



**IAEA**

International Atomic Energy Agency  
*Atoms for Peace and Development*

# Практический пример: Подземное скважинное выщелачивание (ПСВ)

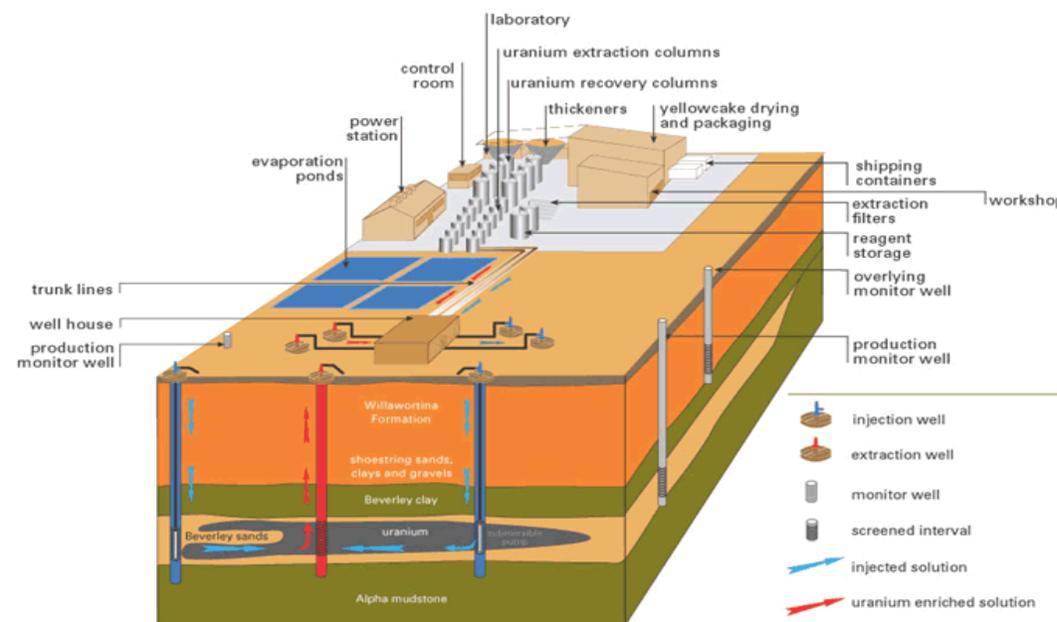
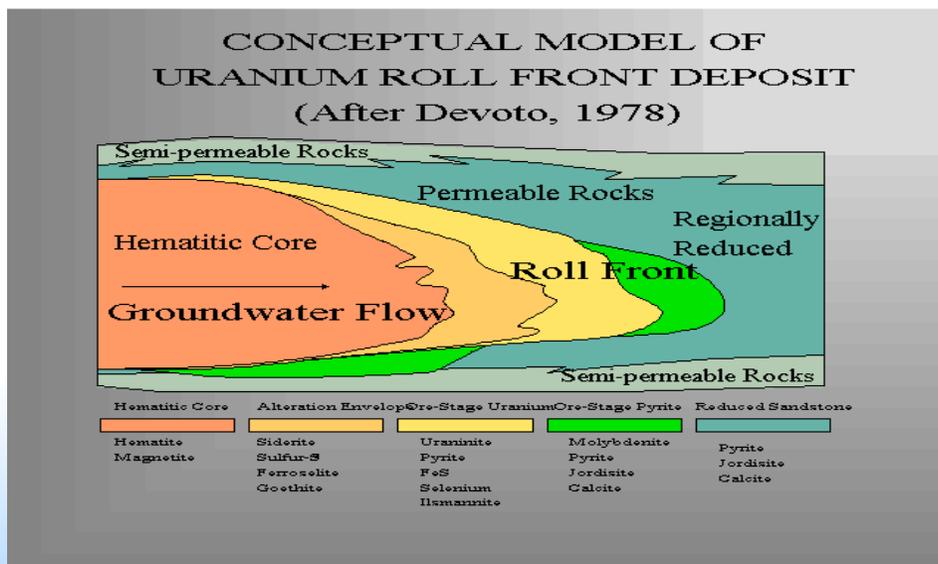
Учебно-методические материалы по радиационной защите персонала уранодобывающих и перерабатывающих предприятий

# Обзор метода подземного скважинного выщелачивания (ПСВ)

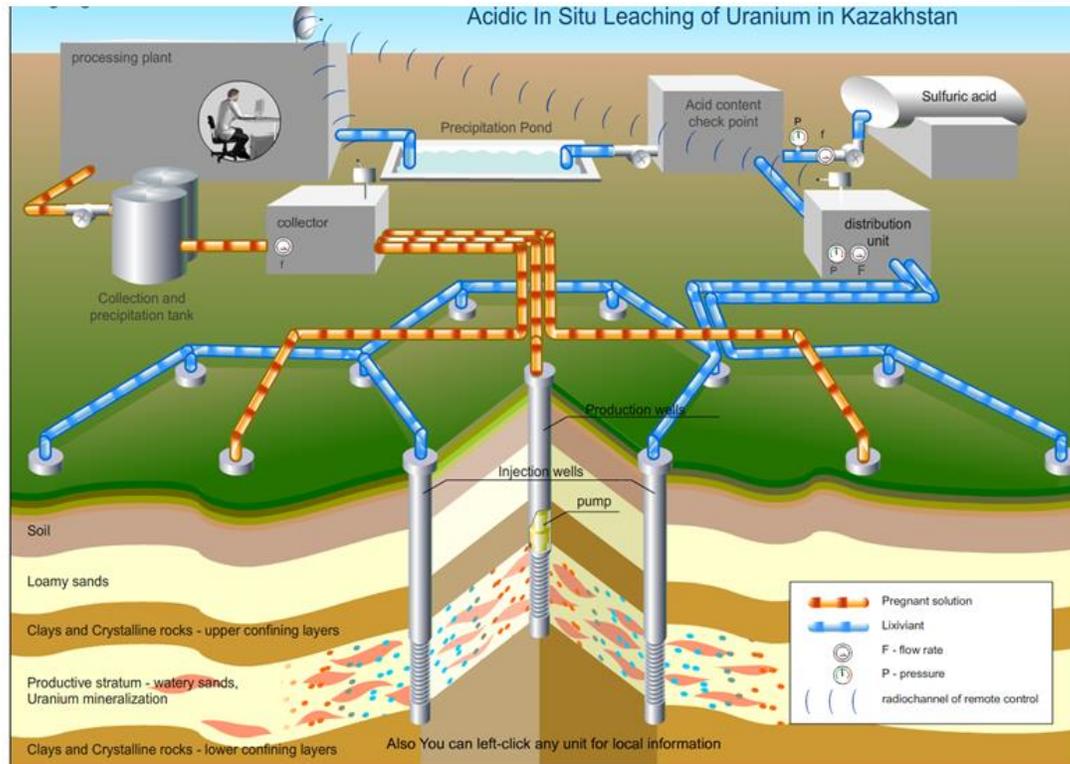
- ПСВ (англ. ISL, также ISR)
- ПСВ - 51% мирового производства урана;
- Казахстан, Австралия, Китай, Россия, США, Узбекистан;
- Щелочное выщелачивание – США;
- Кислотное выщелачивание – Казахстан, Австралия, Узбекистан, Китай, Россия;
- Глубина залегания 30-150 м в США, до 750 м в Казахстане;
- Разрабатываются другие методы ПСВ

# Описание процесса

- Площадка для проведения работ по ПСВ представляет собой геотехнологический полигон с соответствующей инфраструктурой для закачки в и откачки из рудоносные зоны выщелачивающего реагента (щелочь или кислотный раствор); и перерабатывающей установки для экстракции урана из выщелачивающего раствора для производства конечного уранового продукта.
- ПСВ в настоящее время применяется на большинстве урановых производств в мире, данный метод добычи и переработки урана представляется экономически эффективным и приемлемым с экологической точки зрения.



# Кислотное подземное скважинное выщелачивание – Казахстан



Казатомпром является самым большим мировым производителем урана, представляющим примерно 22 % мировой добычи урана в 2018 году. Преимущества Группы связаны с возможностью пользоваться самой крупной ресурсной базой во всей отрасли. Казатомпром производит уран, используя свои дочерние предприятия, совместные предприятия, 26 рудников объединены в 13 добывающие предприятия, все они расположены в Казахстане и осуществляют добычу методом ПСВ. Урановые месторождения в Казахстане разрабатываются на глубине до 750 метров с использованием экологически безопасного и экономически оправданного метода ПСВ

ПСВ – это способ разработки урановых месторождений песчано-инфильтрационного типа без поднятия руды на поверхность путем избирательного перевода ионов урана в продуктивный раствор непосредственно в недрах. Ураносодержащая руда остается под землей в отличие от традиционных методов добычи (шахты и карьеры)

- Разведка и разработка представляют собой направления деятельности по обнаружению урановых ресурсов и обеспечению доступа к ним посредством бурения, геофизических исследований и взятия образцов из скважин.
- В большинстве случаев на этапе разведки дозовые нагрузки на персонал низкие, это связано с тем, что работа ведется с ограниченным количеством радиоактивных материалов. Обычно большая часть выполняемых работ, это работа с низкообогащенной рудой. В некоторых случаях производится пробное бурение.
- Ранее аспекты радиационной защиты на этапе разведки не принимались во внимание. Подход, применяемый в настоящее время - это оценка потенциальных радиационных угроз и предварительная оценка дозовых нагрузок с последующим внедрением соответствующей программы радиационной защиты.
- Разведка ведется только на поверхности. Проведение разведывательных работ в каждом отдельном случае требует разработки технического проекта, включающего оценку воздействия на окружающую среду и требования по обеспечению по промышленной и радиационной безопасности.



# Проектирование и производственная деятельность



- Проектирование и производственная деятельность рудника ПСВ и перерабатывающего завода будут зависеть от характера минерализации рудного тела. Это будет определять какой из выщелачивающих растворов использовать при экстракции – щелочной или кислотный.
- Проект геотехнологического полигона разрабатывается с учетом местных условий, таких как проницаемость, толщина и тип залежей, рудное содержание и распределение. Геотехнологические полигоны проектируются в виде точечных участков с нагнетательными скважинами в центре, или в виде линейно расположенных скважин, с чередованием нагнетательных и скважин для откачки.
- Проект, наилучшим образом подготовленный к утверждению, включает в себя оценку воздействия на окружающую среду и требования к промышленной и радиационной безопасности.
- По сравнению с традиционными методами добычи урана, перерабатывающие заводы ПСВ значительно меньше по размеру, т.к. на них отсутствуют этапы рудоподготовки, дробления, измельчения и восстановления.
- Риски от ДЖПР и ДПР радона ниже по сравнению с другими методами, однако проект завода должен предусматривать наличие эффективной системы вентиляции (конечный продукт и технологические емкости).



**Южная Австралия**



**США**

# Установки по добыче и переработке в Казахстане

## Геотехнологический полигон



## Перерабатывающий завод



## Технологический узел распределения



## Операторская перерабатывающего завода



## Основные пути облучения (значимость)

- Внешнее облучение (гамма) – “средняя”
- Внешнее облучение (гамма) – “высокая” для производств с повышенными концентрациями  $^{226}\text{Ra}$  (осадочные породы, смолы & отходы)
- Ингаляция радона и его ДПР– “низкая” (за исключением отдельных участков, где радон может дегазироваться и скапливаться)
- Вдыхание ДЖПР – “низкая”
- Внутреннее облучение через поверхностное радиоактивное загрязнение – “низкая”

# Определение путей облучения

Для каждого этапа определите подходящий уровень значимости пути облучения

ОВ-очень высокий, В-высокий, С-средний, Н-низкий, ОН-очень низкий

Этап / Путь	Гамма	Радон	ДЖПР
Разработка			
ГТП			
Экстракция			
Сушка			
Управление отходами			
Хранение конечной продукции			

# Пути облучения. Образец ответа

Этап / Путь	Гамма	ДПР	ДЖПР
Разработка	Н	Н	Н
ГТП	С	Н (во влажном состоянии)	Н (во влажном состоянии)
Экстракция	С	Н (во влажном состоянии)	Н (во влажном состоянии)
Сушка	С (упаковка)	Н (в отсутствии радия)	ОВ (U3O8)
Управление отходами	В (накопление)	ОН	Н (во влажном состоянии)
Хранение конечной продукции	В	ОН	ОН

# Мониторинг и оценка доз



- Каждое предприятие устанавливает свои собственные граничные значения доз по каждому из путей облучения;
- Измерение гамма-излучения в контрольных точках;
- Измерение равновесной концентрации радона и ДЖПР. Учет времени нахождения работников в рабочей зоне;
- Измерение поверхностного радиоактивного загрязнения;
- Оценка доз и поиск путей снижения доз;
- Вышеупомянутые дозовые ограничения используются для расследования причин облучения и способ по уменьшения воздействия радиации.

# Меры контроля



- Эффективная вентиляция на участке готовой продукции и на участках, где могут скапливаться дочерние продукты радона
- Влажная уборка, если просыпание имеет место быть
- Изоляция и ограждение отходов
- Изолированный и вентилируемый участок упаковки и хранения готовой продукции, с ограниченным доступом

- Все рудники разные. Программа радиационной защиты должна быть адаптирована под метод ПСВ.
- Эффективная программа радиационной защиты основана на детальном понимании устройства и принципов работы технологической инфраструктуры.
- Отсутствие внимания к возможным протечкам и системы оперативного наведения порядка может привести к проблемам радиологического характера.
- Правильное управление радиоактивными отходами снижает радиационные риски.

# Контрольные вопросы



**B1:**

- На каком этапе\ участке слабое воздействие гамма-излучения?

**B2:**

- На каком этапе\ участке наиболее сильное воздействие гамма-излучения?

# Ответы на контрольные вопросы



О1:

- Во время разведки;
- На геотехнологическом полигоне;
- В технологических узлах распределения.

О2:

- В случае, если на перерабатывающем заводе слабая вентиляция;
- На заводе – ионообменный процесс;
- Очистка конечного продукта, его упаковка и хранение.



**IAEA**

International Atomic Energy Agency  
*Atoms for Peace and Development*

*Спасибо!*

