряемой среды, 0С	0 ÷ 50

Сигнализатор уровня «СУ100»

Предназначен для контроля (сигнализации) предельного положения уровня жидких или сыпучих сред в одной точке.

Сигнализатор уровня имеет исполнение оболочки, обеспечивающее степень защиты от проникновения внешних твердых предметов и воды IP54.

Конструкция чувствительного элемента определяется потребностью Заказчика.



Технические характеристики

Порог срабатывания, не более, мм	10
Коммутационная функция	релейный выход
Напряжение питания, В	24
Температура окружающей среды, 0С	от -30 до +50
Степень защиты, обеспечиваемая оболочкой (ГОСТ 14254-96)	IP54

Реле протока и температуры «РПТ-2»

Предназначено для сигнализации об уменьшении (или увеличении) расхода, а также контроля температуры жидкостей.

Контролируемая рабочая среда – жидкость, неагрессивная по отношению к нержавеющей стали 2Х18Н10Т.

Изготавливается несколько исполнений в зависимости от диаметра условного прохода.

Технические характеристики

Диаметр условного прохода, Ду, мм	15-40
Верхний предел работы реле по воде, л/ч	600-6300
Нижний предел работы реле по воде, л/ч	50-900
Диапазон контроля температуры рабочей среды, оС	+20...+90
Абсолютная погрешность срабатывания, оС	±5
Габаритные размеры, мм, не более:	
а) блока датчика (Dу15)	110x110x250
блока датчика (Dу40)	140x187x320
б) электронного блока	160x360x150
Масса, кг, не более:	
Блока датчика	1,0-4,0
Электронного блока	7,0
Напряжение питания:	сеть переменного тока напряжением, В 220
Потребляемая мощность, Вт	50
Количество датчиков	1 - 4

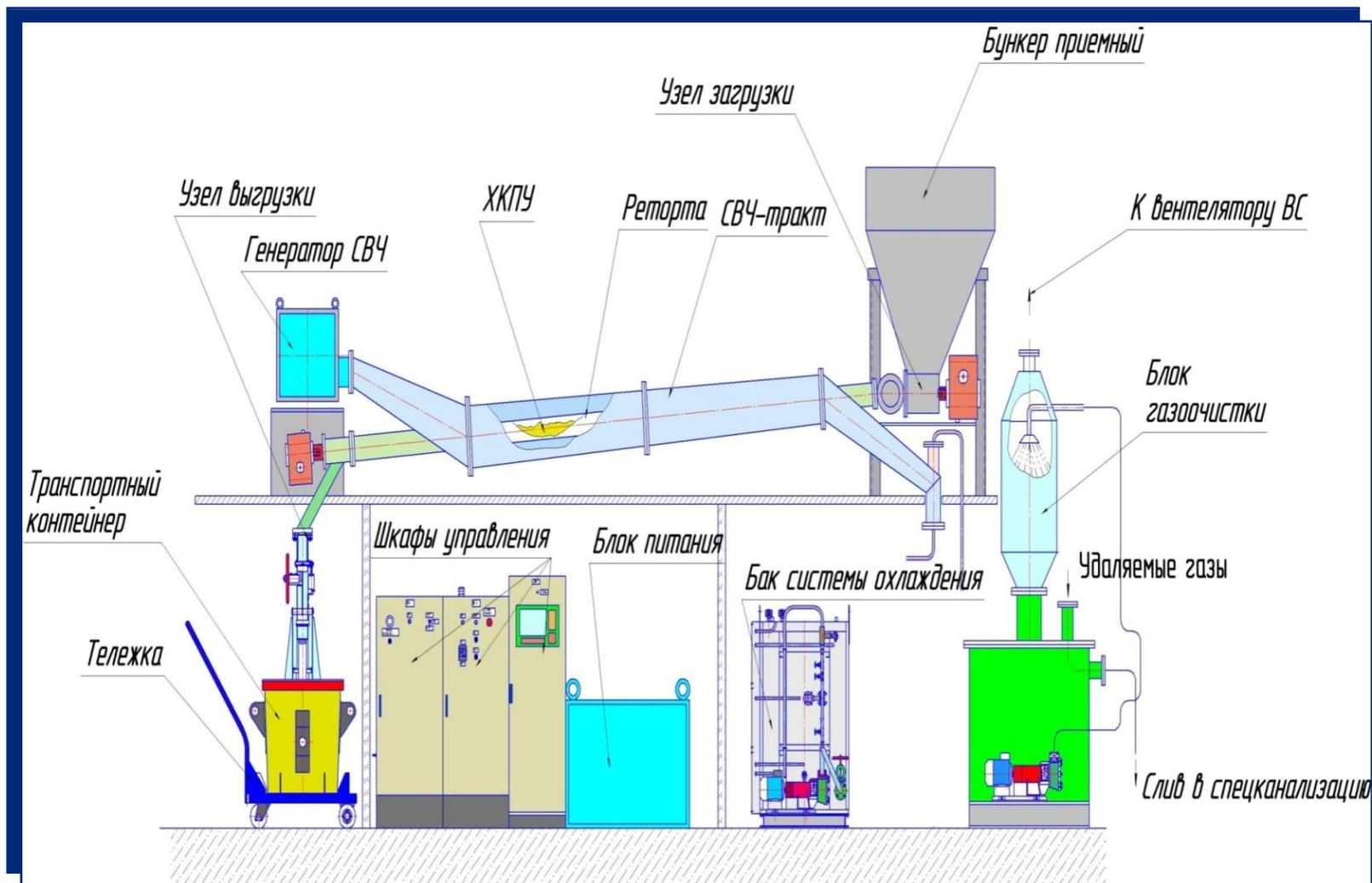


СВЧ-установка для сушки ХКПУ

СВЧ-установка сушки ХКПУ до требуемой влажности не более 5% представляет собой комплекс оборудования, сопряжённый по производительности и включает:

- бункер- питатель для приёма жёлтого кека из фильтр-прессов с их производительностью и подачи в питатель СВЧ установки с производительностью до 220кг/ч (по влажному);
- питатель двухшнековый самоочищающийся для загрузки исходного ХКПУ с влажностью 30% в СВЧ установку с производительностью 220кг/ч по влажному;
- СВЧ установка непрерывного действия с мощностью излучения до 50квт и производительностью до 180 кг/ч по сухому;
- узел выгрузки сухого ХКПУ в сменные технологические контейнеры с устройством грануляции (измельчения комков (необходимость этого устройства уточняется при разработке)) и взвешивания;
- узел заполнения транспортных контейнеров ТУК-118 с устройством встряхивания для повышения насыпной плотности высушенного продукта;
- система обратного водоснабжения СВЧ установки;
- система пыле-газоочистки выбрасываемого в атмосферу воздуха до санитарных норм;
- автоматизированная система управления работой всех составных частей комплекса, обеспечения требуемого качества по влажности, измерения, контроля и поддержания необходимых характеристик и защиты при достижении предельных значений, а так же неправильных действий обслуживающего персонала.

Общий вид установки для сушки ХКПУ



5. ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОЙ СХЕМЫ ВСКРЫТИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СЕМИЗБАЙ» С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ПРОГРАММНОМ ПРОДУКТЕ GMS



Для оптимизации отработки месторождения проводится моделирование процессов ПСВ двумя методами:

- создание математической модели с последующей адаптацией к условиям месторождения;
- применение готовых программных обеспечений для моделирования и прогнозирования процессов добычи полезных компонентов скважинными методами.

Институт высоких технологий выполнил работы по геотехнологическому моделированию процесса ПСВ урана на месторождении «Семизбай» при помощи программы «Groundwater modeling system». **Groundwater Modeling System** версии 3.1. является первым успешным коммерческим пакетом, нашедшим широкое применение во всем мире, начиная с 1999 года. Пакет GMS 3.1. основывается на реализации дифференциальных уравнений в частных производных для давления, массопереноса и растворения полезного компонента. Поле распределения скоростей в пласте описывается широко известным в теории фильтрации уравнением Дарси. Уравнения для давления и массопереноса реализуются методом переменных направлений, имеющим вполне достаточную точность $O(\Delta t^2, \Delta x^2, \Delta y^2)$ для практических целей.

Изученность месторождения «Семизбай»: урановое месторождение открыто в 1973 году в результате геологических работ ЦГХК и ВНИИХТа и оценено как крупный промышленный объект. В процессе детальной разведки выполнена оценка отработки месторождения – способом ПСВ.

Геологическое строение: урановое оруденение месторождения находится на двух водоносных горизонтах: верхнесемизбайский горизонт (ВРГ) и нижнесемизбайский горизонт (НРГ).

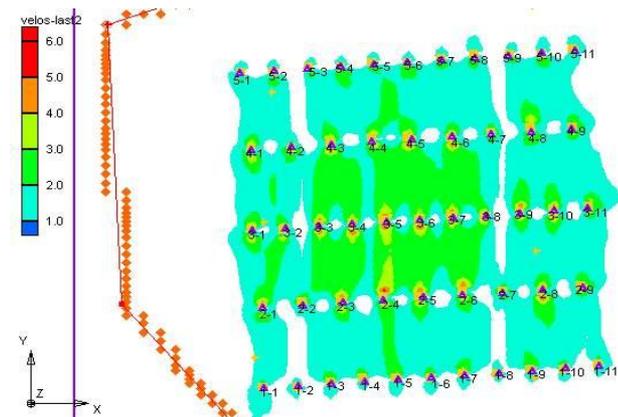
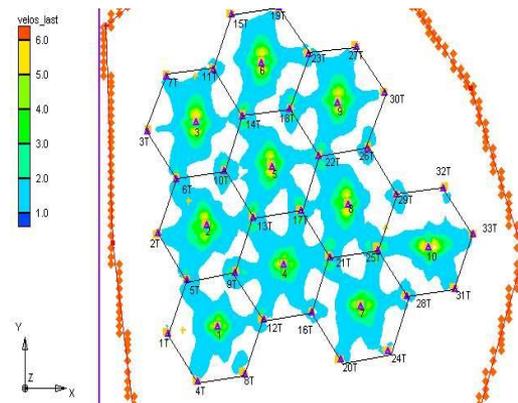
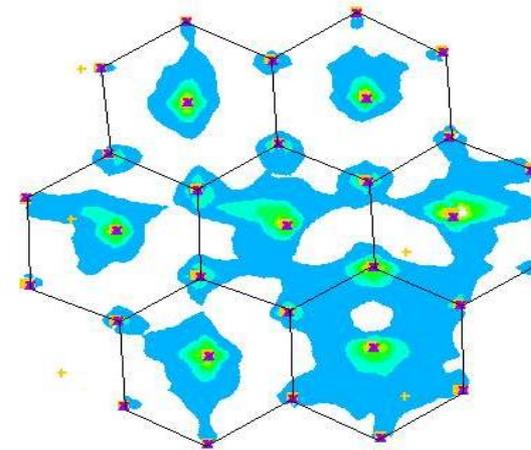
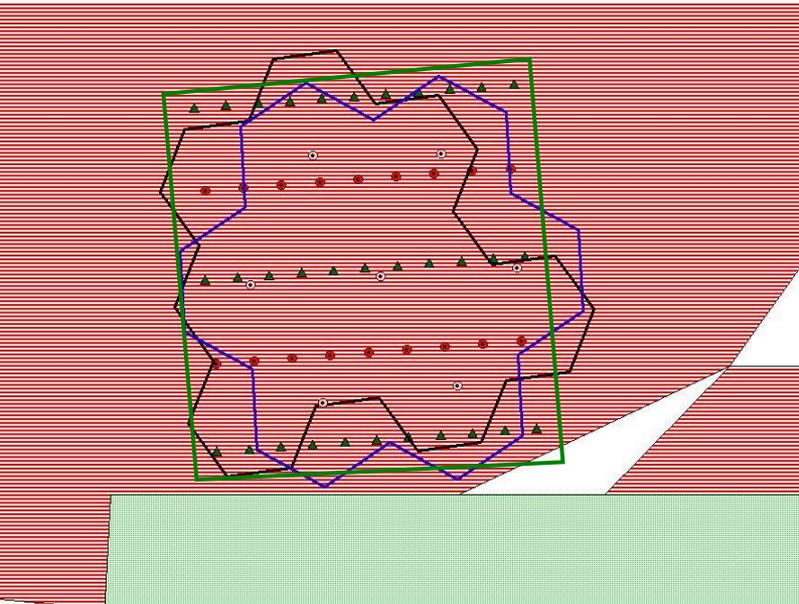
Руды месторождения не отличаются от вмещающих пород и представлены в основном рыхлым и слабо сцементированным материалом, карбонатные руды по месторождению составляют около 20%.

Начальные условия моделирования

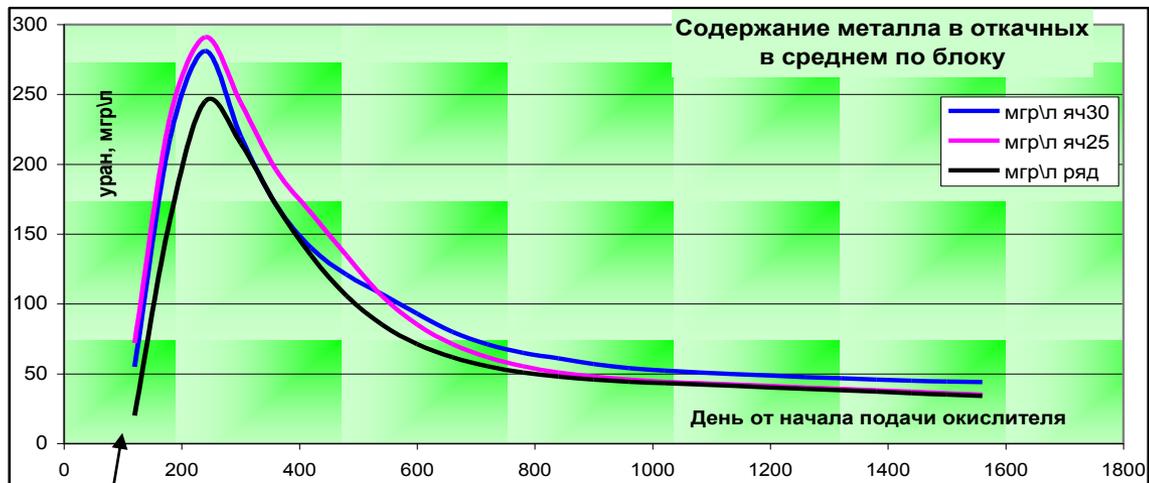
Схема вскрытия	Варианты			Геологическая среда	Значения
	Гексагон 30м, «ромашка»	Гексагон 25 м	Ряд 25x12,5 м		
				Коэффициент фильтрации (м\сут)	3,1
Количество откачных скважин	7	10	18	Коэффициент активной пористости, доли ед.	0,15
Количество закачных скважин	24	33	33	Удельный вес руды, кг\м ³	1650
Средний дебит откачной, м ³ \час	2,5	2,5	1,6*	Среднее содержание урана, %	0,0353
Приемистость закачной: средняя, (от-до), м ³ \час	0,74 (0,42-0,84-1,25)	0,74 (0,42-0,84-1,25)	1,08 (0,84-1,5)	Продольная гидродинамическая дисперсия, м	8
Площадь модельного блока, м ²	16 900	17 900	18 800	Средняя мощность активного выщелачивания, м	13,5

Границы моделируемых блоков,
 черная линия - граница блока с $R=25$ м,
 синяя - блока с $R=30$ м, зеленая -
 рядного блока

Распределение действительных скоростей
 фильтрации в пласте через 60 дней после
 начала отработки

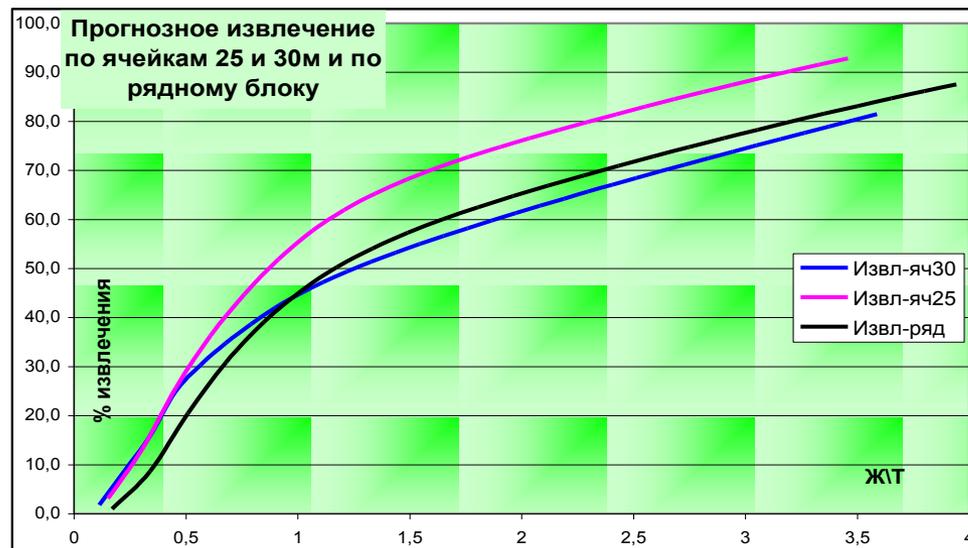


Изменение содержания металла во времени в прогнозных блоках



Начало пром. добычи

Прогноз извлечения металла по модельным блокам



Результаты проведенного моделирования

Модельный блок	Среднее содержание урана за время отработки, мг\л	Ж\Т при извлечении 85%	Время достижения необходимого извлечения, лет
Ячейки 30 м	79,0	Около 4	Более 6
Ячейки 25 м	90,3	3,5	3,7
Ряды 25x12,5 м	76,1	3,7	4,1

Распределение металла (мг\л) через 8 месяцев после начала промышленной добычи

