

СКВАЖИННОЕ ПОДЗЕМНОЕ ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ УРАНА ИЗ ТРЕЩИНОВАТЫХ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РУДОНОСНЫХ ПОРОД МЕСТОРОЖДЕНИЯ БЕРЕЗОВОЕ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОБЪЕКТА

- Заболоцкий А.И, д. г-м.н.* , Руденко А.А. к.г-м.н.** , Мартыненко В.Г.** ,
 - Новгородцев А.А.** , Хижняков Ю.А.***
 -
 - *ОАО Атомредметзолото», Москва, Россия,
 - **ЗАО «РУСБУРМАШ», Москва, Россия,
 - *** ЗАО УДК «Горное», Москва, Россия

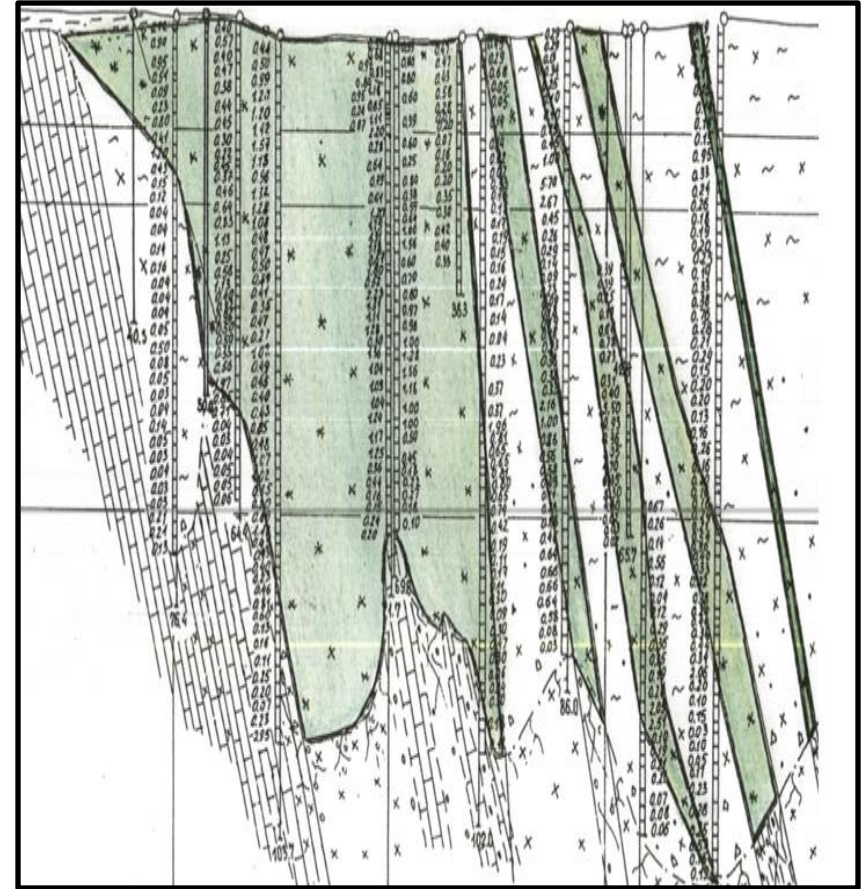
Историческая справка

- *Первые патенты на подземное выщелачивание (ПВ) металлов появились в России еще в 1896г. Был запатентован "Способ добывания золота и иных благородных металлов путем прямого выщелачивания залежей".*
- *В 30-60гг. 20века проводились опытные работы и промышленная добыча меди способом ПВ.*
- *К 70-80гг. 20 века СПВ становится главным способом добычи урана*
- *Для скальных месторождений урана ПВ применяется исключительно в варианте блочного выщелачивания*
- *С 1994 года в практику российской золотодобычи начала внедряться технология ПВ золота, меди, никеля в корях выветривания на Среднем Урале – Гагарское, Маминское, Долгий Мыс, Верхотурское, Гумешевское, Рогожинское.*

Современный опыт ПВ в скальных массивах

<i>Показатели</i>	<i>Гумешевский рудник ПВ меди</i>	<i>Гагарский рудник ПВ золота</i>	<i>Опытный уч-к ПВ Ni на Рогожинском месторождении</i>
<i>Тип руд</i>	<i>Выветрелые скарны. Значительная часть руд представлена скальными бурыми железняками.</i>	<i>Кора выветривания по золотоносным березитам. Не менее 25% руд - дезинтегрированные щебенистые метасоматиты.</i>	<i>Выветрелые никеленосные серпентиниты ниже дна карьера. Не менее 30% - дезинтегрированные скальные руды.</i>
<i>Статус</i>	<i>Опытно-промышленная отработка. ТЭО постоянных кондиций под ПВ.</i>	<i>Промышленная отработка. Запасы защищены в ГКЗ под ПВ.</i>	<i>Опытные работы. ТЭО временных кондиций в стадии согласования.</i>
<i>Период</i>	<i>2004-2010г.г</i>	<i>1994-2010г.г.</i>	<i>2008-2010г.г.</i>
<i>Производительность</i>	<i>400-450 м³/час, 5000т ка-й меди в год,</i>	<i>40м³/час. 50-100 Au кг/год</i>	<i>10 м³/час.</i>

Современный опыт ПВ в скальных массивах Гумешевское месторождение меди



Выщелачиваются в том числе бурожелезняковые скальные руды

Необходимые и достаточные условия для ПВ урана «in situ» на коренных месторождениях

- *Рудные залежи должны быть обводнены или частично обводнены;*
- *Урансодержащие рудные залежи должны быть проницаемыми;*
- *Структурно-текстурные характеристики руд должны обеспечивать доступность полезной минерализации для выщелачивающих растворов;*
- *Уран связан с выщелачиваемыми минеральными формами (преобладание б-тивалентных форм);*
- *отсутствие непреодолимых экологических факторов*

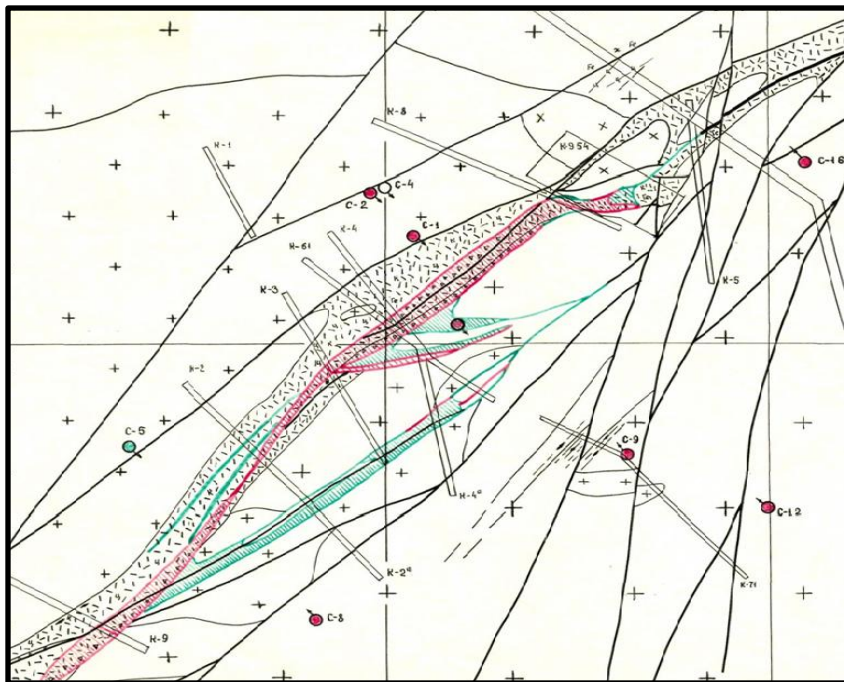
Месторождение Березовое – наиболее перспективный объект для СПВ.

Запасы по категориям

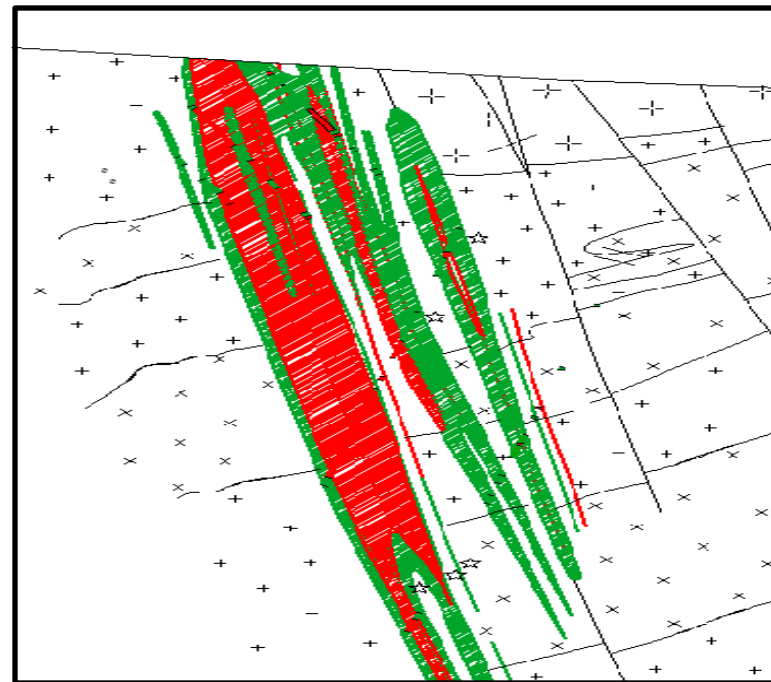
- На 31.03. 2010г утвержденные ГКЗ запасы категории C_2 - 716 т при $C_{ср.}$ – 0,173%, $C_{борт.}$ - 0,03% .
Обоснованный в ТЭО кондиций способ освоения – карьер и кучное выщелачивание, но из-за малого объема запасов реализация такого проекта проблематична.
- Забалансовые для горного способа добычи запасы категории C_2 составляют 2845 т. ($C_{ср.}$ -0,109%.)
- Прогнозные ресурсы категории P_1 - 3,0-3,5 тыс.т
- Забалансовые запасы и прогнозные ресурсы могут стать сырьевой базой для добычи способом СПВ, что обеспечивает на порядок более высокий уровень экономической привлекательности месторождения.

Геологическое строение рудной залежи 1-1

План



Разрез



Оруденение приурочено к раздробленным, брекчированным измененным гранитам

Простираение - 470м, по падению (70-75°) залежь оконтурена на глубине 600 м

Средняя мощность залежи - 8,9 м (0,5 - до 26,1м)

Содержание урана - крайне неравномерное от 0,05 до 0,818%, среднее - 0,173%.

Наиболее обогащенная - приповерхностная часть рудной залежи.

Урановая минерализация - рассеянная вкрапленность, иногда - скопления гнезд 3-

10 см, короткие - до десятка см прожилки небольшой (мм) мощности.

Вещественный состав руд Березового месторождения

Генезис - гидротермальное преобразование гранитоидов по тектонической зоне с образованием микробрекчий.

***Минеральный состав:** рудные - пирит, коффинит, настуран (вкрапленность и скопления в цементе), цемент - монтмориллонит, цеолит, анкерит, хлорит, Зона окисления проявлена на всю глубину вскрытия месторождения (700 м).*

Отчетливая вертикальная зональность урановых минералов:

0,5-2,5м - урановые минералы отсутствуют;

>2,5м – отенит, реже уранофан и бета-уранотил, складовскит и карбонаты урана;

> 20-30м - преимущественно уранофан и бета-уранотил, редко складовскит;

> 165м - силикаты уранила - бета-уранотил, менее уранофан.

Гипогенные рудные минералы - реликты.

Несмотря на интенсивную проработку зоны окисления существенного перераспределения урана не было.

Технологические свойства руд

- *На близком аналоге Березового месторождении Горном проведены:*
 - *опыт блочного ПВ в инфльтрационном режиме,*
 - *опыты по кучному выщелачиванию;*
 - *получены принципиальные результаты по ПВ in situ в инфльтрационном режиме.*

- *По аналогии с результатами этих опытов можно прогнозировать весьма благоприятные технологические показатели ПВ руд Березового месторождения :*
 - *Степень извлечения - 70%;*
 - *Скорость выщелачивания- 0,1% в сут.;*
 - *Продолжительность выщелачивания - 2-3 года;*
 - *Кислотоемкость - 30-40кг/т.;*
 - *Удельный расход кислоты, 50-70 кг/кг.;*
 - *Средняя концентрация урана в растворах - 100-150мг/л.*

Гидрогеологические условия

- *Порово-пластовые воды рыхлых четвертичных отложений распространены в зоне долин – вне пределов рудного поля.*
- *Рудные тела в зонах тектонических нарушений обводнены.
Водопроницаемость - высокая, водообильность невыдержанная.*
- *Вмещающие гранитоиды - слабопроницаемы.
Статический уровень подземных вод - 4-15 м, реже до 20-25 м и в единичных случаях до 40-94 м.*

Перспективы успеха СПВ на Березовом месторождении

1. Бесперспективность горного способа отработки:

- запасы, пригодные для отработки карьером, составляют менее 20%;
- подземный способ не приемлем по экономическим критериям

2. Благоприятная геолого-структурная позиция месторождения:

- крутопадающие тела в тектонических проницаемых зонах среди условно водоупорных гранитов;

- уран связан с хорошо растворимыми минералами;

-урановая минерализация является наложенной на вмещающие породы, что обеспечивает доступность растворов к полезному компоненту;

-благоприятные технологические показатели по месторождению – аналогу

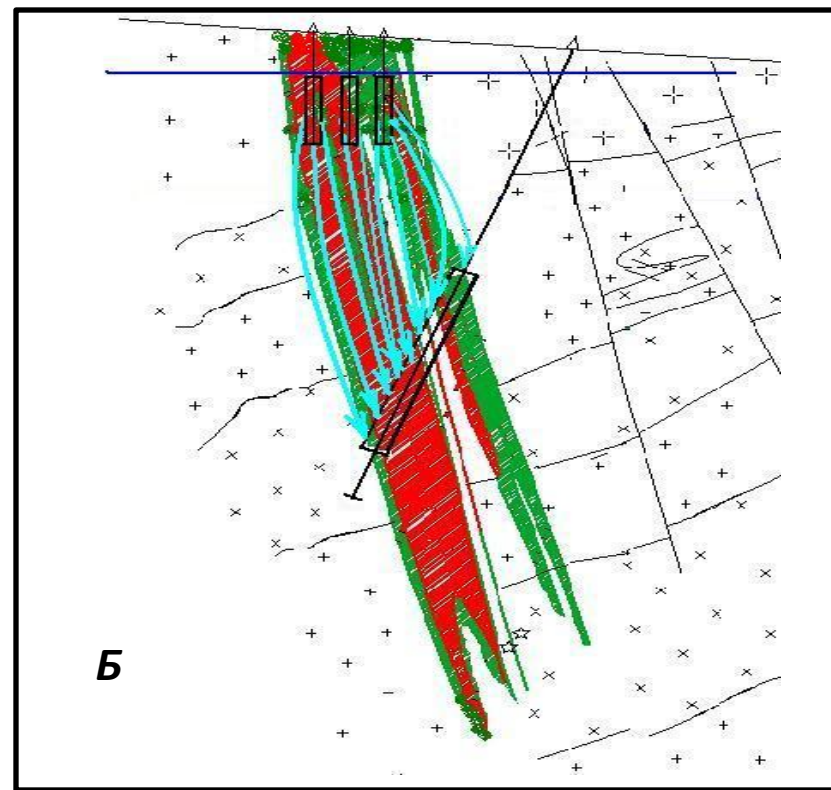
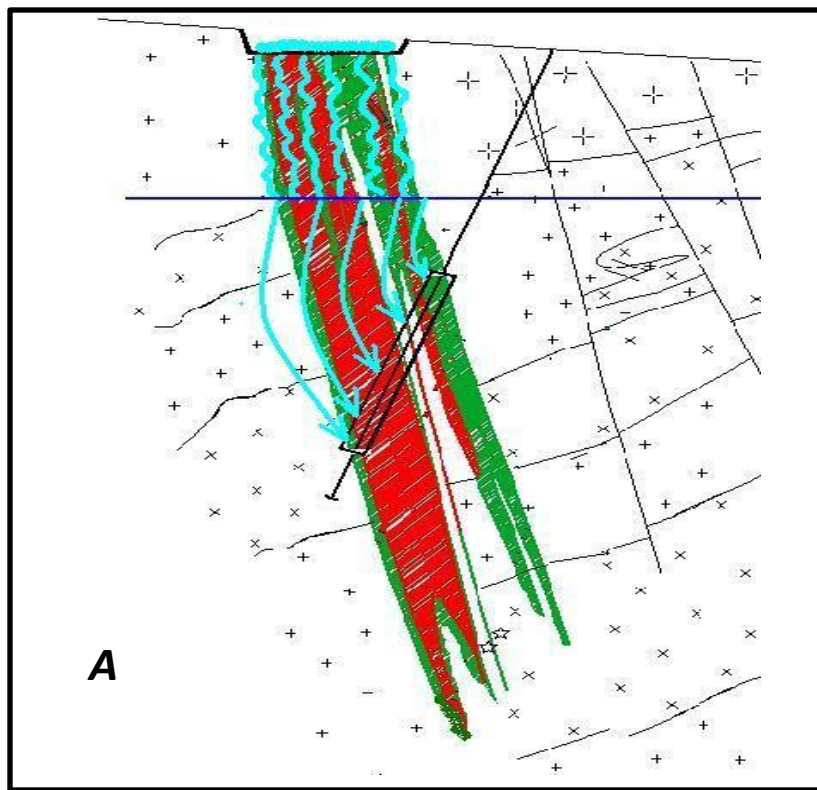
Горному: степень извлечения - 70%, кислотоемкость - 30-40кг/т, удельный расход кислоты, 50-70 кг/кг, ср. концентрация урана в растворах - 100-150мг/л.

3. Возможность снижения бортовых содержаний металла в руде, при значительном экономическом эффекте, по сравнению с традиционным (горным) способом добычи.

Например, для неконтрастных руд песчаникового типа снижение борта по тс с 0,03т% до 0,01т% - приводит к увеличению запасов урана более чем в 2 раза.

4. Проектирование предприятия можно вести на базе запасов категории С2, а собственно геологическую разведку можно совместить со строительством технологического полигона.

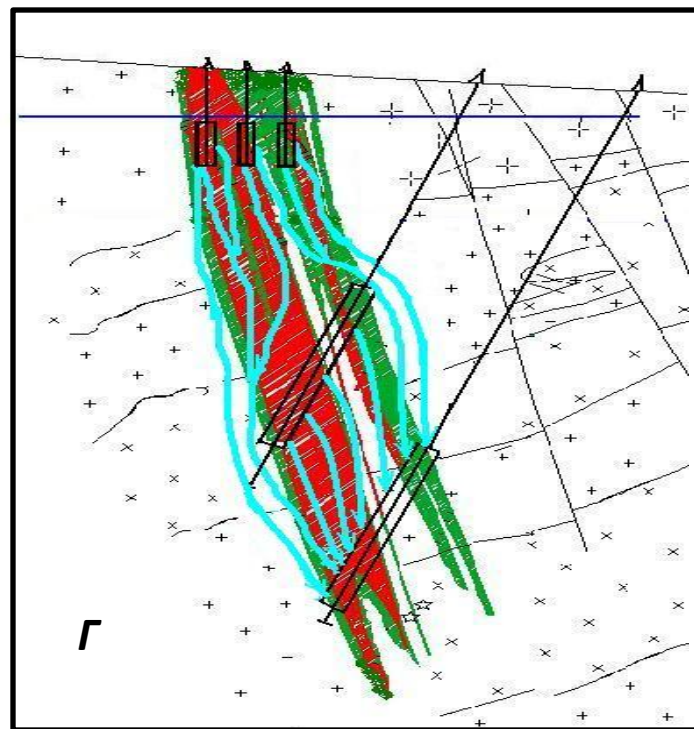
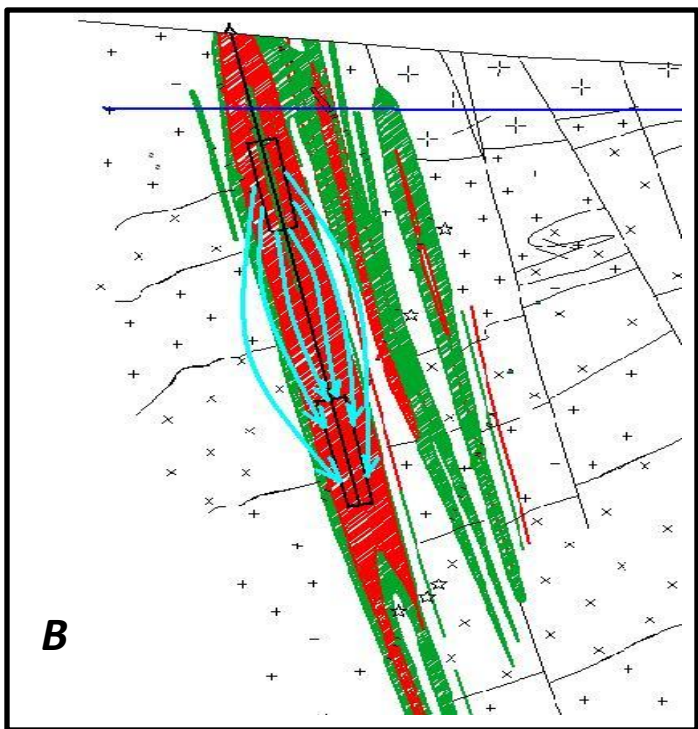
Принципиальные схемы систем разработки СПВ скальных объектов



А. *Закачка в инфильтрационные прудки (траншеи), откачка через откачные вертикальные/наклонные скважины. Обеспечивает - наиболее равномерное орошение и выщелачивание необводненных руд.*

Б. *Закачка через густую сеть скважин и откачка через вертикальные/наклонные скважины - применима ниже УГВ.*

Принципиальные схемы систем разработки СПВ скальных объектов



В. Выщелачивающий контур формируется между верхним и нижним фильтром универсальной скважины, пробуренной вдоль рудного тела. Применима ниже УГВ. Позволяет выщелачивать более избирательно (патенты).

Г. Отработка блоками "сверху вниз" позволяет максимально долго держать руду в зоне реакции и поддерживать стабильную концентрацию урана в растворах.

Примечание: Все системы требуют дополнительных скважин: - наблюдательных, барражных, скважин перехвата, в зависимости от конкретных геолого-гидрогеологических условий. Возможна интенсификация процессов за счет дробления руд на месте залегания.

Основы экологической безопасности

- А. Способ ПВ – по комплексу факторов является щадящим;
- Б. Опыт ПВ урана месторождений пластового типа - решение проблем радиоактивности;
- Б. Опыт ПВ металлов на Ср. Урале – основа решения проблем общего характера.

Комплекс мероприятий охраны подземных вод при ПВ на Ср. Урале

1 - применение систем разработки и режимов, исключающих растекание растворов	Гагарка. Основные решения связаны с компенсацией естественного потока – системы барражные, перехвата, дебалансные.
2 – комплекс приемов, позволяющих оперативно устранять аварийные растекания	Гумешки. Режим постоянного перехвата и возврата сосредоточение откачки в низовой части при развитии
3 – комплекс средств и технологических приемов очистки подземных вод от допущенных загрязнений	Кировградские огарки. Проектируется постоянный сброс очищенных растворов.
4 - организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ) водоносного горизонта	Три пояса СЗЗ: временных технологических растеканий, аварийных утечек и чистая зона.
5 - организация технологического и экологического мониторинга	Регламент включает плотность сети мониторинга, периодичность опробования, перечень анализируемых компонентов, режим мониторинга.
6 - рекультивация водоносного комплекса после завершения отработки	Способы рекультивации: А – очистка растворов на поверхности, группа Б - рекультивация в недрах (попутная, принудительная, самоочищение).

Концепция разрабатывалась 15 лет. Гагарка работает без претензий вблизи крупного водозабора, Гумешки – 5 лет в бассейне р.Чусовой – источник водоснабжения мегаполиса.

Основы экологической безопасности

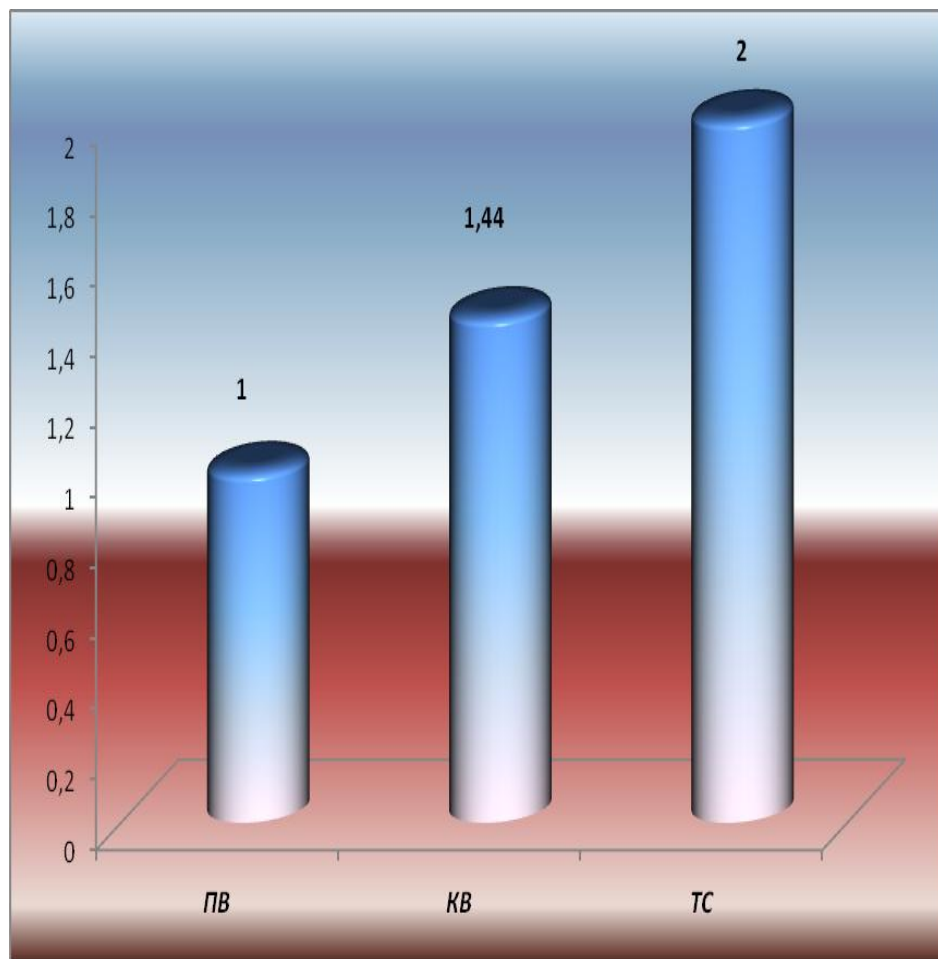
- А. Способ ПВ – по комплексу факторов является щадящим;
- Б. Опыт ПВ урана месторождений пластового типа - решение проблем радиоактивности;
- Б. Опыт ПВ металлов на Ср. Урале – основа решения проблем общего характера.

Комплекс мероприятий охраны подземных вод при ПВ на Ср. Урале

1 - применение систем разработки и режимов, исключающих растекание растворов	Гагарка. Основные решения связаны с компенсацией естественного потока – системы барражные, перехвата, дебалансные.
2 – комплекс приемов, позволяющих оперативно устранять аварийные растекания	Гумешки. Режим постоянного перехвата и возврата сосредоточение откачки в низовой части при развитии
3 – комплекс средств и технологических приемов очистки подземных вод от допущенных загрязнений	Кировградские огарки. Проектируется постоянный сброс очищенных растворов.
4 - организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ) водоносного горизонта	Три пояса СЗЗ: временных технологических растеканий, аварийных утечек и чистая зона.
5 - организация технологического и экологического мониторинга	Регламент включает плотность сети мониторинга, периодичность опробования, перечень анализируемых компонентов, режим мониторинга.
6 - рекультивация водоносного комплекса после завершения отработки	Способы рекультивации: А – очистка растворов на поверхности, группа Б - рекультивация в недрах (попутная, принудительная, самоочищение).

Концепция разрабатывалась 15 лет. Гагарка работает без претензий вблизи крупного водозабора, Гумешки – 5 лет в бассейне р.Чусовой – источник водоснабжения мегаполиса.

Экономический блок и риски



Соотношение себестоимости готовой продукции при добыче СПВ, кучным выщелачивание (КВ) и традиционными способами (ТС).

1. Риски «человеческого фактора» на этапах исследований - ошибки в проведении работ, ведущие к отрицательным результатам. Минимизируется привлечением квалифицированных специалистов, поэтапным планированием экспериментов.

2. Риски специфики месторождения. Для снижения риска необходимо иметь для исследований более широкий спектр знаний об объекте.

3. Риски экономического и политического развития. Низкие капитальные вложения и возможность варьирования производительностью снижают риски.

Резюме

- *Отработка месторождения урана «Березовое» без использования СПВ отработка не может быть полной и экономически непривлекательна..*
- *Основные факторы, определяющие пригодность месторождения к отработке способом ПВ, благоприятны.*
- *Современный опыт ПВ в аналогичных условиях позволяет разработать системы разработки, обеспечивающие эффективную добычу урана и экологическую безопасность.*
- *Месторождение Березовое можно рассматривать как пионерный объект, реализация проекта СПВ на котором позволит получить инструмент для малых месторождений, а также флангов и забалансовых тел на объектах горной добычи модульными установками, проводить комбинированную отработку месторождений.*
- *Первоочередные задачи:*
 - *изучение гидрогеологических условий месторождения и моделирование процесса ПВ с использованием индикаторов на опытном кусте – планируется проведение в 2011 г.*
 - *лабораторные технологические исследования на кусковом материале для оценки основных технологических показателей выщелачивания.*
 - *проведение полномасштабных опытно-промышленных испытаний. Планируются на 2012-2013 годы.*

Спасибо за внимание