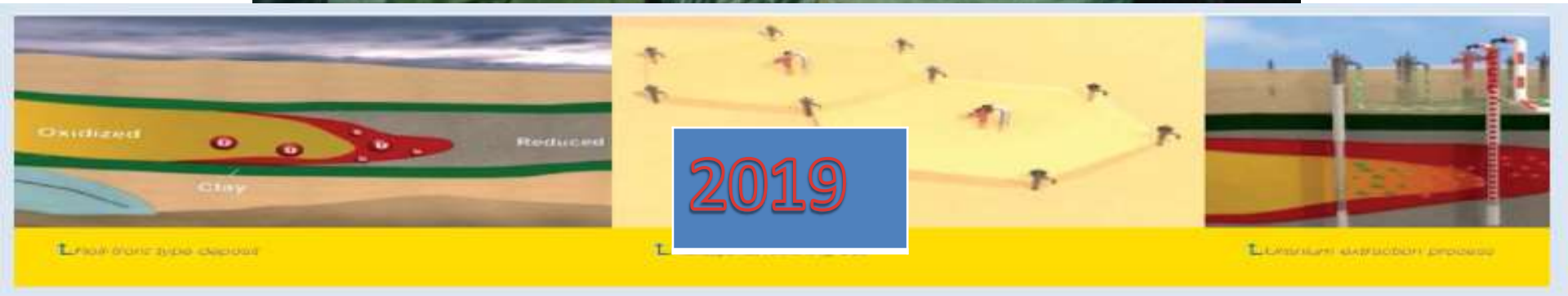
ПРОМЫШЛЕННАЯ ГЕОЛОГИЯ УРАНА

По материалам Бушкова К.Ю. МГРИ - РГРУ



ПЛАН ЛЕКЦИИ

1. Перспективы развития энергетики

2. Особенности «рынка» урана

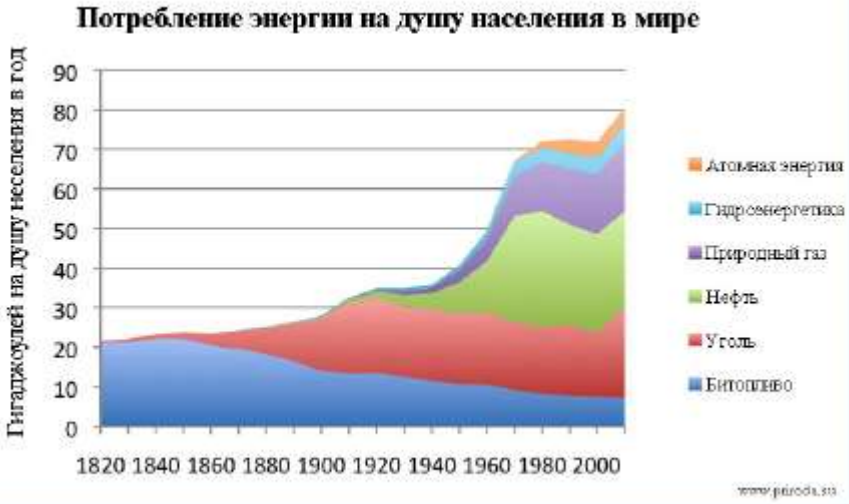
3. Месторождения урана песчаникового типа – месторождения стоимостной категории менее 40-80$/кг

4. Промышленная геология и геотехнология скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана

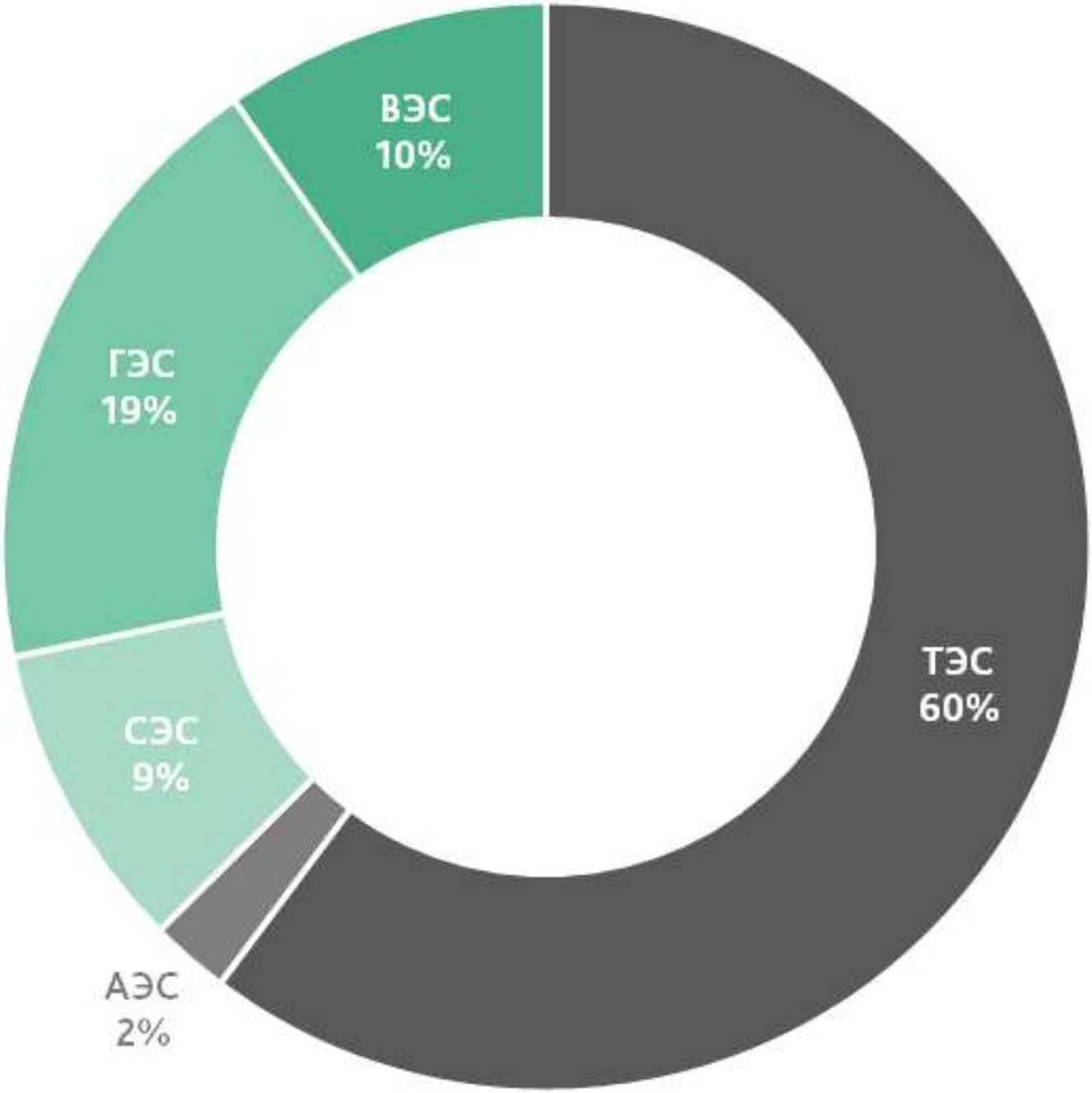
5. Обзор применения метода СПВ для добычи других видов полезных ископаемых

6. Заключение

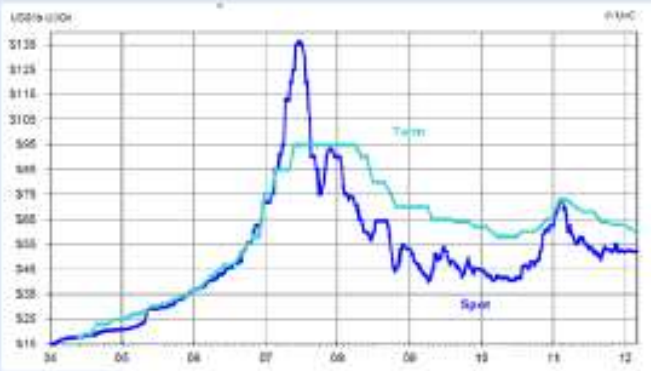
Перспективы развития энергетики

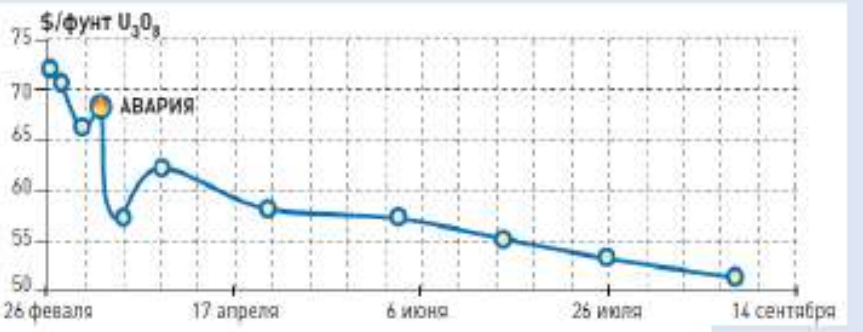


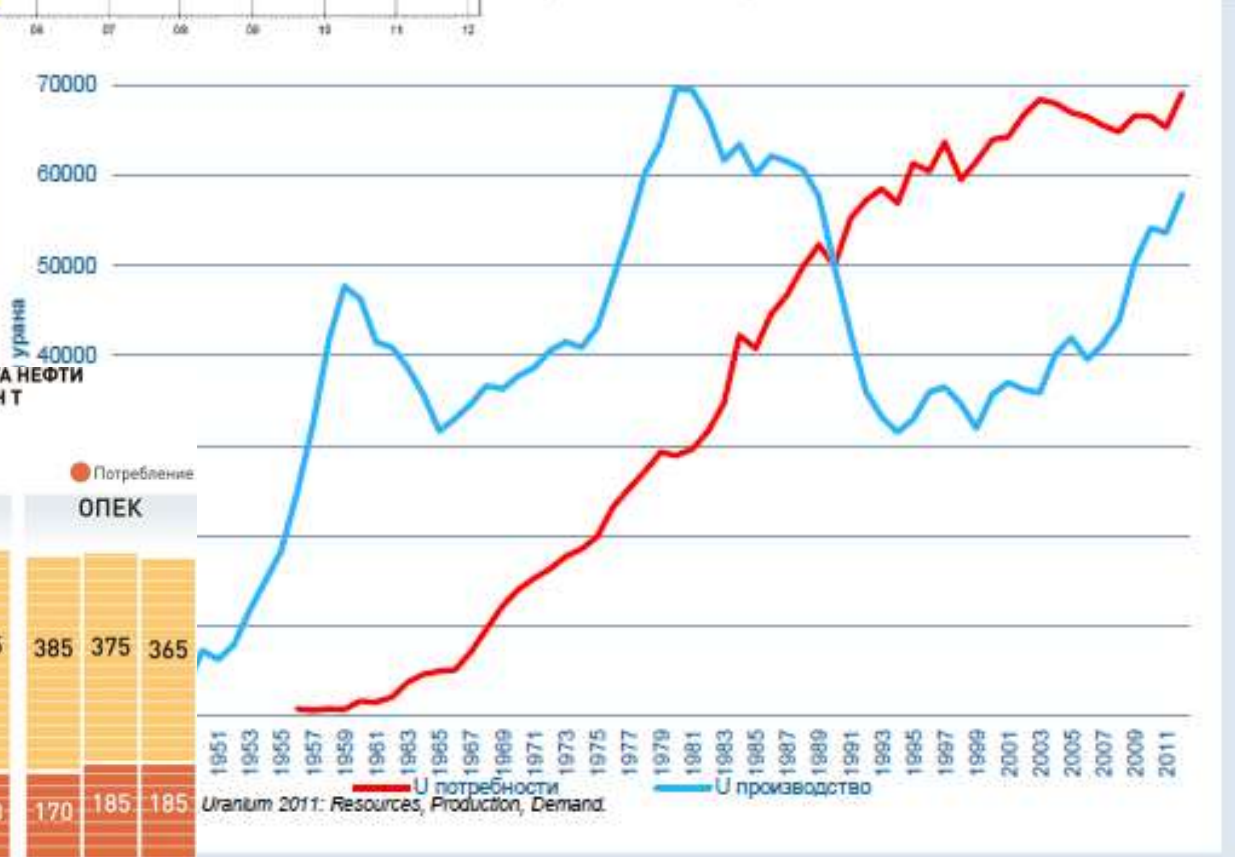
- ✓ Потребление энергии растет экспоненциально
- ✓ Растет разнообразие по видам источников
- ✓ «Пики» по видам источников (*ресурсные, технологические, экономические ограничения*)
- ✓ Источники и основные потребители энергии распределены крайне неравномерно
- ✓ Возобновляемые источники дороги
- ✓ Есть резерв в энергосбережении


ВЭС
10%
ГЭС
19%
СЭС
9%
АЭС
2%
ТЭС
60%

2. Особенности «рынка» урана



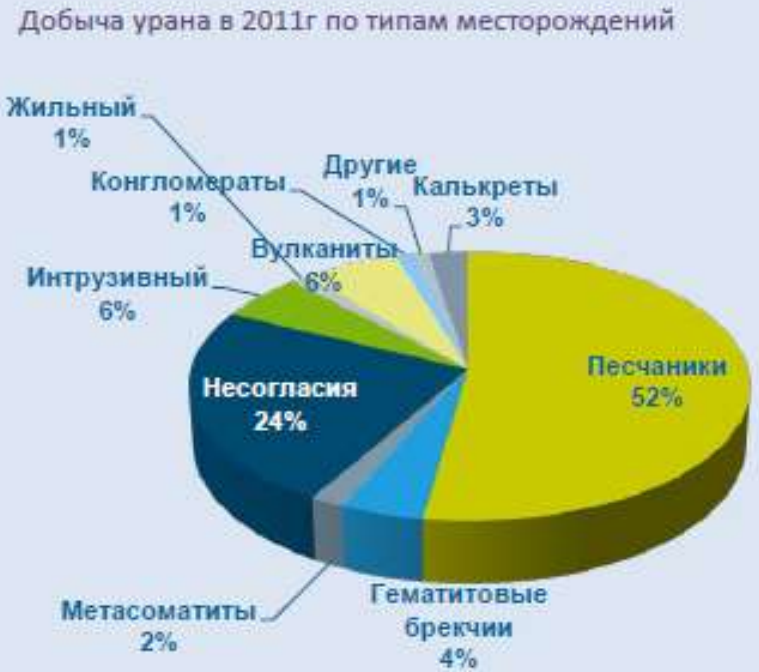




Особенности «рынка» природного урана – сырья для атомной энергетики

1. Самый регулируемый рынок.
2. Олигопольный рынок, основные игроки - национальные компании.
3. Производство никогда не находилось в балансе с потреблением (сейчас – дефицит, покрываемый складскими запасами).
4. Основная часть природного урана (80-90%) продается по долгосрочным контрактам. Спотовые цены – своеобразный «термометр рынка». Сейчас спотовые цены менее 40 $/фунт
5. Горизонт планирования потребности 25 и более лет.
6. Сильно зависит от безопасной работы реакторов во всем мире.
7. Потребность в природном сырье будет очень сильно зависеть от программ развития атомной энергетики (планов по строительству новых станций и от стратегического выбора ядерного цикла: **открытый**/закрытый; **U 235**/ U 238 и тд.) «Перестройка» атомной энергетики – очень долгий и сложный процесс.

Добыча урана из месторождений различных типов (классификация МАГАТЭ)

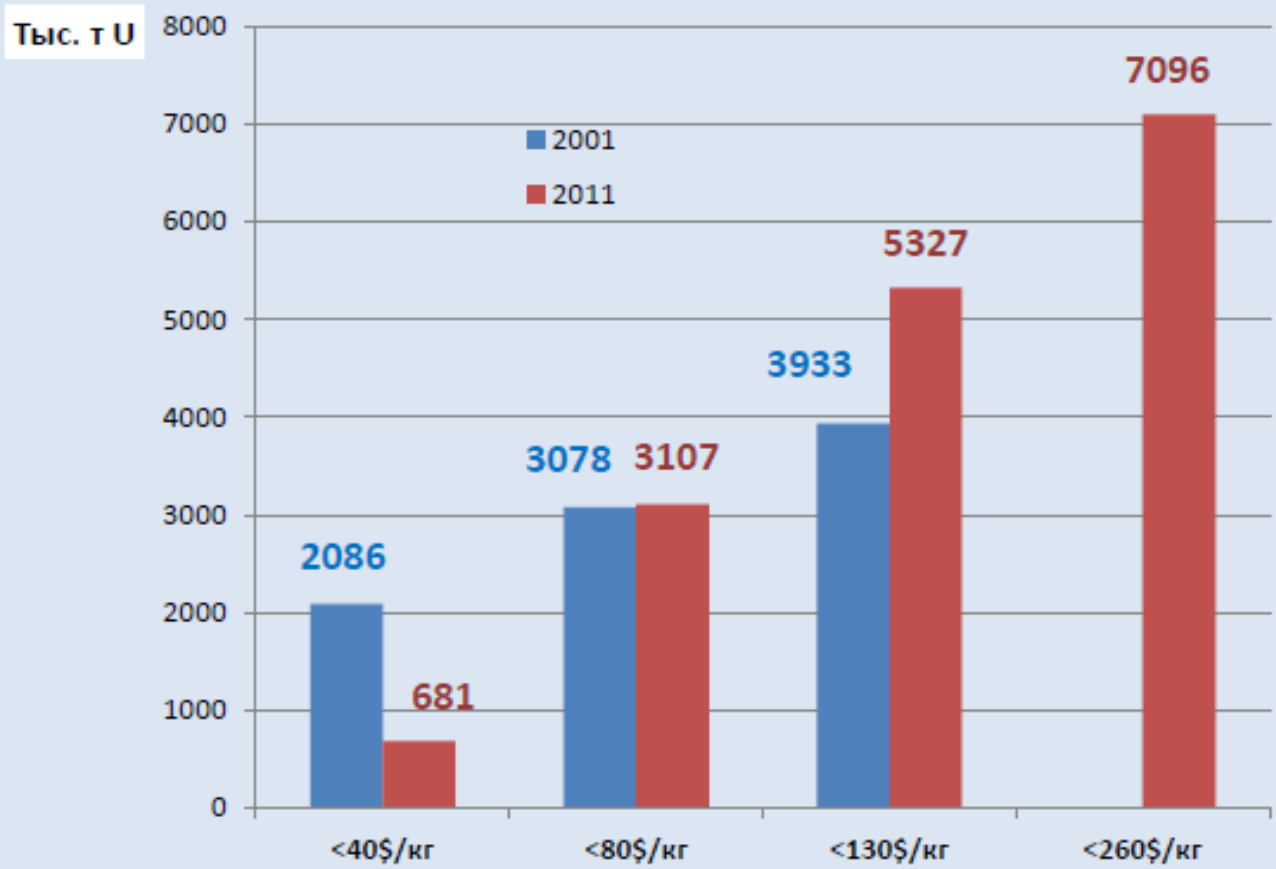


Источник: IAEA/OECD. Uranium 2011: Resources, Production, Demand.

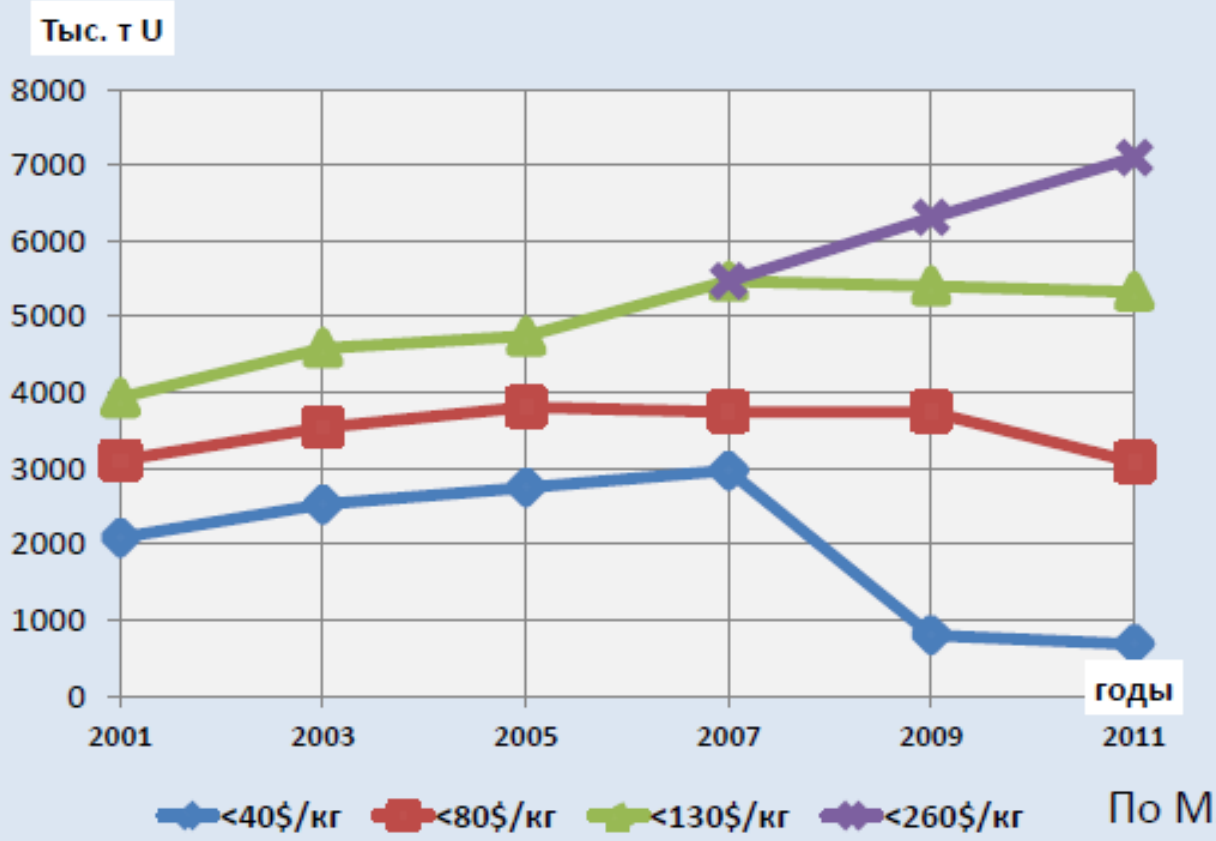
- Доминирует добыча из месторождений песчаникового типа (52%) и типа несогласия (24%)
- Добыча урана методом СПВ выросла с 20% в 2005г. до 45% в 2011г. (37% доля Казахстана, 8% - СПВ в Узбекистане, России, США, Китае Австралии)

/по А.В. Бойцову, 2013/

Ресурсы урана различных категорий себестоимости по данным Red Book IAEA в 2001 и 2011 гг.



Динамика изменения стоимостной структуры ресурсной базы урана в мире по годам в период 2001-2011 гг.

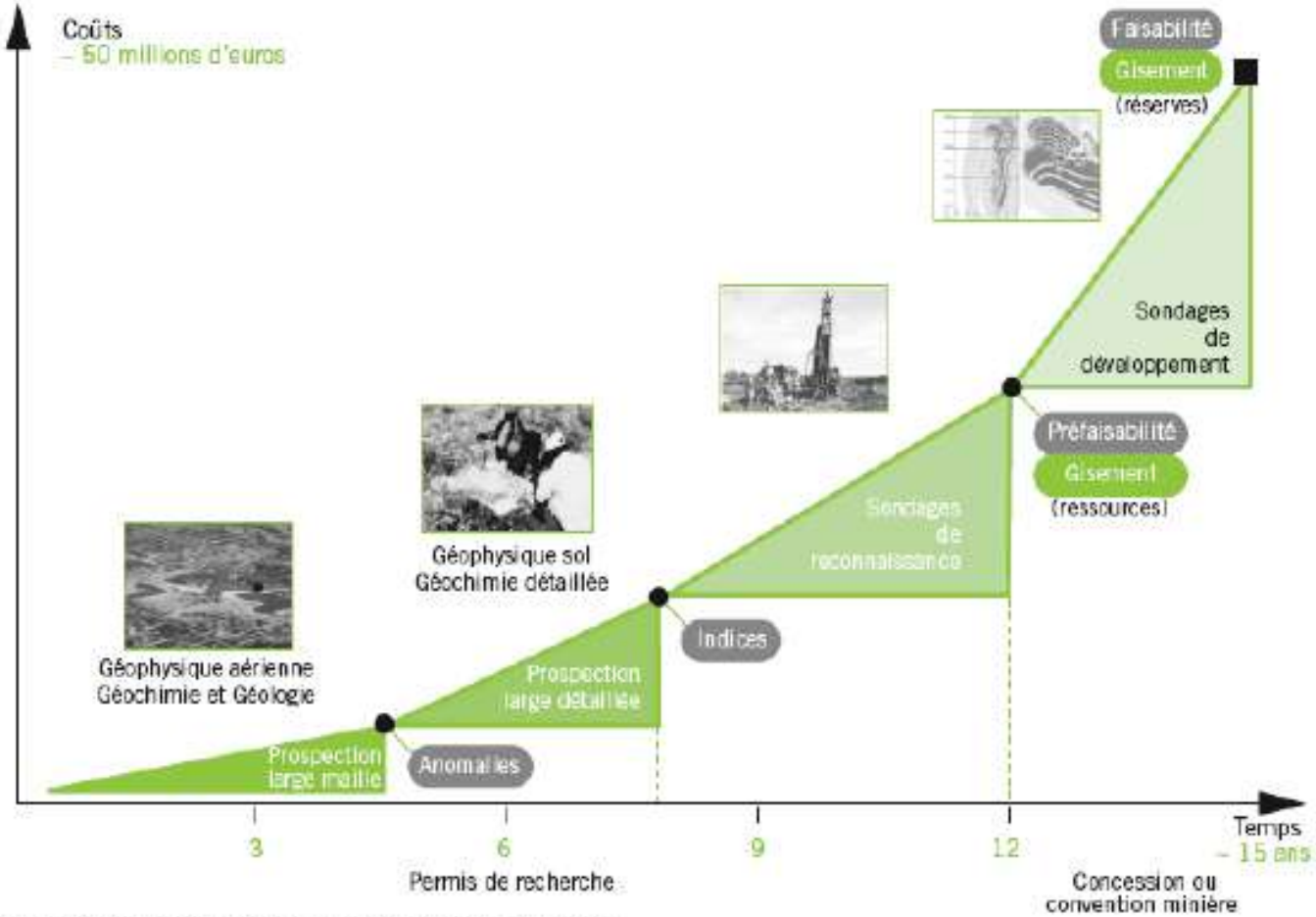


По М.В. Шумилину

- ✓ Прирост обеспечен в основном за счет запасов высоких стоимостных категорий
- ✓ Рост добычи – за счет категории <40$/кг

Сколько стоит открыть месторождение

MODÈLE ÉCONOMIQUE D'EXPLORATION D'UN GISEMENT D'URANIUM : DE L'EXPLORATION À LA FAISABILITÉ D'EXPLOITATION*



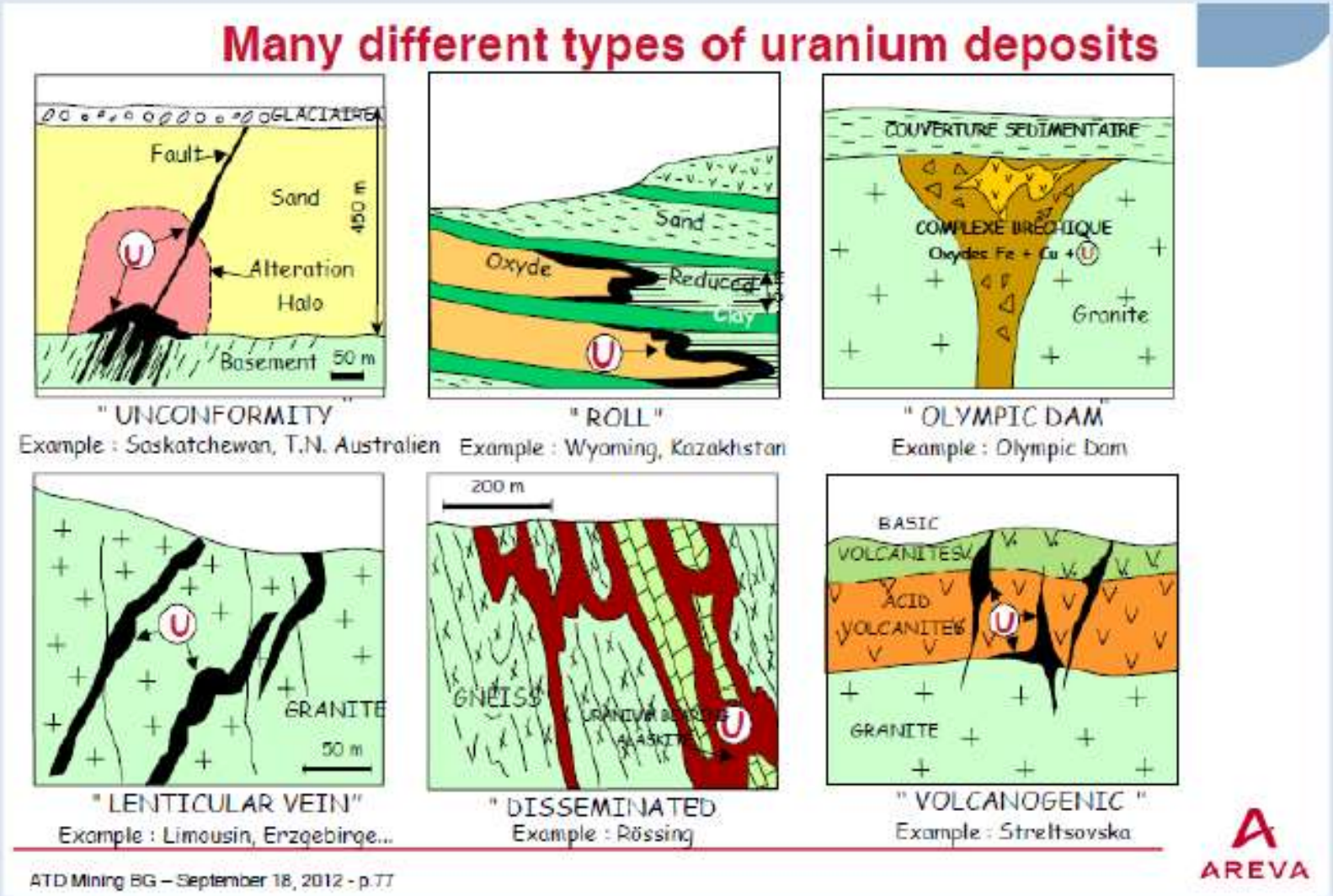
** Avant licencing (obtention du permis d'exploration et construction : 5 à 10 ans).*

Source : AREVA.

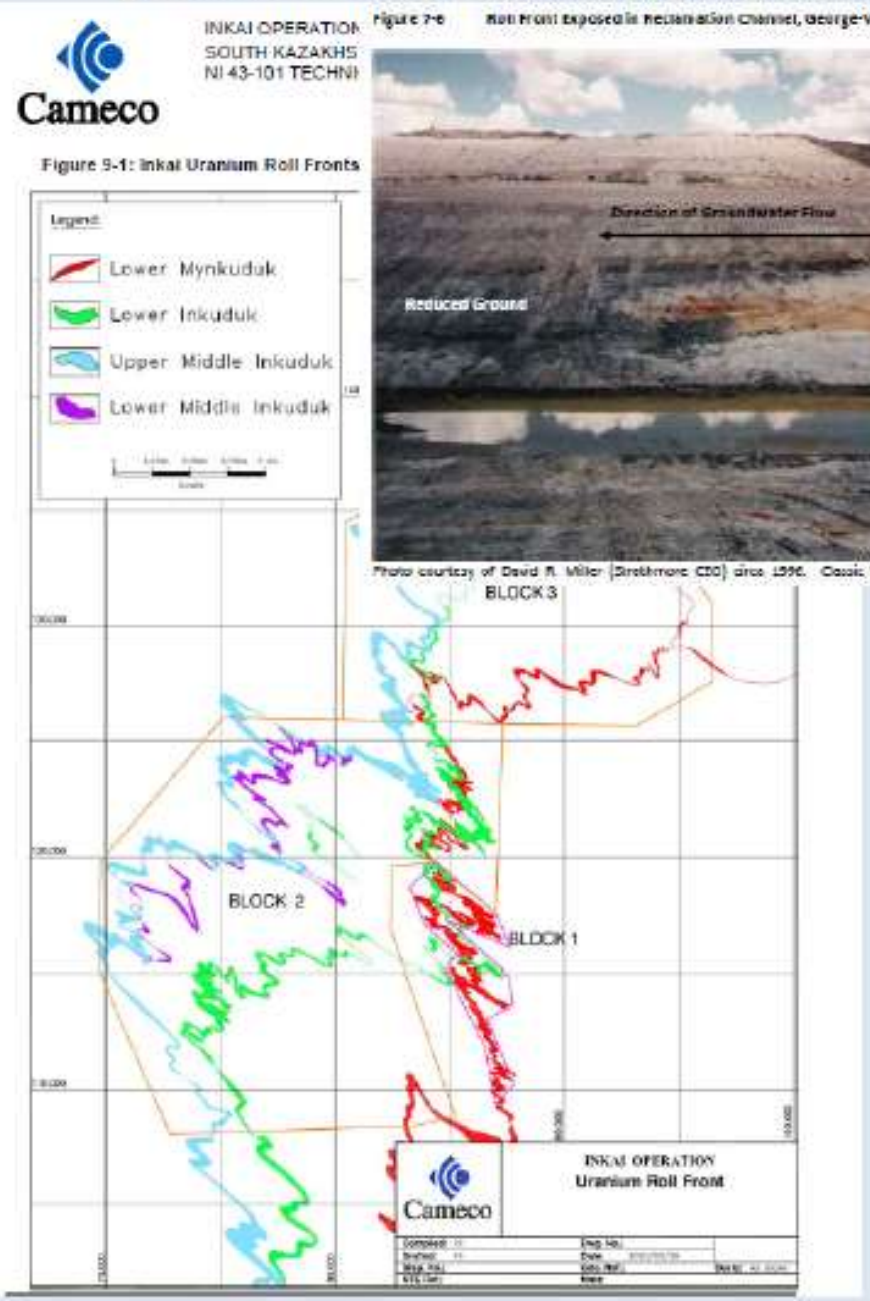
3. Месторождения урана песчаникового типа – месторождения стоимостной категории менее 40-80$/кг

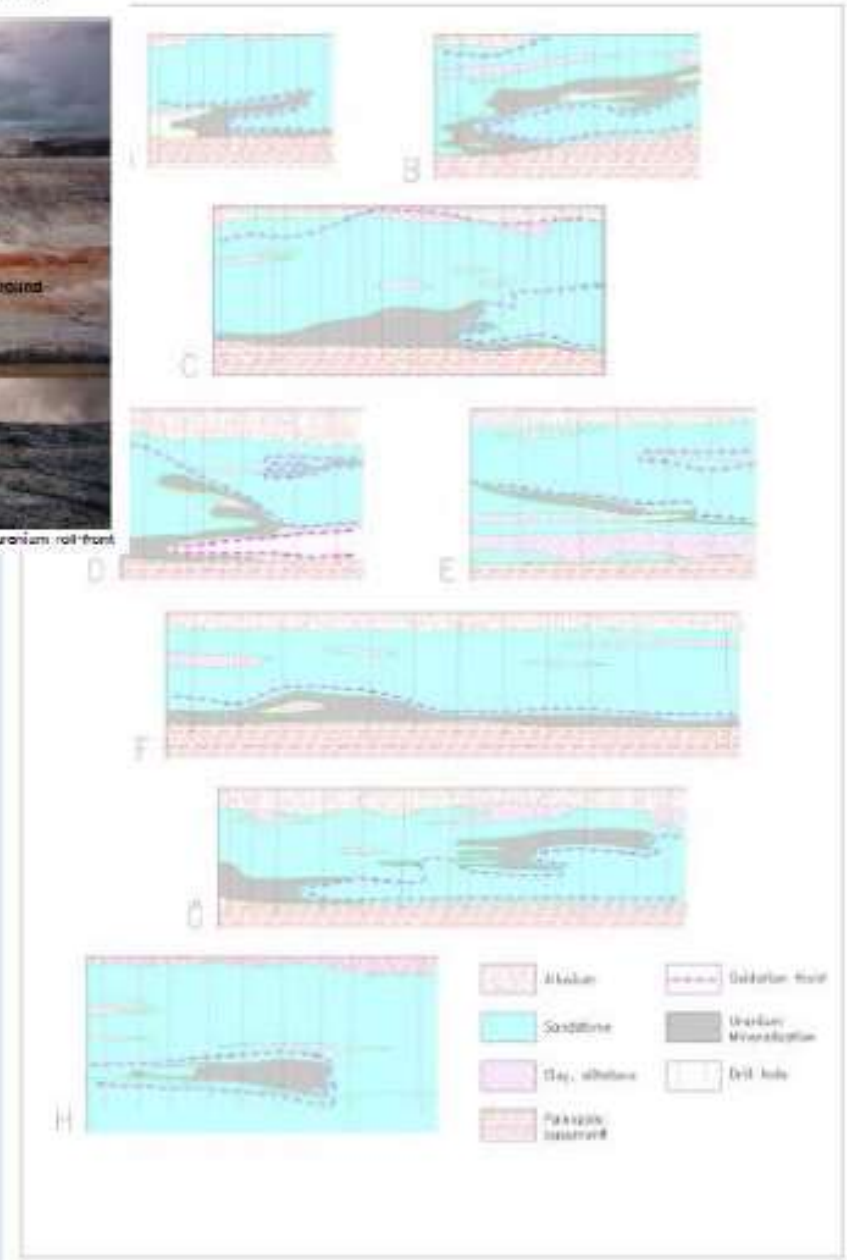
«Песчаниковые» месторождения

1. Месторождения пластового инфильтрационного окисления - ролловые (артезианские бассейны)
2. **Месторождения грунтового окисления (закрытые элизонные системы)**
3. Пластово-приразломные , пластово-трещинные и пластовые (инфильтрационные)
4. Инсоляционные
5. Пластовые диагенетические



Месторождения урана песчаникового типа связанные с выклиниванием зоны регионального пластового окисления, морфология рудных тел и залежей





usburmash

Месторождения урана песчаникового типа связанные с выклиниванием зоны регионального пластового окисления

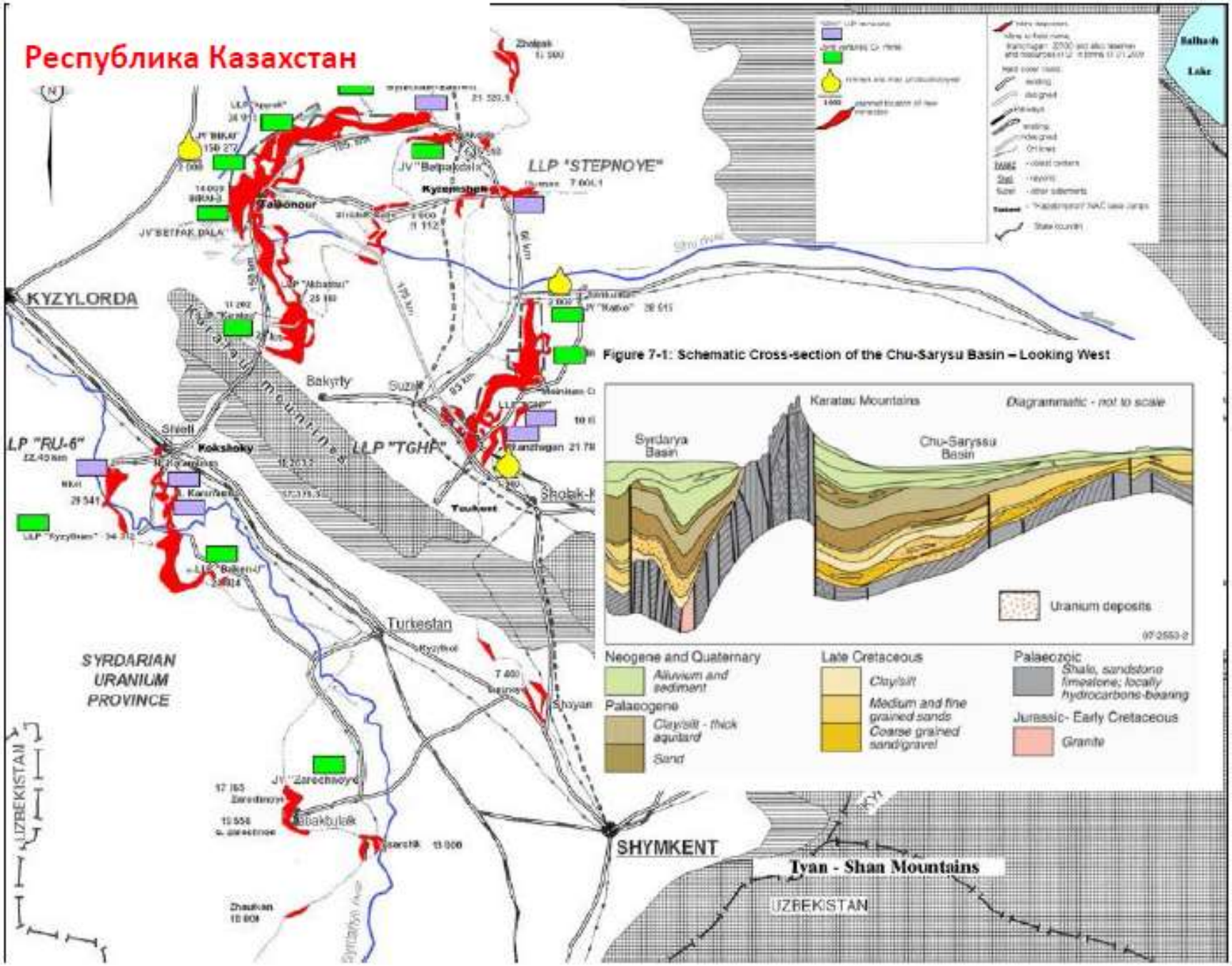
- ✓ Многоярусное расположение рудных тел в разных горизонтах
- ✓ Фронтальное протяженное выклинивание ЗПО почти всегда сопровождается урановой минерализацией

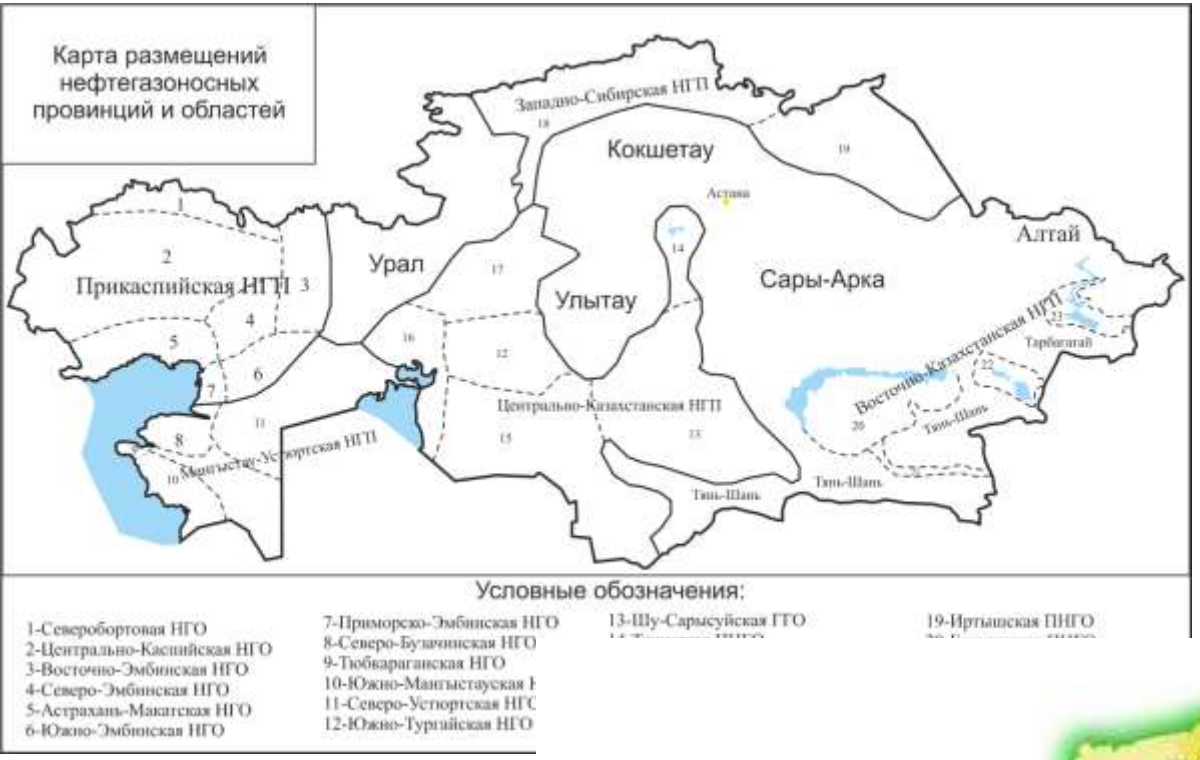
География песчаниковых месторождений, отрабатываемых методом СПВ

по данным Red Book IAEA, 2011

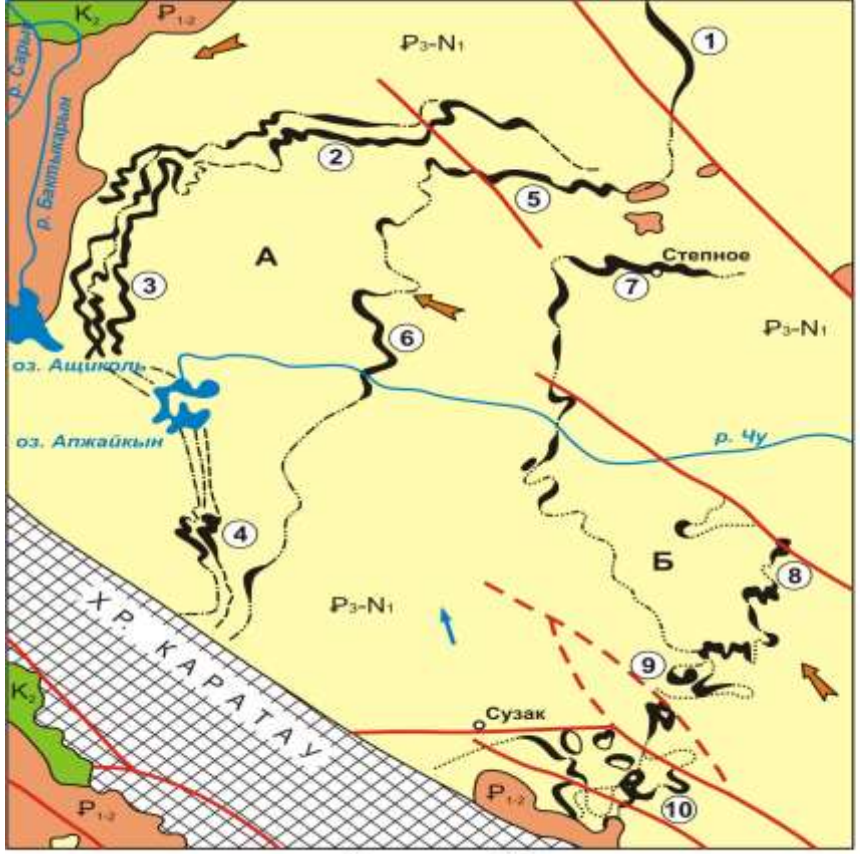
География песчаниковых месторождений, отрабатываемых методом СПВ

Республика Казахстан



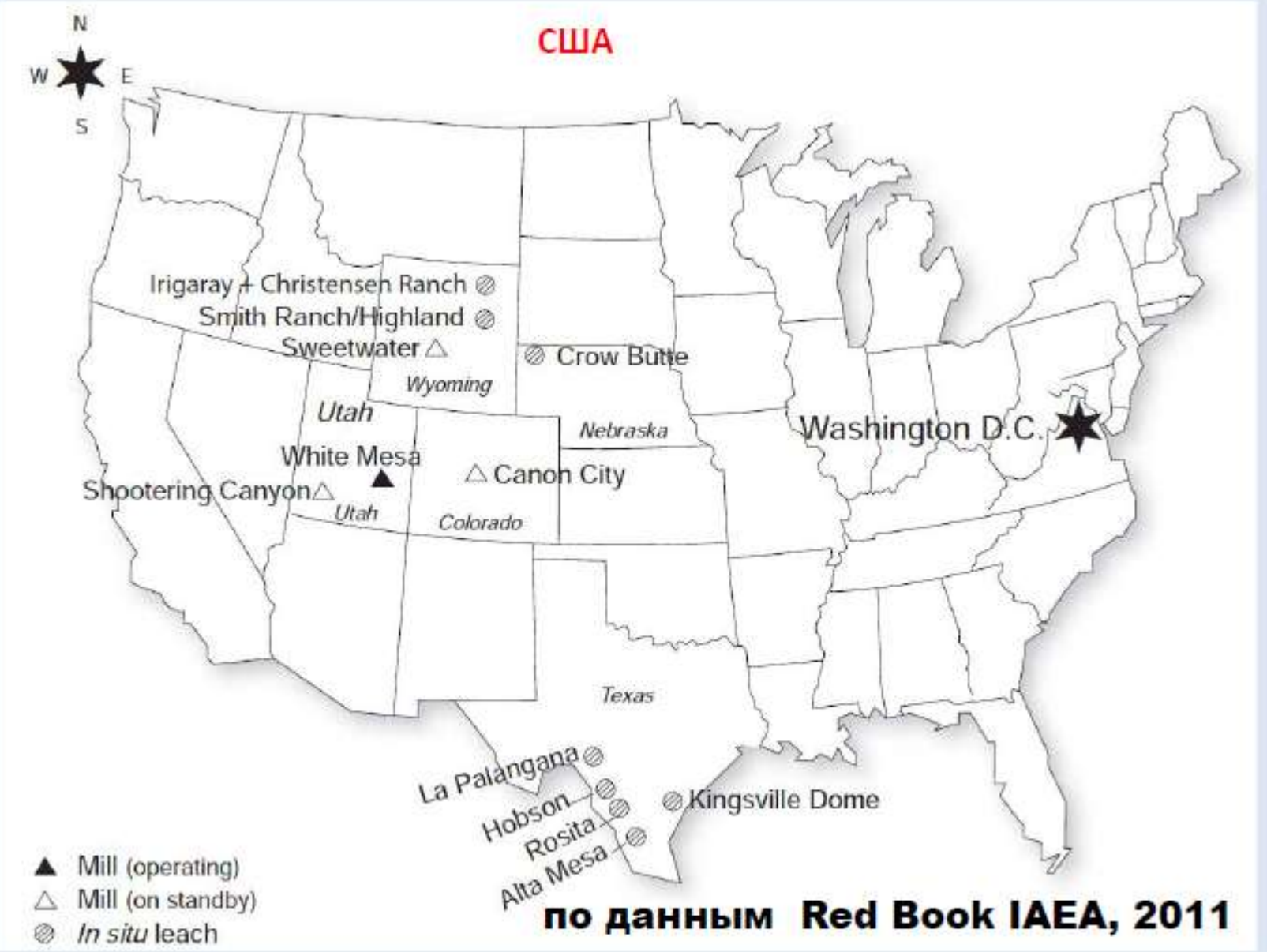

Карта размещений нефтегазоносных провинций и областей
Западно-Сибирская НГП
Кокшетау
Астана
Алтай
Прикаспийская НГП
Урал
Улытау
Сары-Арка
Восточно-Казахстанская НГП
Тарбагатай
Центрально-Казахстанская НГП
Мангыстау-Устюртская НГП
Тянь-Шань
Условные обозначения:
1-Северобортовая НГО
2-Центрально-Каспийская НГО
3-Восточно-Эмбинская НГО
4-Северо-Эмбинская НГО
5-Астрахань-Макатская НГО
6-Южно-Эмбинская НГО
7-Приморско-Эмбинская НГО
8-Северо-Бузачинская НГО
9-Тюбараганская НГО
11-Северо-Устюртская НГО
12-Южно-Тургайская НГО
13-Шу-Сарысуйская ГГО
19-Иртышская ПНГО

Северо-Казахстанская
16.5%
АСТАНА
К А З А Х С Т А Н
Прибалхашская
0.4%
Шу-Сарысуйская
60.5%
Илийская
6%
АЛМАТЫ
Прикаспийская
1.8%
Сырдарьинская
12.4%



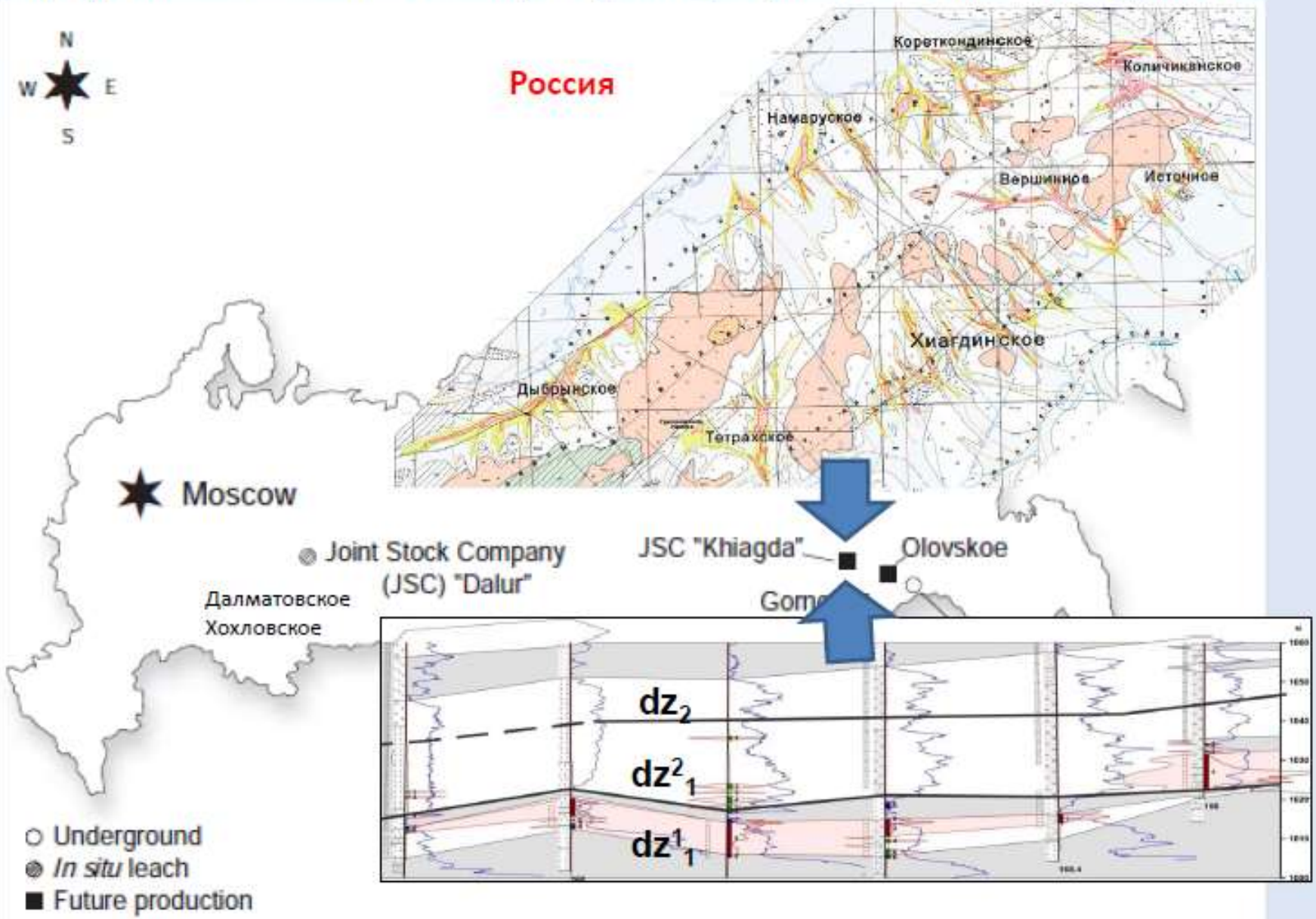
1-6 – мел;
7-10- эоцен.

География песчаниковых месторождений, отрабатываемых методом СПВ



по данным Red Book IAEA, 2011

География песчаниковых месторождений, отрабатываемых методом СПВ



по данным Red Book IAEA, 2011с дополнениями

География песчаниковых месторождений, отрабатываемых и пригодных для отработки методом СПВ

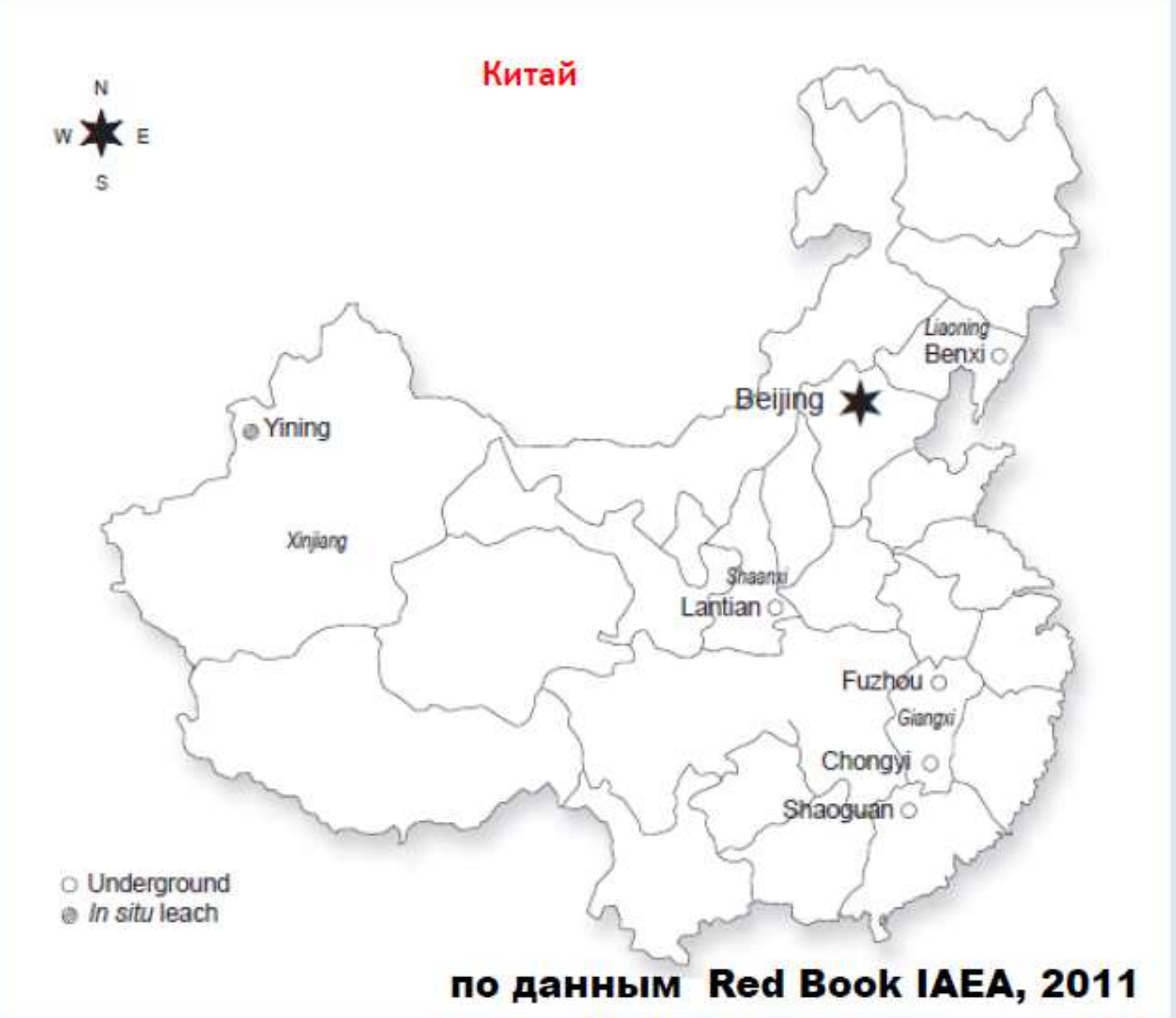
Figure 25 - Roll Front (ISL-type) Uranium Deposi

Австралия

Deposit		Tonnes U_3O_8	Grade	Company
Manyingee	WA	7,860	0.12 %	Paladin Resources
Oobagooma/Yampi	WA	9,950	0.12 %	Paladin Resources
Bennett's Well	WA	1,500	0.16 %	Eagle Bay Resources
Ponton Creek	WA	Prospect		Uranium Australia
Honeymoon[2]	SA	4,600	0.15 %	Southern Cross Resources
East Kalkaroo	SA	900	0.14%	Southern Cross Resources
Gould's Dam	SA	17,600		Southern Cross Resources
Beverley	SA	21,000	0.18 %	Heathgate Resources
Oban	SA	Prospect		Uranium Australia
Angela[3]	NT	11,500	0.13 %	Uranium Australia
Byrglyri	NT	2,700		Joint Venture[4]
Napperby[5]	NT	6,000	0.036 %	Uranium Australia

[1] - compiled from UIC, SEA-US and industry information, tonnes U_3O_8 includes total resource, not ISL amenable resource.
[2] - includes resources east at East Kalkaroo and north at Yarramba, both now owned by SCRA.
[3] - Also referred to as "Pamela".
[4] - Central Pacific Mining / Resolute 42%, Yunaduum Mining 35%, AGIP Australia 18%, & Southern Cross Resources 5% (old source).
[5] - It is unclear if this deposit is the same as Byrglyri from Borshoff (1998).

География песчаниковых месторождений, отрабатываемых методом СПВ

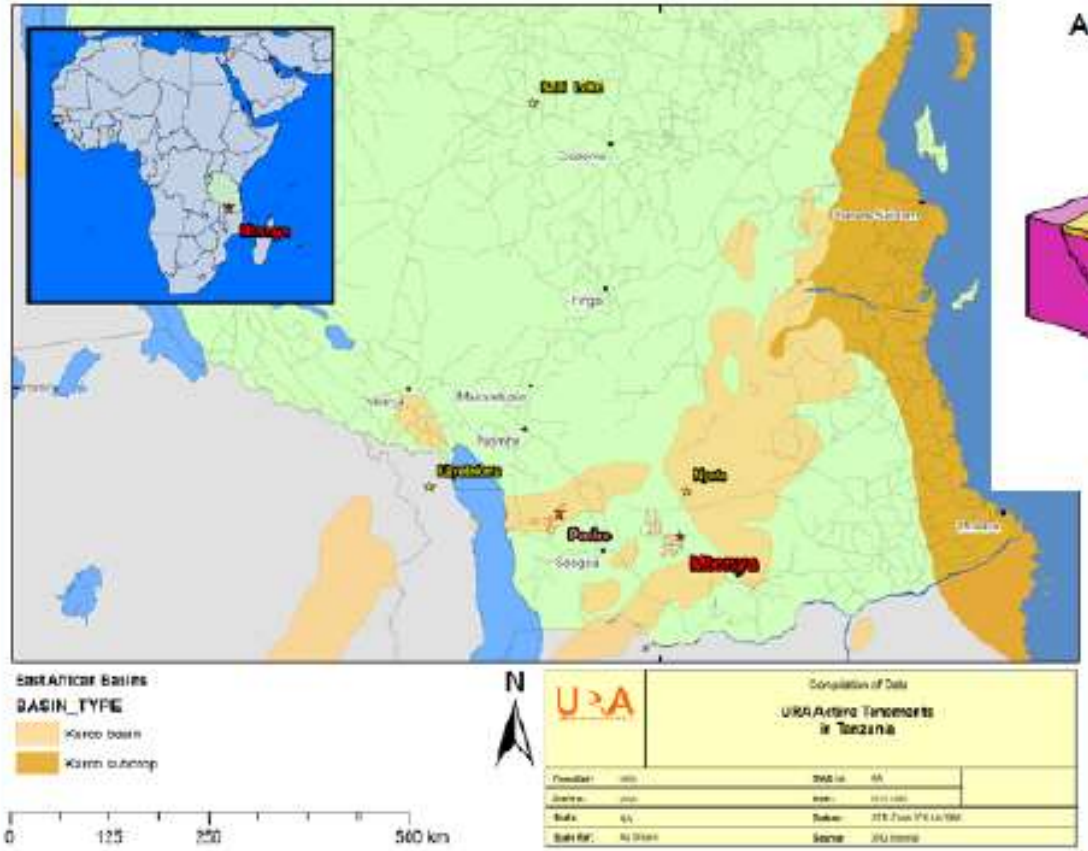


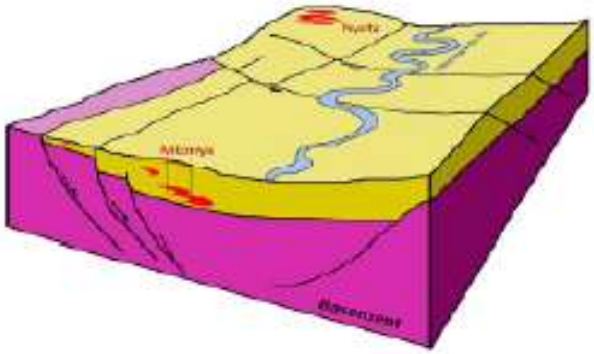
География песчаниковых месторождений, отрабатываемых методом СПВ

по данным Red Book IAEA, 2011

География песчаниковых месторождений, возможна отработка методом СПВ

Танзания





Uranium deposits in the region (global resource, Mlb):

- Kayelekera 25,110 @ 1,088 ppm
- Nyota 119,400 @ 297 ppm
- Dibwe 20,925 @ 267 ppm
- Bahi Lake 14,758 @ 218 ppm

Вещественный состав и СПВ

Месторождения пластового окисления

- ✓ **Урановые черни**
- ✓ Настуран
- ✓ Коффинит

Месторождения грунтового окисления

- ✓ **Коффинит**
- ✓ Нингиоит

Попутные: Селен, ванадий, рений, скандий, молибден, иттрий-лантаноиды (потенциально)

Положительное влияние состава на СПВ и сорбционный передел ↓

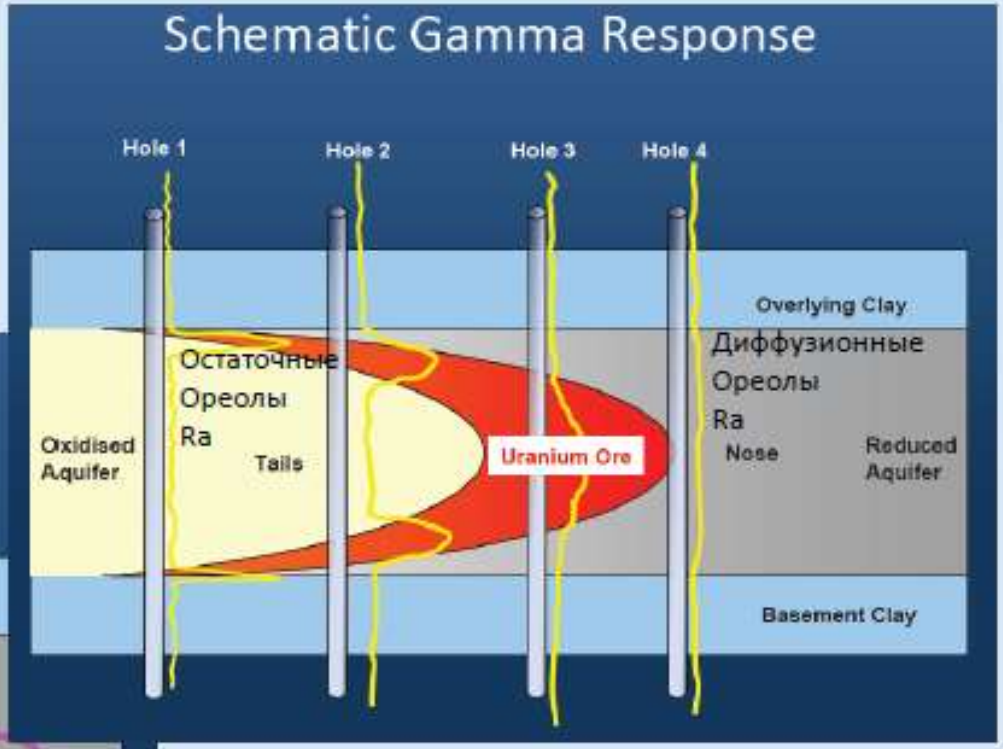
- ✓ С орг. ↓
- ✓ Карбонатность (2% по CO_2) ↓
- ✓ Соотношение U^{6+} / U^{4+} ↑
- ✓ Fe^{3+} ↑
- ✓ ванадий ↓

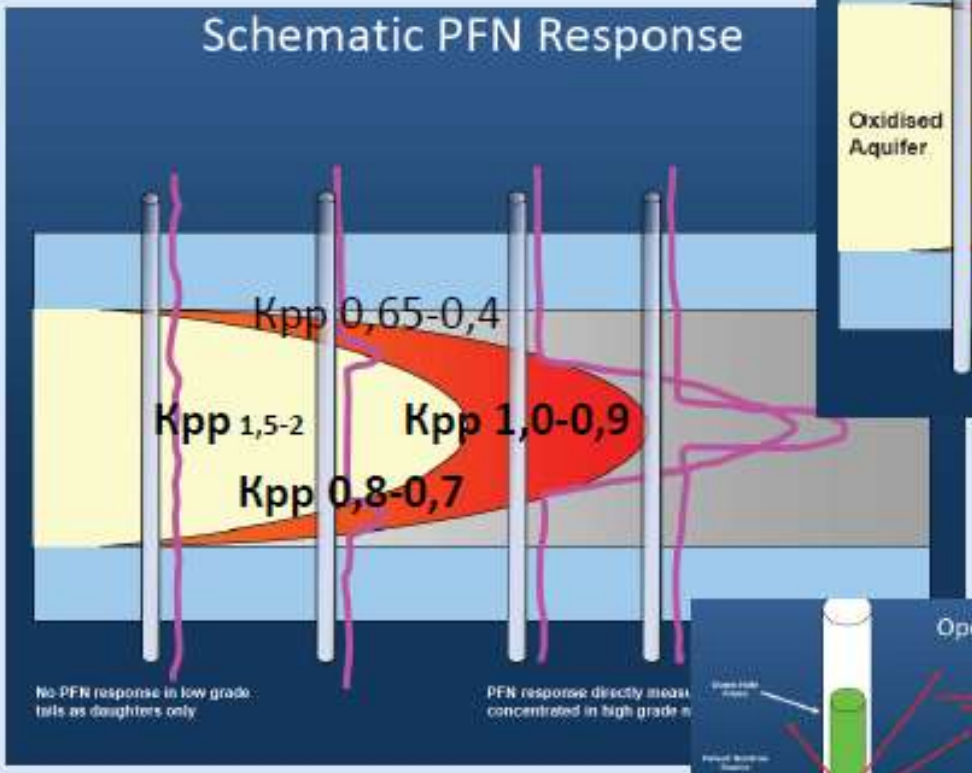
4. Промышленная геология и геотехнология скважинного подземного выщелачивания (СПВ) урана

Специфика оценки и разведки гидрогенных месторождений урана для их отработки методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ)

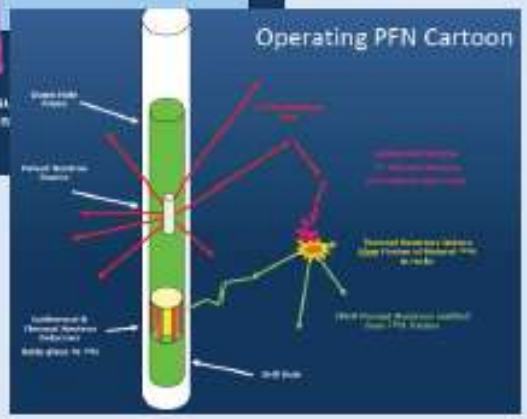
1. Подсчетные параметры (**m, c, mc**) определяются по данным интерпретации гамма-каротажа. ГК – косвенный метод определения урана. **С** - бортовое для рудных интервалов обычно 0.01%, **определяется аппаратурными возможностями и технической возможностью извлечения, не имеет экономического смысла (!)**. Специфическая методика опробования.
2. Руды часто не равновесны по соотношению урана и продуктов его распада (Крр от 0,2 до 2), есть радиевые ореолы, эффект отжатия радона.
3. Определяющее условие возможности СПВ – проницаемые обводненные руды. Важно изучить гидрогеологические условия, фильтрационные свойства разреза (неоднородности).
4. Для СПВ менее жесткие требования к выявлению деталей строения и изменчивости формы залежей, по сравнению с горным способом отработки.
5. Исходные данные для ТЭО получают по результатам опытно-промышленных (много скважинных) работ. Длительность этих работ нельзя сократить привлечением дополнительных ресурсов.

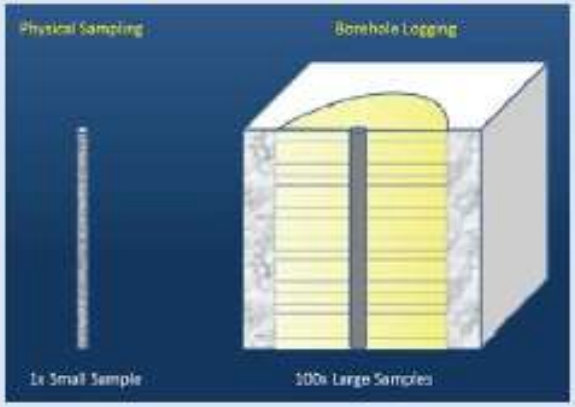
Идеализированная радиогеохимическая зональность





Высокая представительность ГК и дифференциация (через 10см.)





Метод КНД-М

По Skidmore с дополнениями

Специфика кондиций для СПВ

1. Критерии разделения на проницаемые/непроницаемые

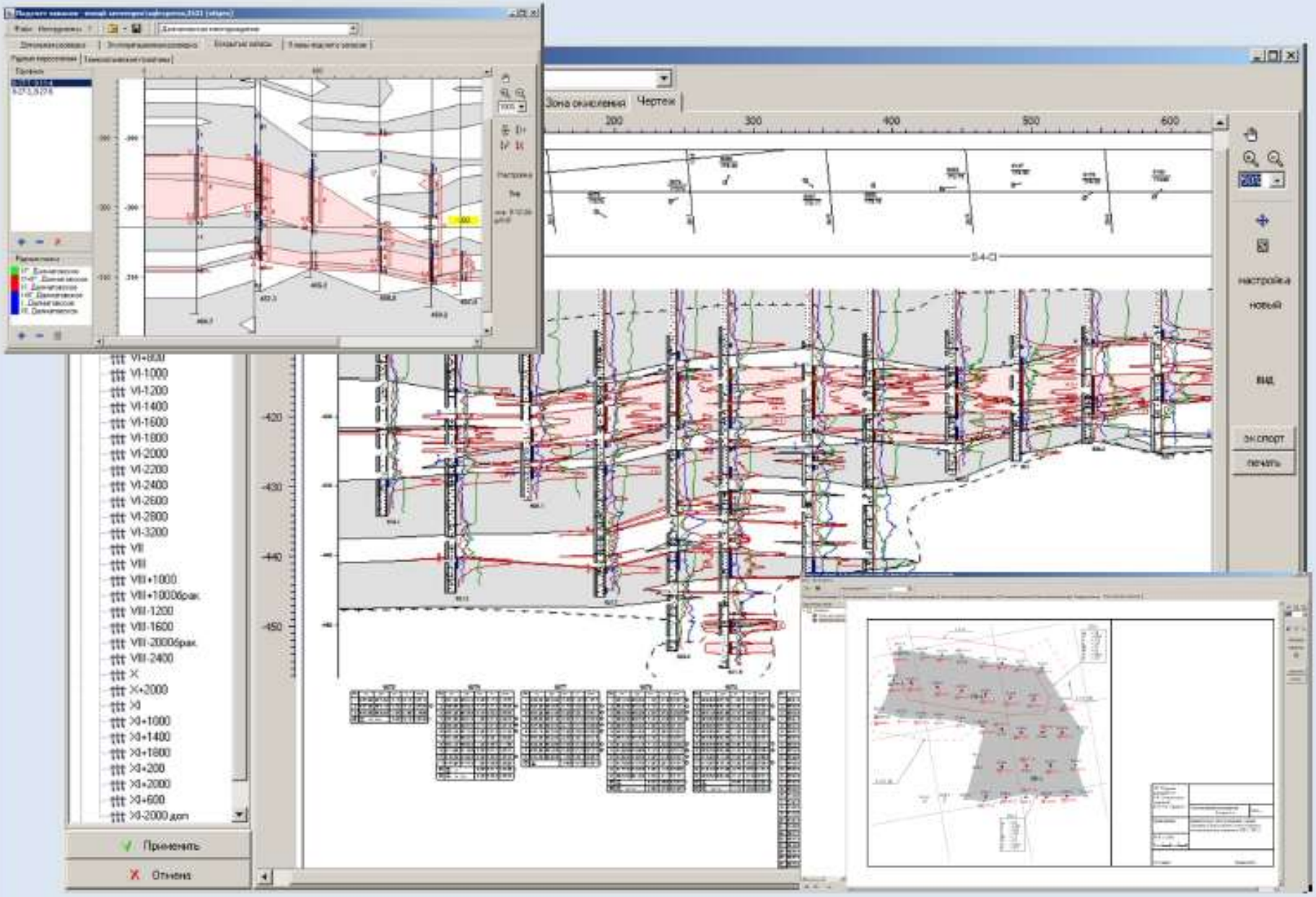
- ✓ *минимальный коэффициент фильтрации*
- ✓ *максимальное содержание С гл.+алевр.частиц*
- ✓ *максимальная карбонатность*
- ✓ *соотношение рудная/эффективная мощности*

2. Продуктивность руд

- ✓ *Минимальная продуктивность для оконтуривания в плане (МС)*

Не учитывается разубоживание

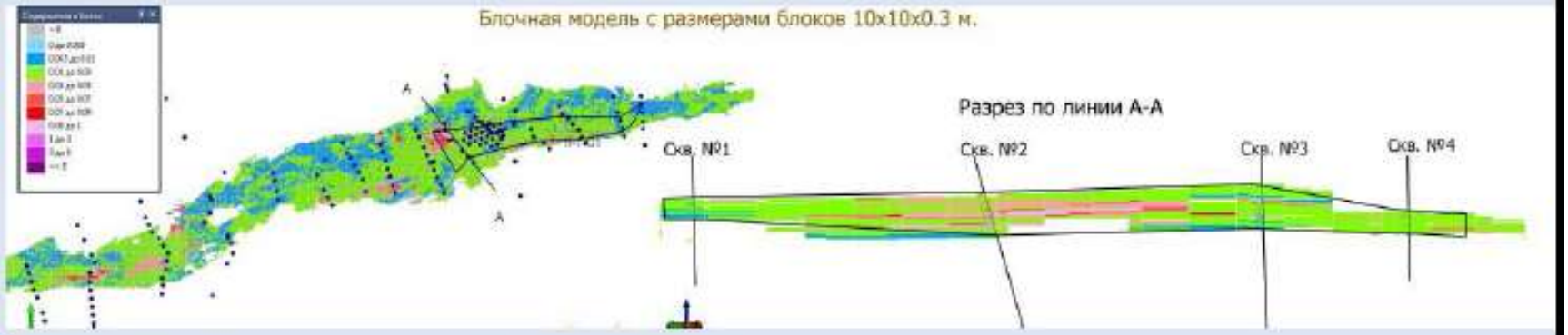
Специфика подсчета запасов



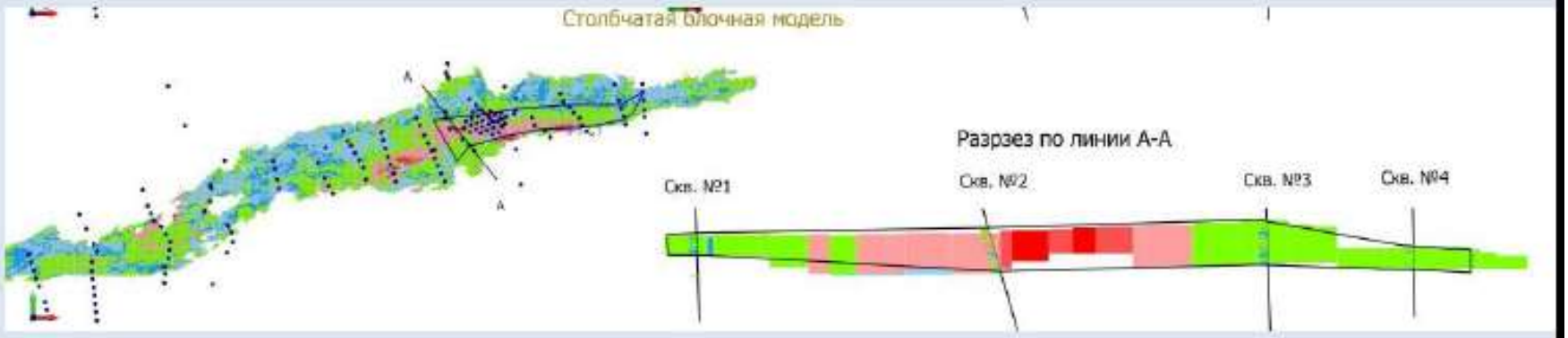
Методика моделирования гидрогенных месторождений урана

Для блочного моделирования гидрогенных урановых месторождений, не применима без доработки, методика блочного моделирования месторождений предназначенных для отработки традиционными горными способами (карьер или подземная отработка).

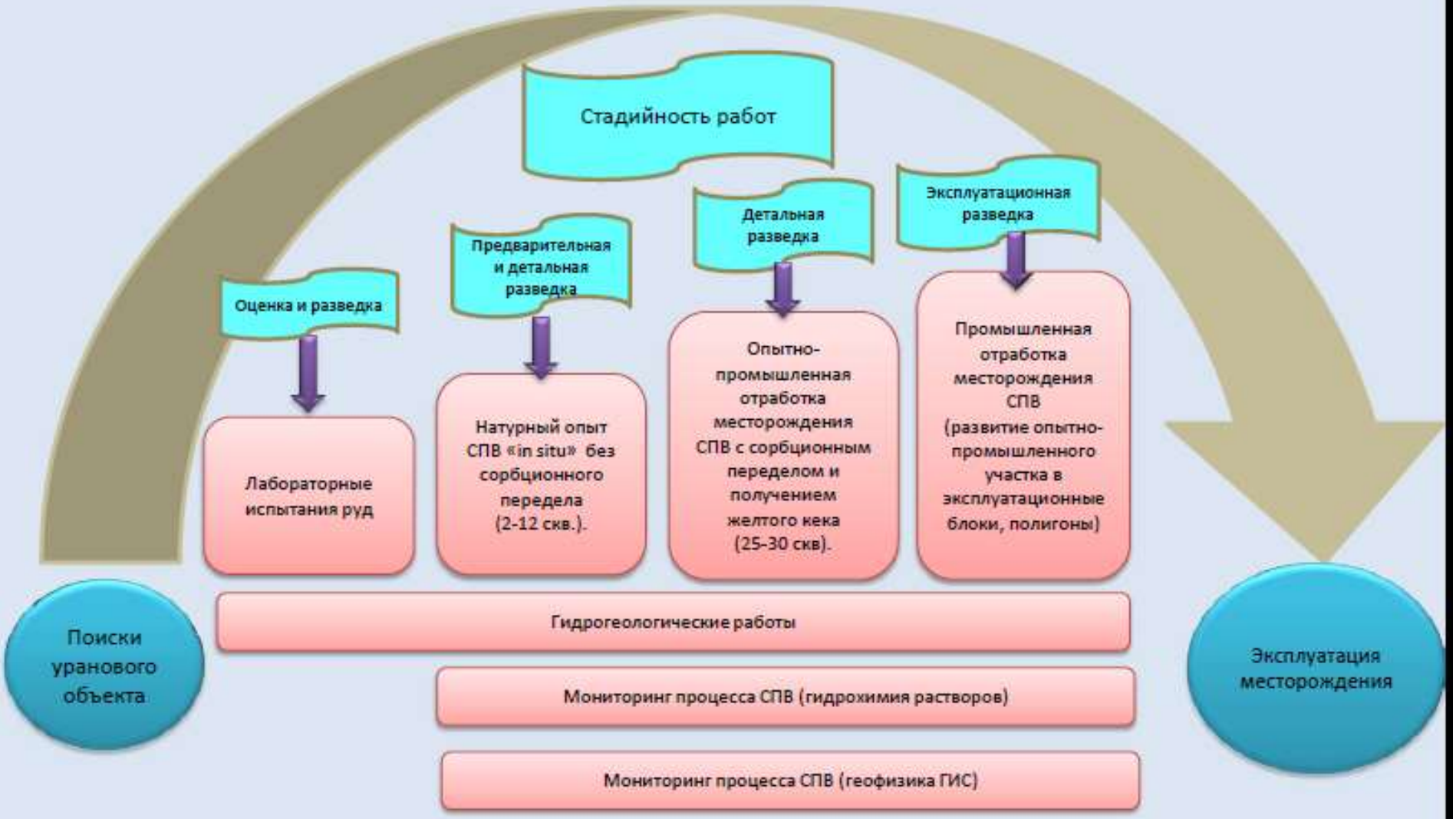
Классическая ГММ



Преобразованная «столбчатая» ГММ

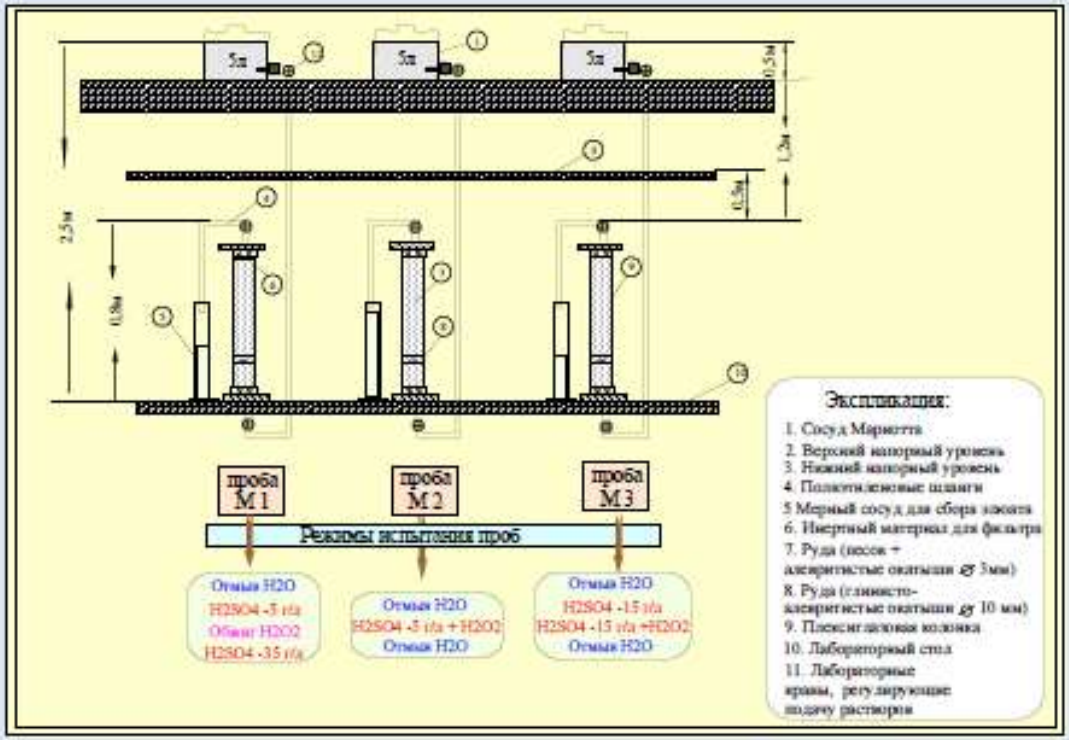


Геотехнологические исследования при разведке месторождения урана под отработку СПВ



rusburmash

Лабораторные испытания руд

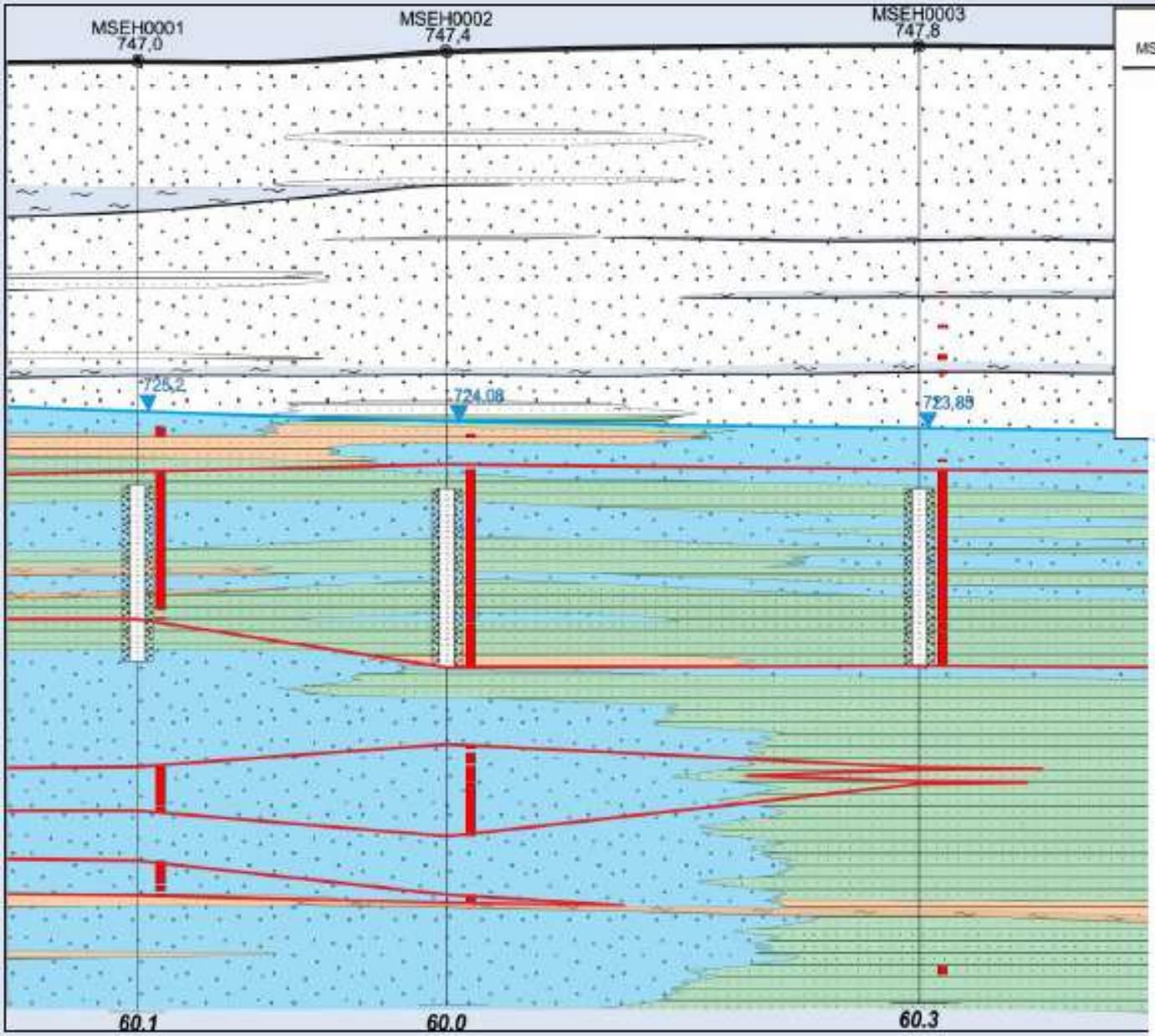


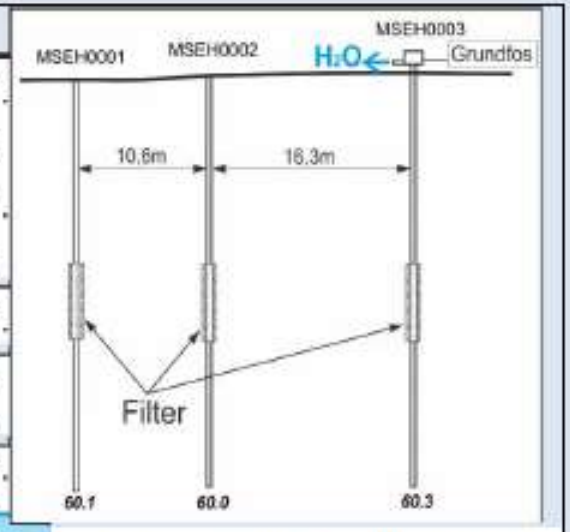
Цель – выяснение принципиальных возможностей осуществления фильтрации растворителя по рудному пласту и удовлетворительного извлечения металла из руд применяемыми растворителями. **Установление целесообразности разведки месторождения под СПВ.**

Задачи: определение проницаемости рудовмещающего пласта и геотехнологических свойств основных литолого-фильтрационных типов руд, целесообразность использования способов интенсификации выщелачивания (окислители, физические поля и др.).

Результат – предварительные геотехнологические показатели - проницаемость, реагент и его концентрация, удельный расход реагента, концентрация урана в продуктивном растворе. **Целесообразность продолжения разведки месторождения.**

Изучение гидрогеологических условий и параметров руд и рудовмещающего горизонта





Изучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий участка для определения основных гидрогеологических параметров (коэффициента фильтрации, проницаемости пород, коэффициента пъезопроводности, дебита, удельного дебита, приёмистости, радиуса влияния, показателя перетекания и водоотдачи) и изучение гидродинамического режима фильтрации рудовмещающих отложений.

rusburmash

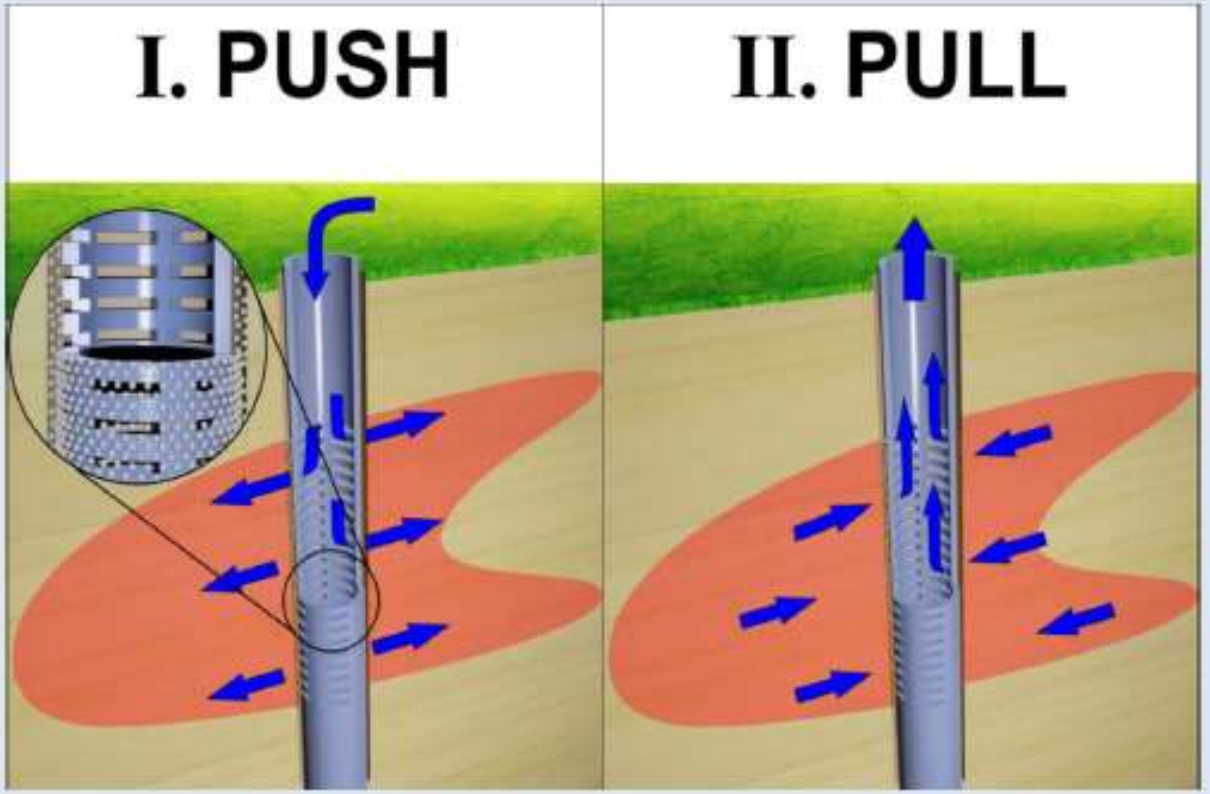
Геотехнологическое экспрессное опробование в условиях естественного залегания руд

Состав работ:

- Составление программы и регламента проведения опыта в режиме «Push-Pull».
- Сооружение технологических, наблюдательных и технической скважин.
- Геофизические исследования скважин (ГИС).
- Геологическое сопровождение бурения.
- Технологическая обвязка опытного участка.
- Проведение опыта «Push-Pull».
- Экспресс-аналитическое сопровождение опыта.
- Аналитические исследования проб керна, растворов и подземных вод .
- Составление отчета по результатам работ с выдачей исходных данных для проектирования двускважинного опыта СПВ.

I. Выщелачивающий раствор

II. Продуктивный раствор



rusburmash

Натурные испытания руд СПВ без сорбционного передела

Цель – обеспечение возможности проведения прогнозных геотехнологических расчётов для основных характерных участков месторождения. Установление целесообразности вовлечения месторождения в опытно-промышленную эксплуатацию

Задачи: определение геотехнологических параметров рудовмещающего пласта и их связи с основными природными факторами на характерных участках месторождения. Схематизация геотехнологических условий месторождения, в т.ч.

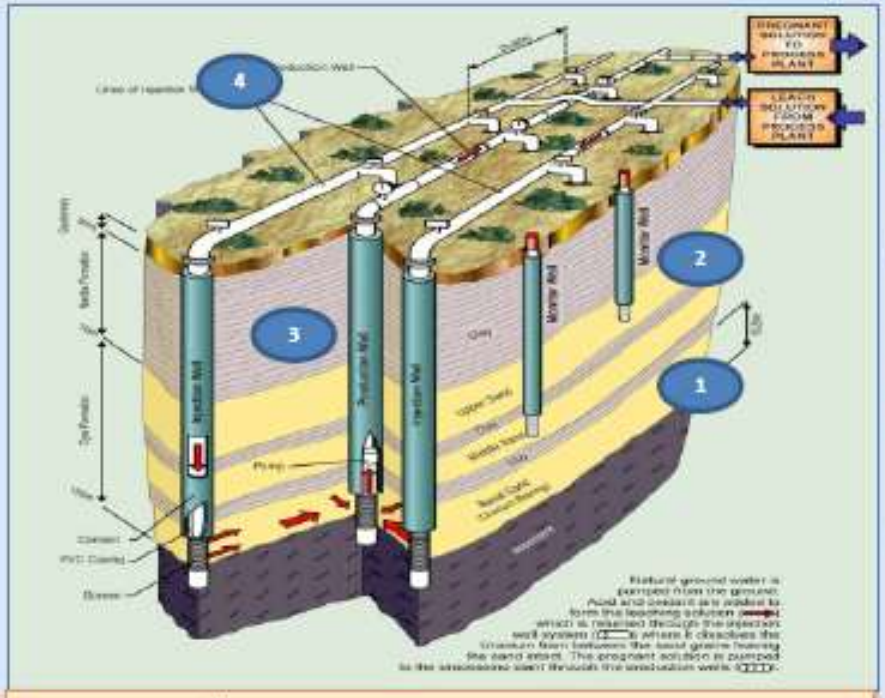
Лабораторные испытания руд , интенсификация процесса (окислитель, воздействие физ. полями и т.д.)

Экология:

- Оценка защитных геохимических свойств среды рудоносных горизонтов.
- Постоянно-действующие экологические модели

Результат –исходные геотехнологические параметры для ТЭО опытно-промышленной отработки месторождения

Опытно-промышленная отработка месторождения СПВ с сорбционным переделом и получением желтого кека (25-30 скв)



1 – рудоносный горизонт; 2 – закачная скважина; 3 – откачная скважина; 4 - трубопроводы; 5 – направление продуктивных растворов в цех переработки с использованием сорбции, десорбции, осаждения и фильтрования; 6 – выщелачивающие растворы доукрепленные серной кислотой.

Цель – обеспечение проектирования промышленной эксплуатации месторождения всей необходимой исходной геотехнологической информацией

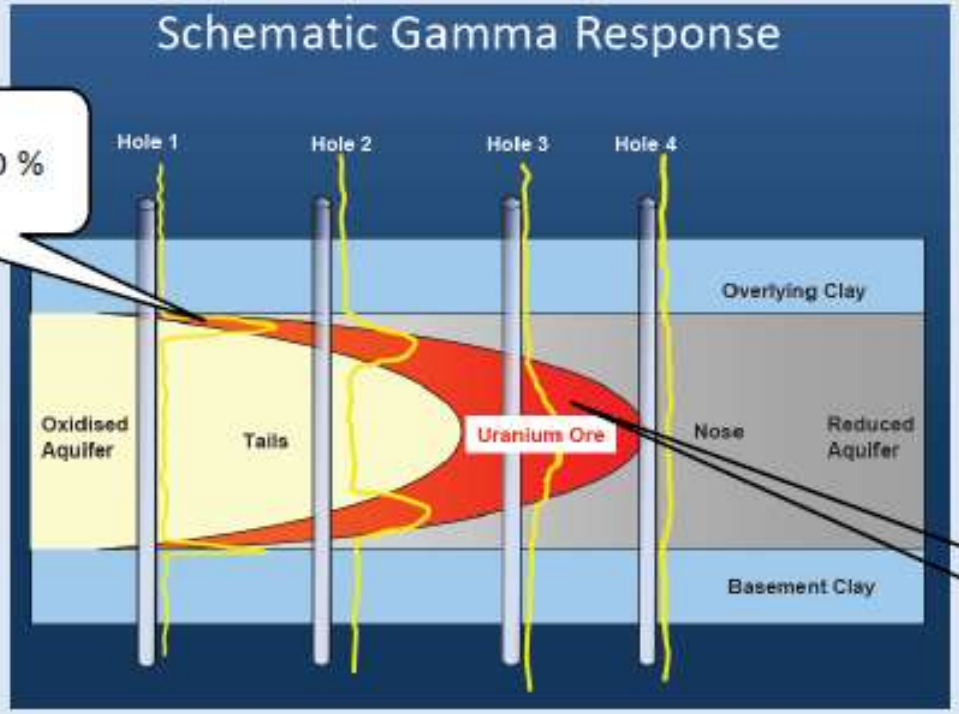
Задачи: получение прямых параметров отработки месторождения системой скважин, предполагаемой далее к эксплуатации, в т.ч.:

- Выбор оптимальных схем вскрытия и режимов закисления рудных залежей (геотехнологическое моделирование).
- Изучение окислительно-восстановительного состояния руд для выбора интенсификаторов процесса (окислители).

Результат – исходные данные к ТЭО и переход к промышленной эксплуатации месторождения.

Наиболее важные геотехнологические параметры для оценки экономики процесса СПВ

1. Ж:Т (масса растворов:прорабатываемая горнорудная масса)
2. Извлечение (80%)
3. Удельный дебит скважин (м.куб. / м. понижения уровня)



Извлечение 20-40 %

В среднем 80 %

Извлечение более 90 %

Возможные «проблемные места» геолого-экономической оценки объектов под СПВ

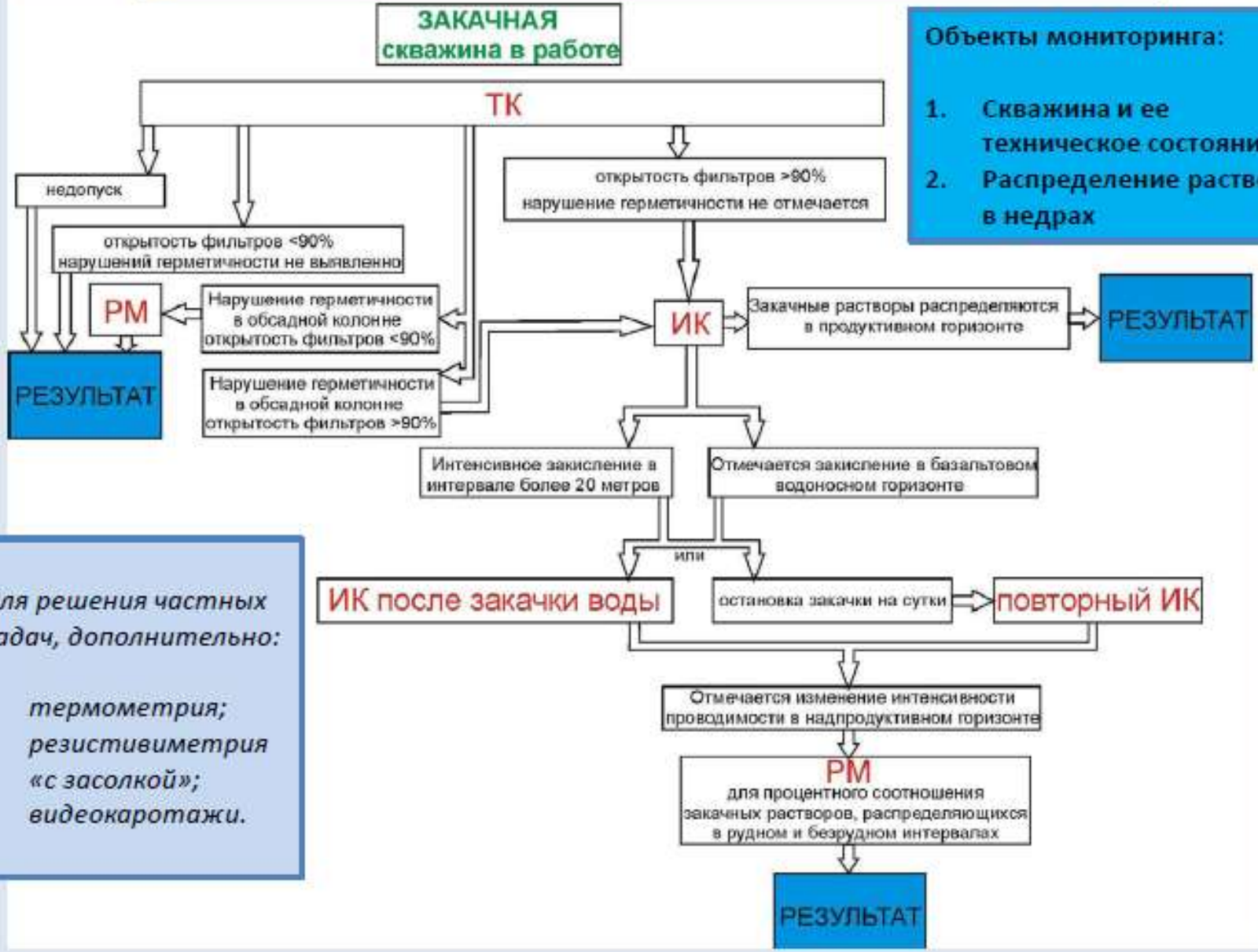
1. Качество (контроль) гамма-каротажа (ГК)
2. Привязка керна (и кернового опробования) к ГК
3. Качественное изучение радиологических свойств (соблюдение методики, в т.ч. опробования, эффекты отжатия радона)
4. Изучение фильтрационных неоднородностей разреза
5. Гидрогеологические работы
6. Качество опытно промышленных работ и представительность их результатов для месторождения в целом

usburmash

Методы ГИС на объекте СПВ урана

Этапы исследования скважины	Комплекс геофизических исследований	Круг решаемых задач	Скважинная аппаратура
Открытый ствол	Скважина без осложнений при бурении: - гамма-каротаж количественный, - электрокаротажи КС и ПС, - кавернометрия - инклинометрия Скважина с осложнениями: - гамма-каротаж количественный, - электрокаротажи КС и ПС, - инклинометрия	- литологическое расчленение разреза, - определение параметров вскрытых рудных интервалов для подсчета уточненных геологических запасов урана в недрах, - оценка технологических свойств руд, - определение и уточнение конструкции скважины в соответствии со вскрытым разрезом, - определение положения скважины в пространстве и контроль допустимого ее отклонения от проектного.	Комплексные приборы КСП-38МКС, Радиометры СПР-48МК и 48С с каналами КС и ПС, Инклинометры ИОН-2, Кавернометры КМ-43,
Технологическая колонна	- термометрия, - токовый каротаж - видеокаротаж	- контроль процесса сооружения скважины и определение ее фактической конструкции в горном массиве	Термометры КПТТ-40, ЭТС-10У, КТ-4С, приборы токового каротажа, СПЭК, R-CAM 1000
Освоенная скважина	- расходометрия - токовый каротаж - индукционный каротаж - видеокаротаж	- контроль процесса сооружения и освоения скважины и определение ее фактической конструкции в горном массиве, - контроль технического состояния скважин, - получение фоновых данных для мониторинга процесса ПВ в недрах.	расходомеры РЭТС-2М, РЭТС-2МК и РЭТС-4, приборы токового каротажа, СПЭК, ИК-42, ПИК-50, ПИК-50М, R-CAM 1000
Мониторинг процесса ПВ на действующем полигоне	- индукционный каротаж, в том числе со сменой растворов - термометрия - токовый каротаж - резистивиметрия - видеокаротаж - расходометрия	- контроль технического состояния скважин, - оценка технологических свойств руд, - мониторинг процесса выщелачивания в недрах.	расходомеры РЭТС-2М, РЭТС-2МК и РЭТС-4, приборы токового каротажа, СПЭК, ИК-42, ПИК-50, ПИК-50М, резистивиметр РИС-38МК, аппаратура видеокаротажа R-CAM 1000 (США)

Блок-схема обслуживания полигона СПВ методами ГИС стандартный комплекс



Объекты мониторинга:

1. **Скважина и ее техническое состояния**
2. **Распределение растворов в недрах**

Для решения частных задач, дополнительно:

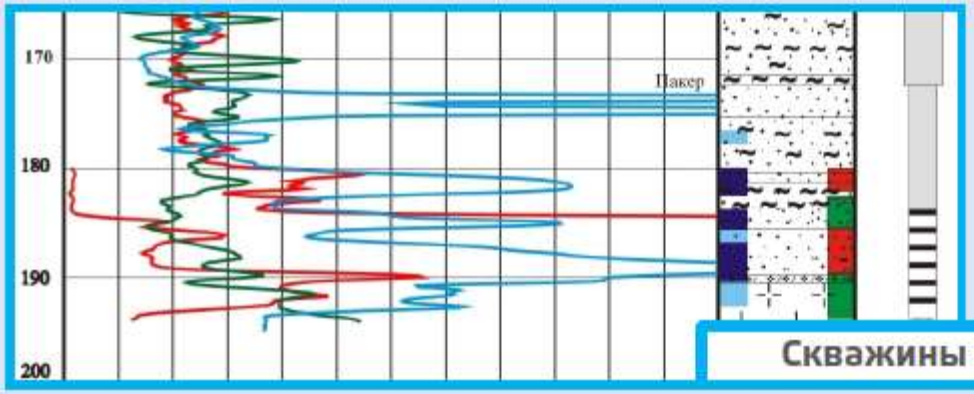
- *термометрия;*
- *резистивиметрия «с засолкой»;*
- *видеокаротажи.*

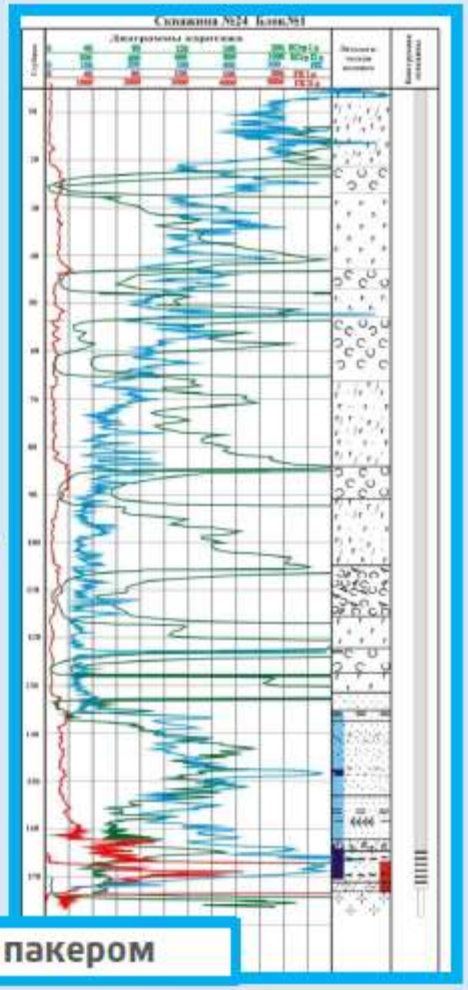
rusburmash

Индукционный каротаж методом «двух растворов»

Задачи и методика

С целью выявления интервалов пород, вовлеченных в активный процесс выщелачивания, в том числе и в безрудной части разреза в случае формирования перетоков по затрубному пространству стволов скважин, проводится индукционный каротаж в два этапа.
При подаче рабочих растворов с высокой кислотностью (8-12г/л) хорошо проницаемые интервалы разреза характеризуются высокими значениями проводимости
(от 250 до 1000 и более мСим).
При последующей подаче воды с нормальной кислотностью (pH 6-7) значения проводимости этих интервалов сменяются на аномально-низкие (от n*10 мСим до 200 мСим).
Значения проводимости непроницаемых и плохо проницаемых пород разреза при смене кислотности растворов остаются неизменными.





Скважины с пакером

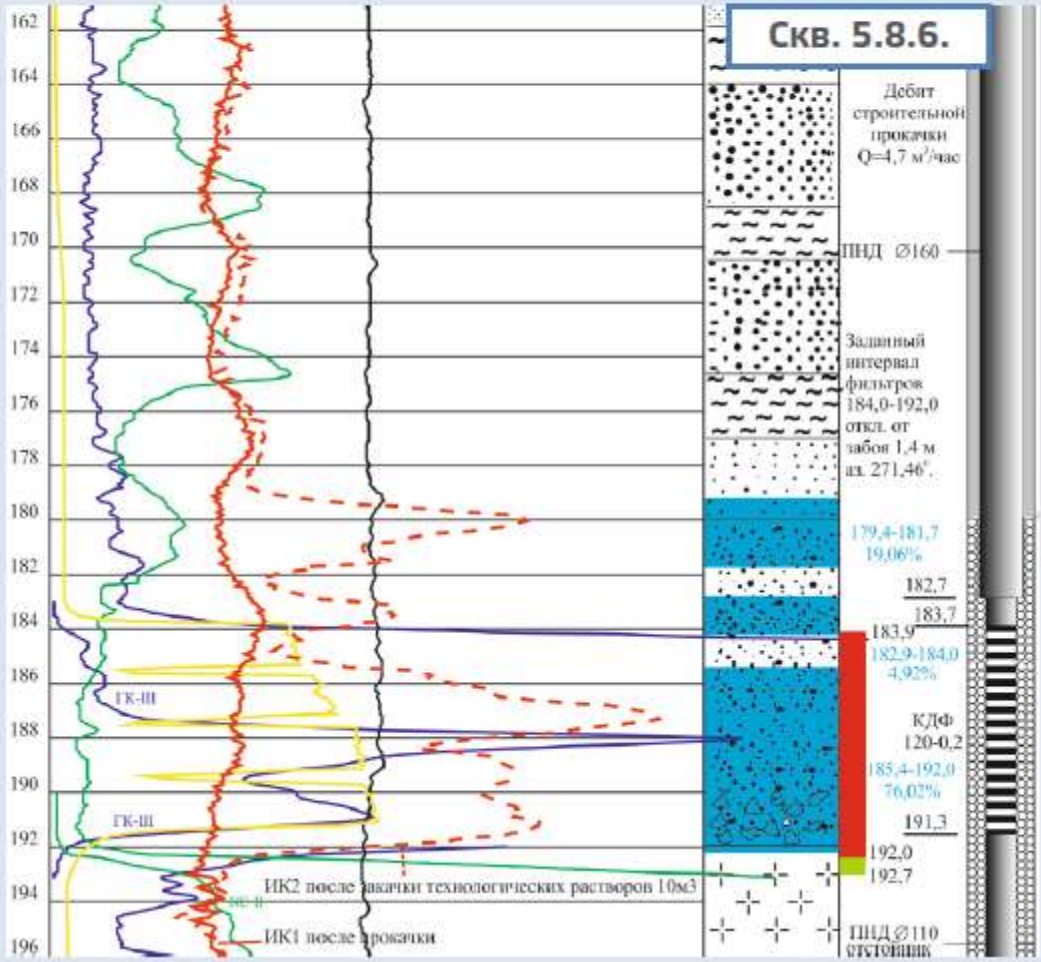
перетоков

В) воды надрудных горизонтов, разубоживающие продуктивные технологические растворы

Водоносный горизонт в базальтах

rusburmash

Индукционный каротаж методом «двух растворов»
Методика, варианты применения, результаты



Вариант мониторинга распространения растворов в разрезе:

1. **Фоновый каротаж ИК освоенной скважины.**
2. **ИК после закачки технологических растворов.**

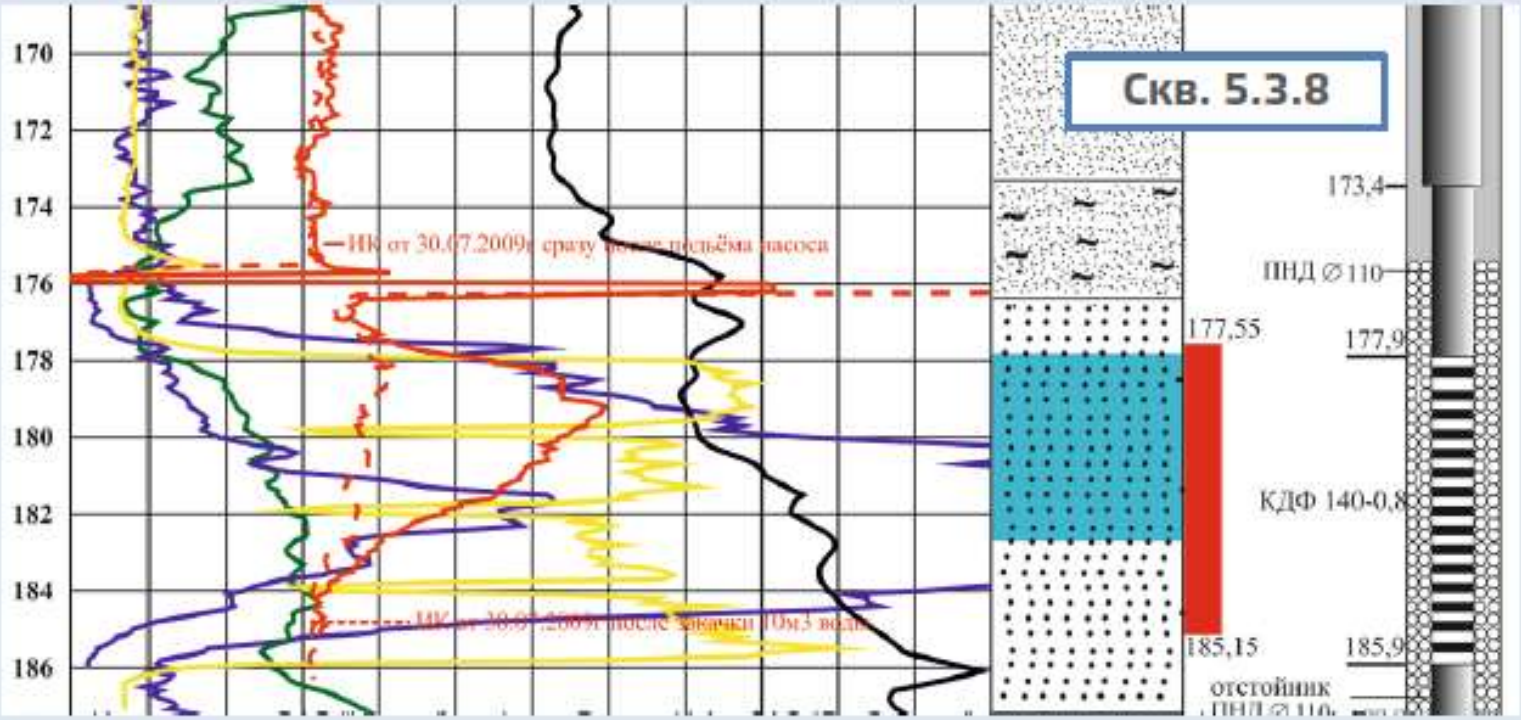
полигоне	- расходометрия		1000 (США)

rusburmash

Индукционный каротаж методом «двух растворов» Методика, варианты применения, результаты

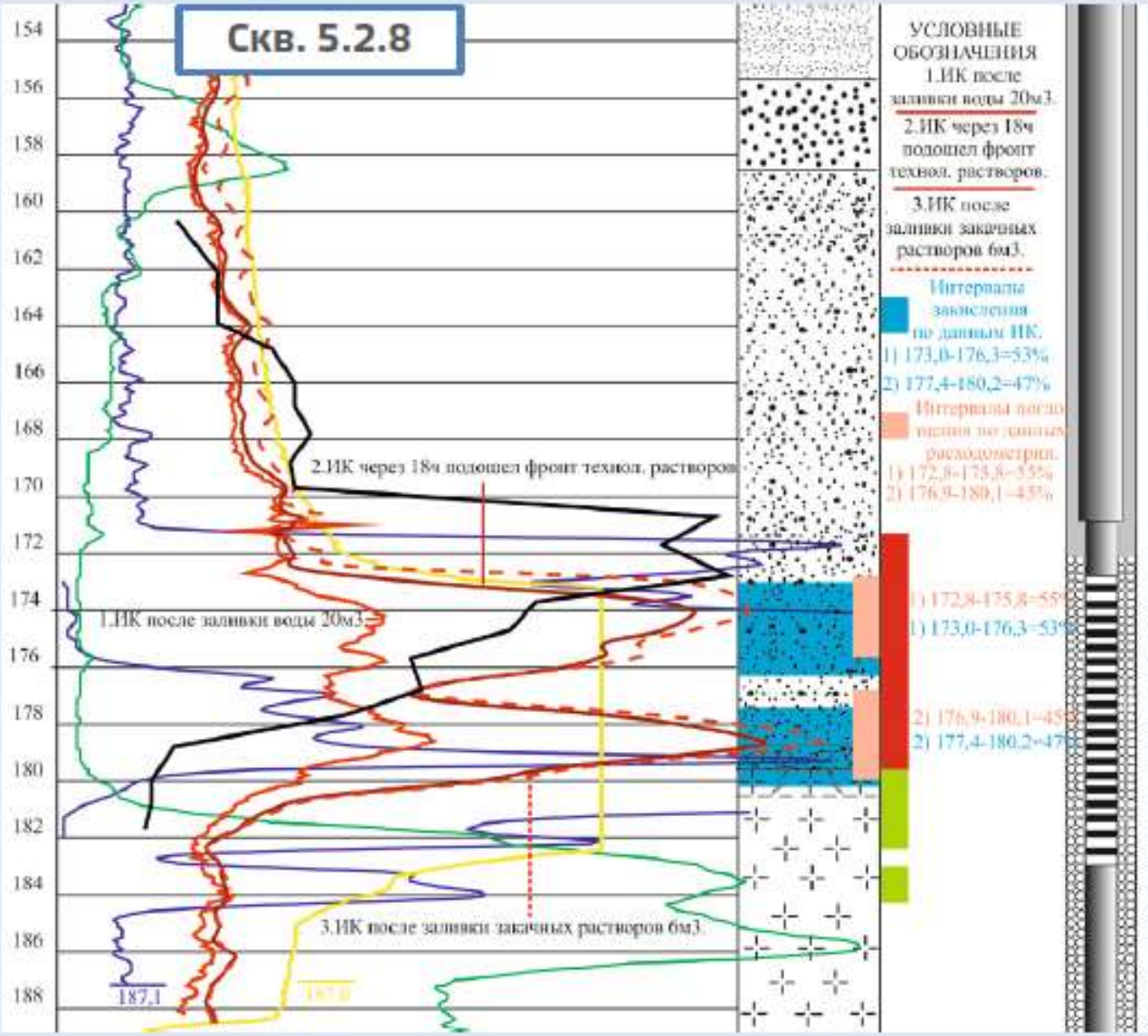
Вариант мониторинга распространения растворов в разрезе:

1. **ИК сразу после подъема насоса на скважине (скважина была в работе)**
2. **ИК после закачки воды.**



usburmash

Индукционный каротаж методом «двух растворов» Комплексирование с расходометрией



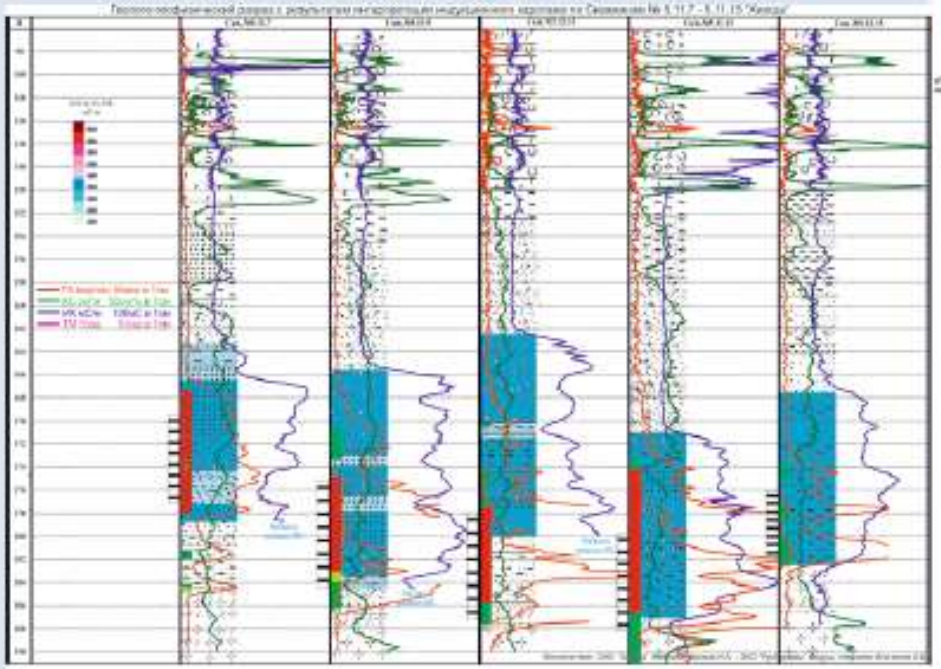
Оценка доли растворов, поглощаемых различными подгоризонтами рудовмещающего разреза

rusburmash

Индукционный каротаж методом «двух растворов» Практические результаты для рудника ПВ

Профиль с интервалами закисления разреза скважин по данным ИК

На залежи с пониженным темпом извлечения

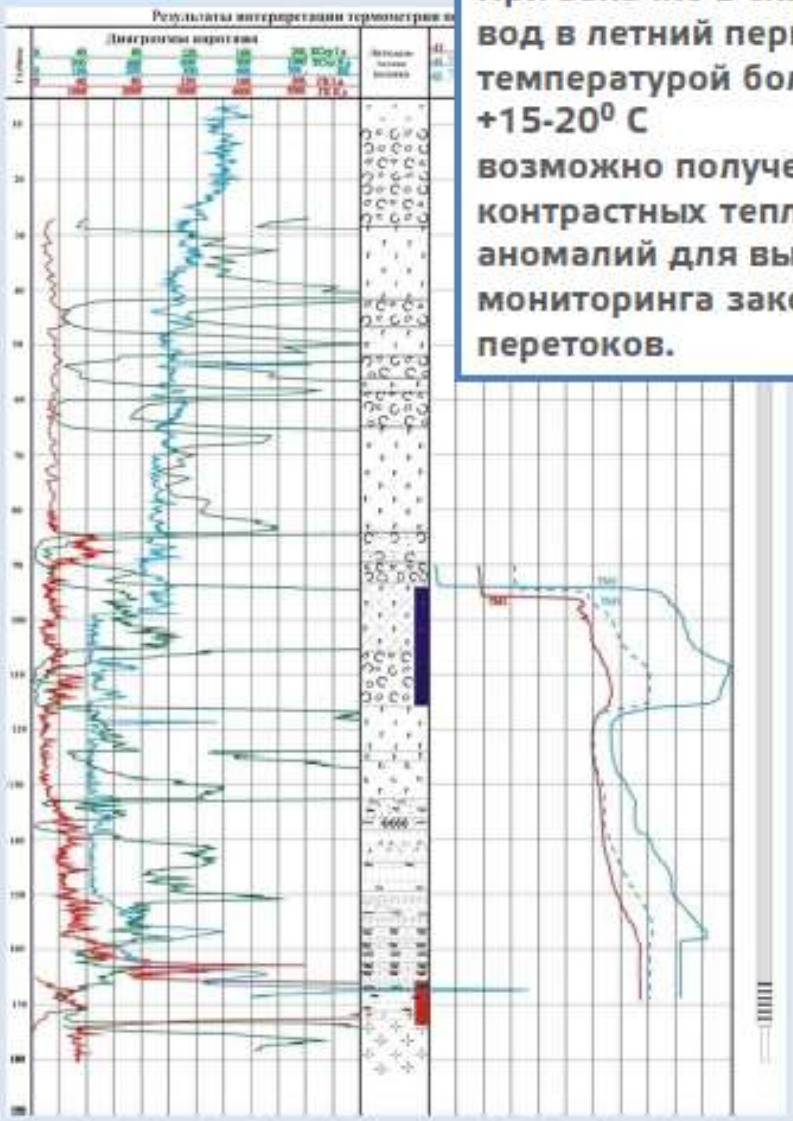


На залежи с повышенным темпом извлечения и более высокими содержаниями U в продуктивных растворах

- Эффективная мощность сопоставима с рудной
- Растворы распространяются до уровня верхней кромки гравийной обсыпки

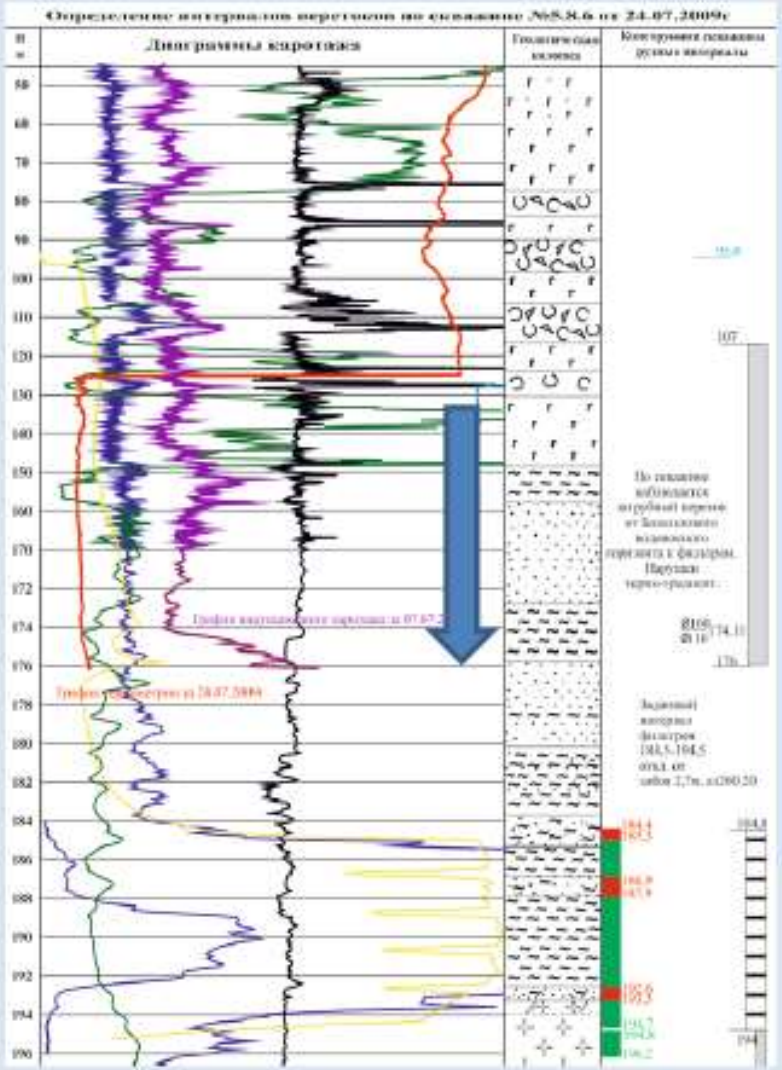
Термометрия

Т продуктивного горизонта– +3-5^0 С



При закачке в скважины вод в летний период с температурой более +15-20^0 С возможно получение контрастных тепловых аномалий для выявления и мониторинга заколонных перетоков.

Термометрия

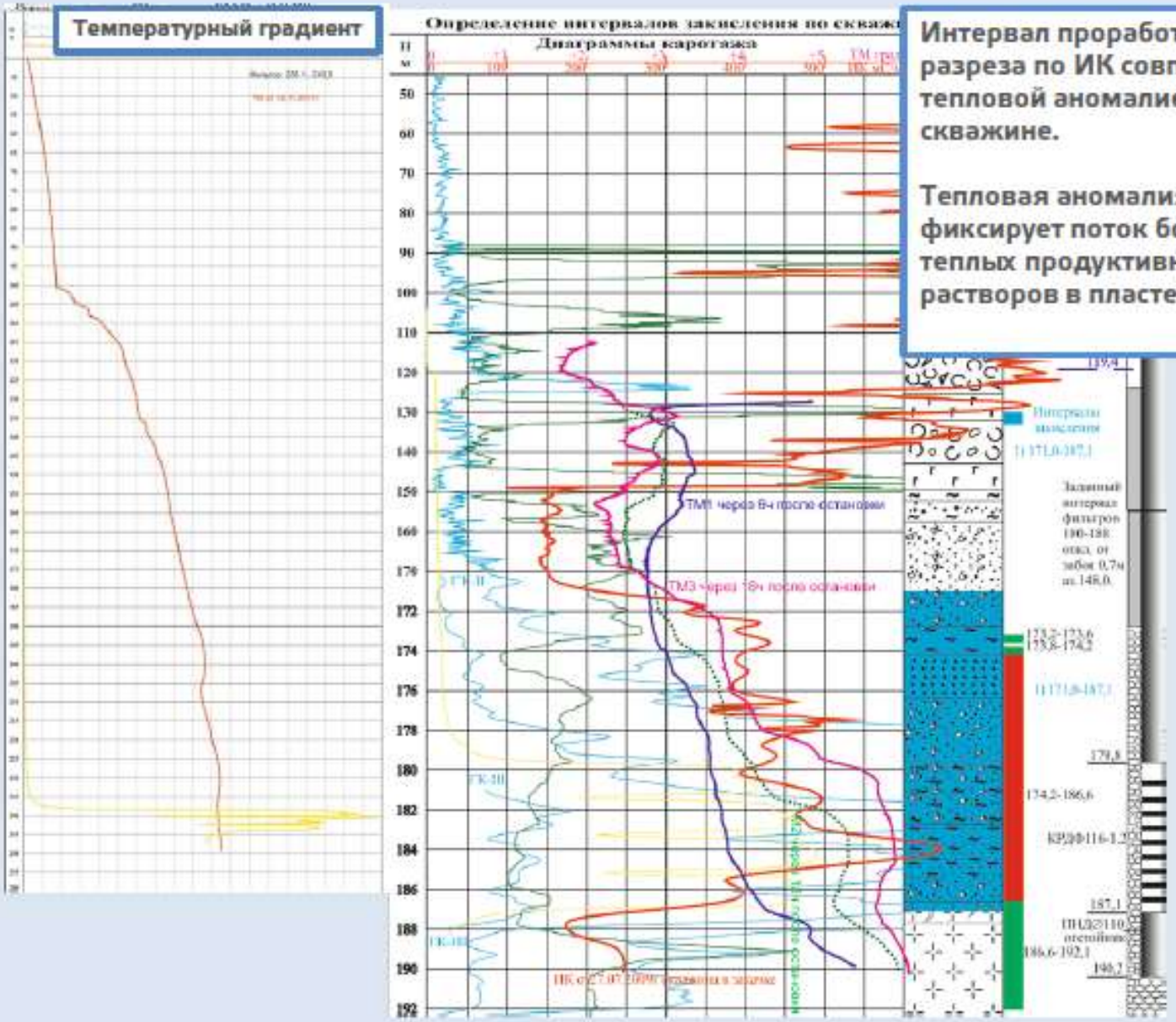


По нарушениям термоградиентов, характерных для залежей, также фиксируются заколонные перетоки

приток холодных вод из базальтового горизонта по заколонному пространству в область фильтров (разубоживание продуктивных растворов)

usburmash

Термометрия и ИК, комплексирование



Интервал проработки разреза по ИК совпадает с тепловой аномалией в скважине.

Тепловая аномалия фиксирует поток более теплых продуктивных растворов в пласте.

rusburmash

Видеокаротаж

Технические средства

Технические условия на аппаратуру

1. **Внутренний диаметр скважины - 70-305мм**
2. **Диаметр прибора, не более - 50мм**
3. **Длина, не более - 600-1000мм**
4. **Кислотостойкость (*до 20г/л серной кислоты в водных растворах*)**
5. **Фронтальный и боковой обзор**
6. **Глубины до 300м.**
7. **Интенсивная подсветка**

Возможные варианты техники

1. **RG (Robertson Geologging)** – *(d 44мм, L 560 мм)*
2. **ООО «Велко» - «Взгляд»**
3. **Laval Underground Surveys (USA) R-CAM 1000** ***(d 50мм , L = 508мм).***
4. **Auslog (MightyCam)**
   (только фронтальная камера, кислотостойкость под вопросом).
5. **АСУ-Эксперт (Геофит)**
   (только фронтальная, d 50мм, L 1500мм., цифровая запись)
6. **Камеры собственной конструкции**
   (только фронтальные)

R-CAM 1000

rusburmash

Видеокаротаж

Технические средства

Технические условия на аппаратуру

1. **Внутренний диаметр скважины - 70-305мм**
2. **Диаметр прибора, не более - 50мм**
3. **Длина, не более - 600-1000мм**
4. **Кислотостойкость (*до 20г/л серной кислоты в водных растворах*)**
5. **Фронтальный и боковой обзор**
6. **Глубины до 300м.**
7. **Интенсивная подсветка**

Возможные варианты техники

1. **RG (Robertson Geologging)** – *(d 44мм, L 560 мм)*
2. **ООО «Велко» - «Взгляд»**
3. **Laval Underground Surveys (USA) R-CAM 1000** ***(d 50мм , L = 508мм).***
4. **Auslog (MightyCam)**
   (только фронтальная камера, кислотостойкость под вопросом).
5. **АСУ-Эксперт (Геофит)**
   (только фронтальная, d 50мм, L 1500мм., цифровая запись)
6. **Камеры собственной конструкции**
   (только фронтальные)

R-CAM 1000

rusburmash

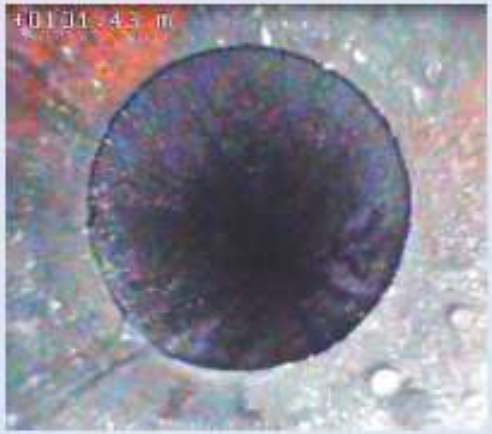
Видеокаротаж

Возможности и задачи на объектах СПВ

1. Сопровождение операций по освоению скважин и повышению их производительности (контроль состояния фильтровой колонны).
2. Ремонтно-восстановительные работы, извлечение посторонних предметов из скважин.
3. Мониторинг состояния фильтровой и обсадной колонн (контроль целостности обсадной колонны выше уровня воды в скважине и в зоне многолетнемерзлых пород, открытость фильтров).
4. Независимый контроль операций по цементированию.

Фильтр КДФ-120,
чистые отверстия перфорации,
фронтальная камера

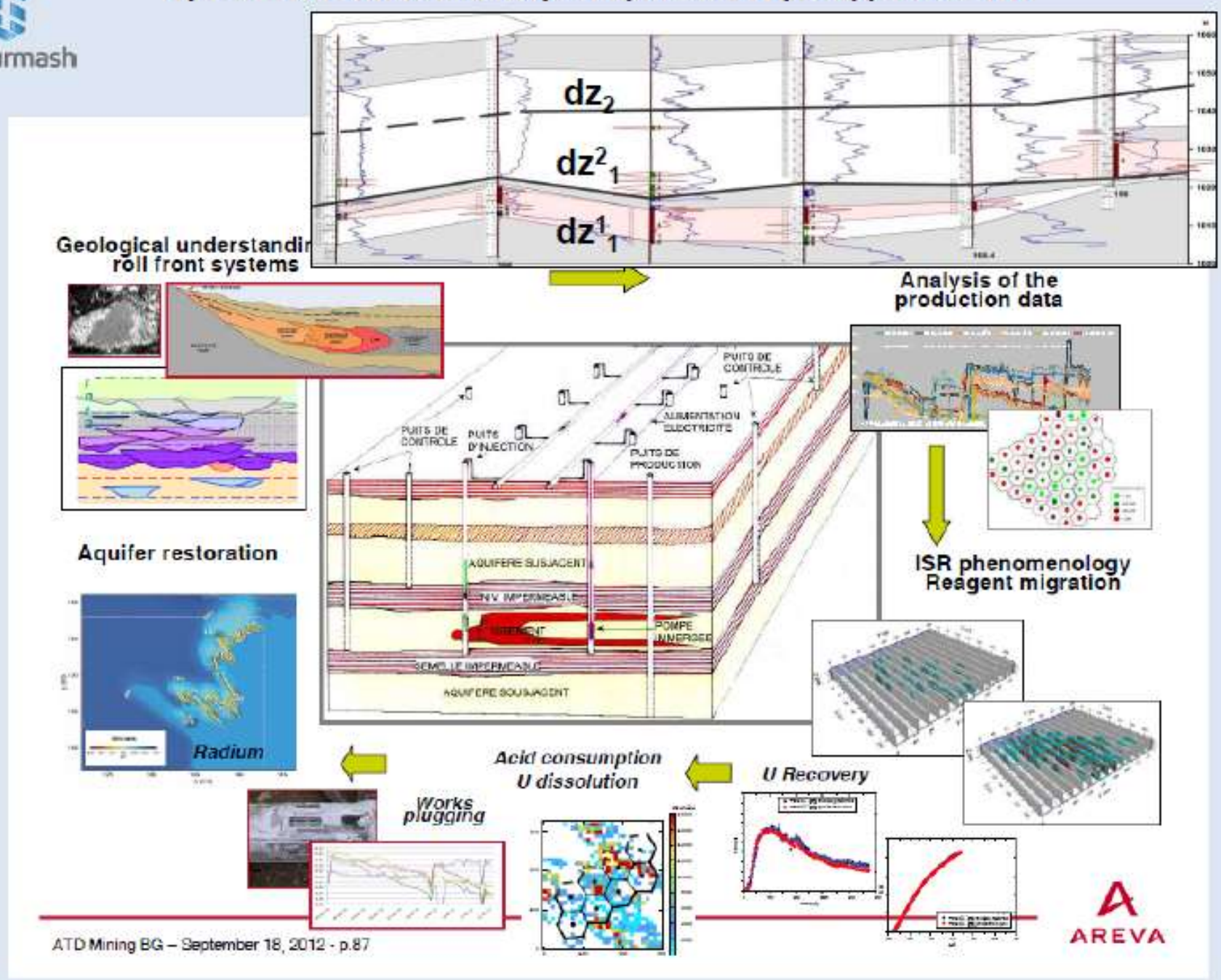
Фильтр КДФ-120-0,8.
чистые отверстия перфорации,
видны диски фильтра,
камера бокового обзора



Стыки колонны выше уровня воды,
фронтальная камера

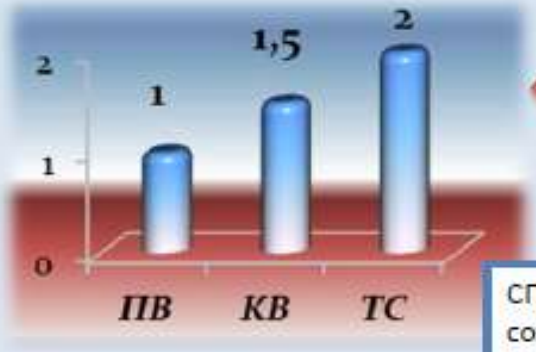
Посторонние предметы в скважине,
фронтальная камера

Промышленная эксплуатация месторождения СПВ



rusburmash

Технология скважинного подземного выщелачивания (СПВ), интенсивно используется уже более чем 50 лет при добыче урана, меди, золота и др.

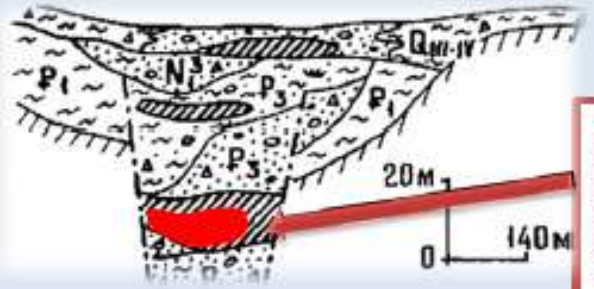


СПВ – обеспечивает самую низкую себестоимость металла - в 1,5–2 раза по сравнению с другими способами разработки. Низкие (в 2-4 раза) капитальные вложения.

СПВ - экологичная технология, сохраняет природный ландшафт без карьеров, отвалов, хвостохранилищ, с использованием щадящих реагентов.

СПВ

Традиционная



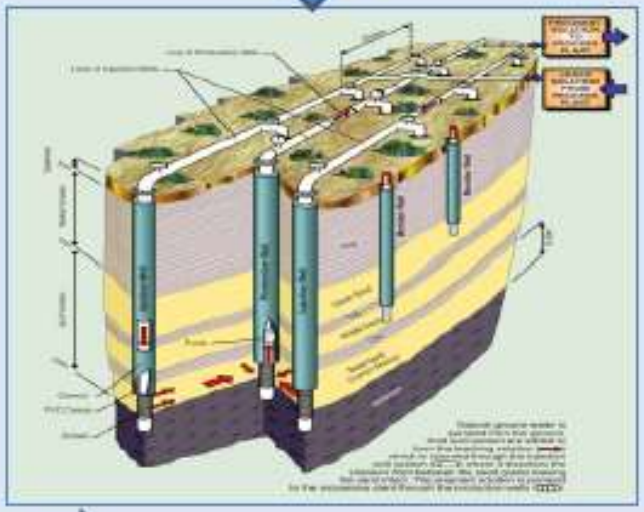
СПВ - значительно расширяет ресурсную базу металлов за счет вовлечения в отработку некондиционных и глубокозалегающих руд нерентабельных к отработке традиционными технологиями.

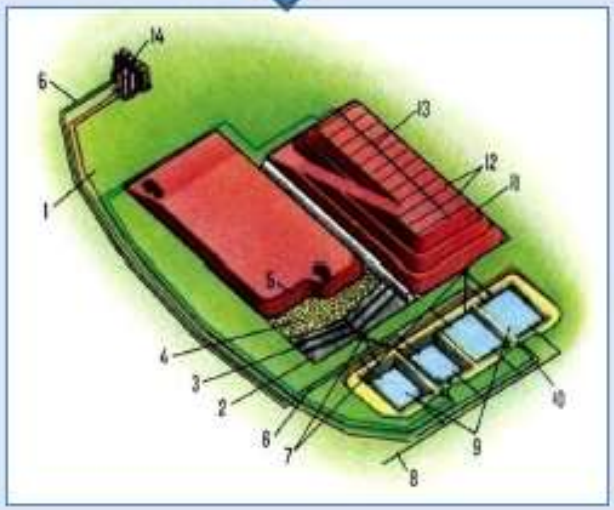
СПВ – это дополнительные рабочие места, более высокая культура производства за счет высокотехнологичности и автоматизации процесса.

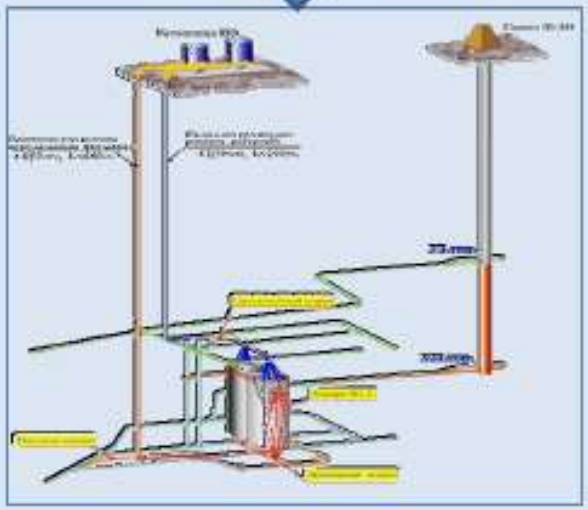
rusburmash

Базовые геотехнологии

СПВ	КВ	БПВ
(скважинное подземное выщелачивание)	(кучное выщелачивание)	(подземное выщелачивание в горных выработках)
Естественная проницаемость Руда отрабатывается на месте залегания	Искусственная проницаемость Бедная руда извлекается на поверхность	Искусственная проницаемость Руда отрабатывается на месте залегания

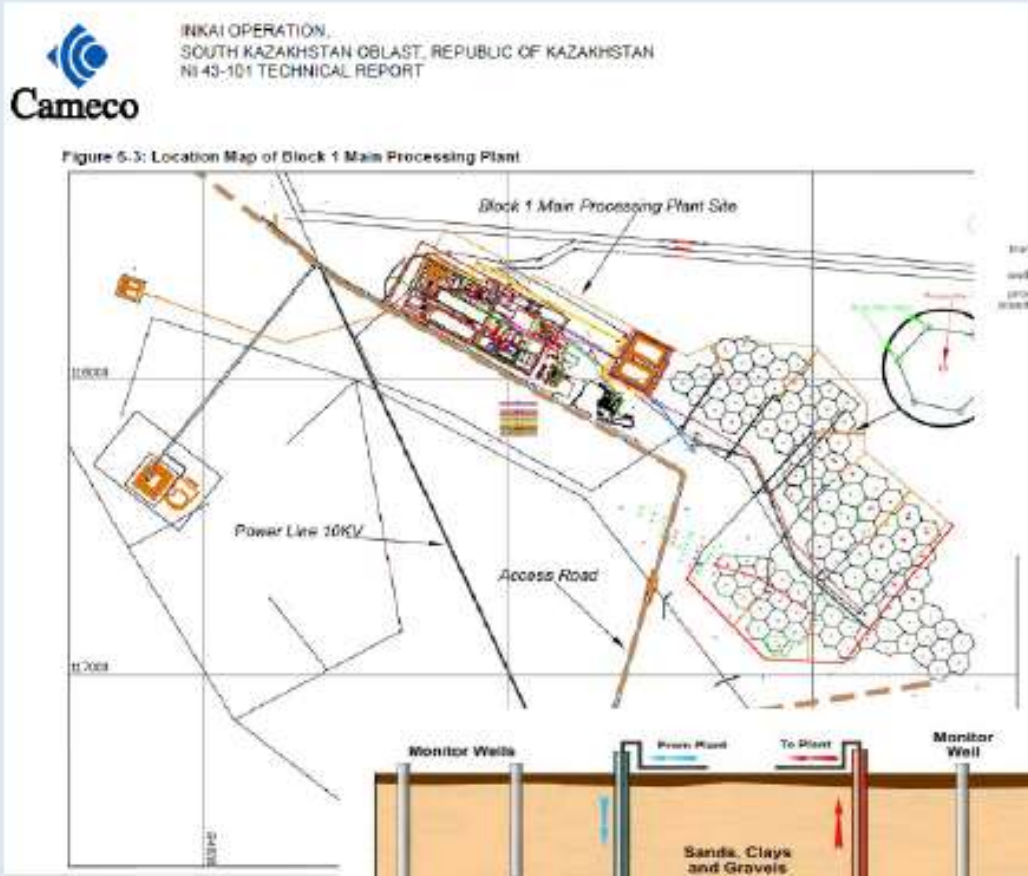






- Содовое (бикарбонатное) выщелачивание Карбонатность руд более 2%
- **Сернокислотное** Низкая карбонатность руд
- Минореагентное (воздух, кислород)

Комплекс СПВ урана



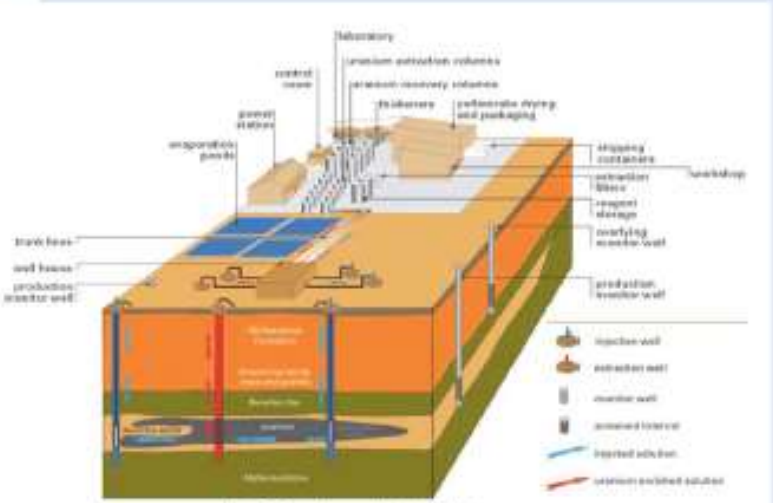


Fig 1. Pictorial representation of the ISL process

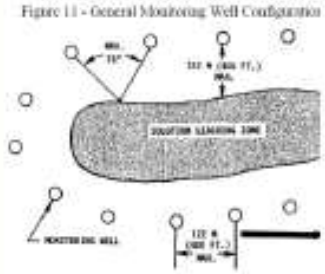
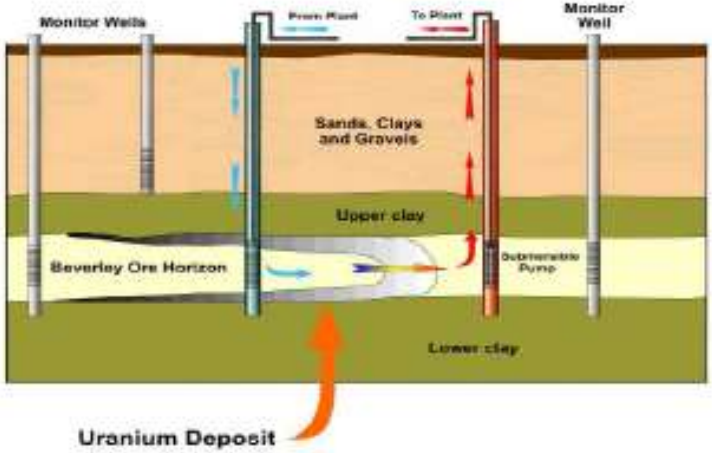
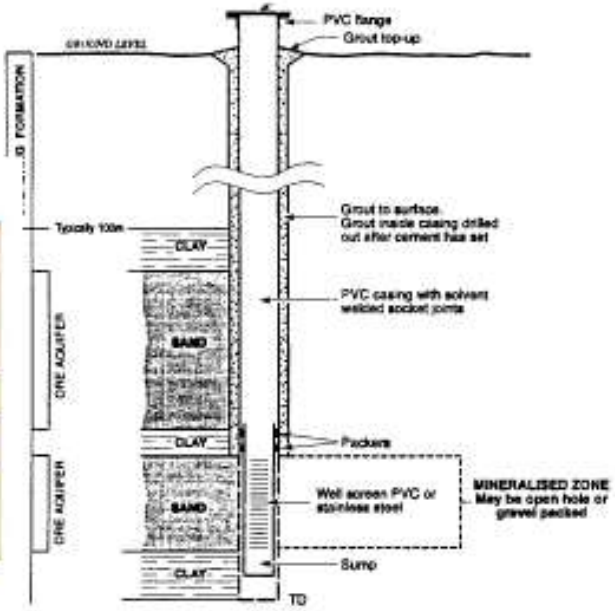


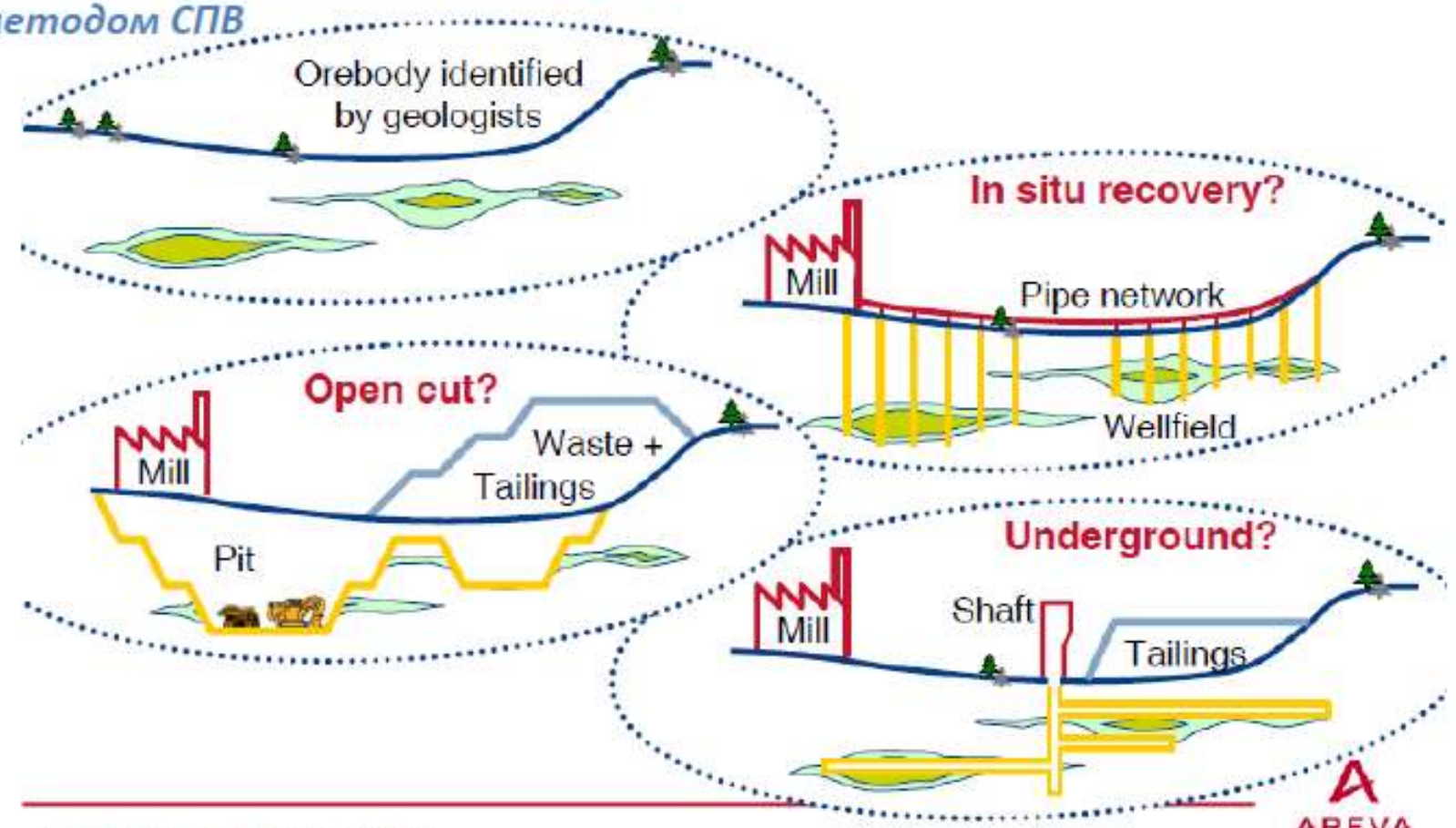
Figure 11 - General Monitoring Well Configuration





Всегда есть альтернатива …. Но сколько она будет стоить ?

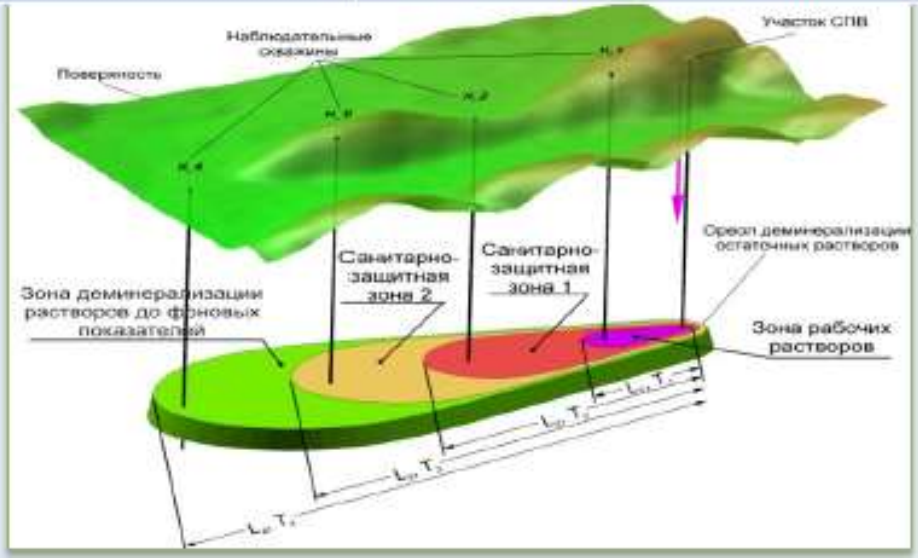
Месторождение Учкудук разрабатывалось Открытым, подземным способом и методом СПВ



AREVA

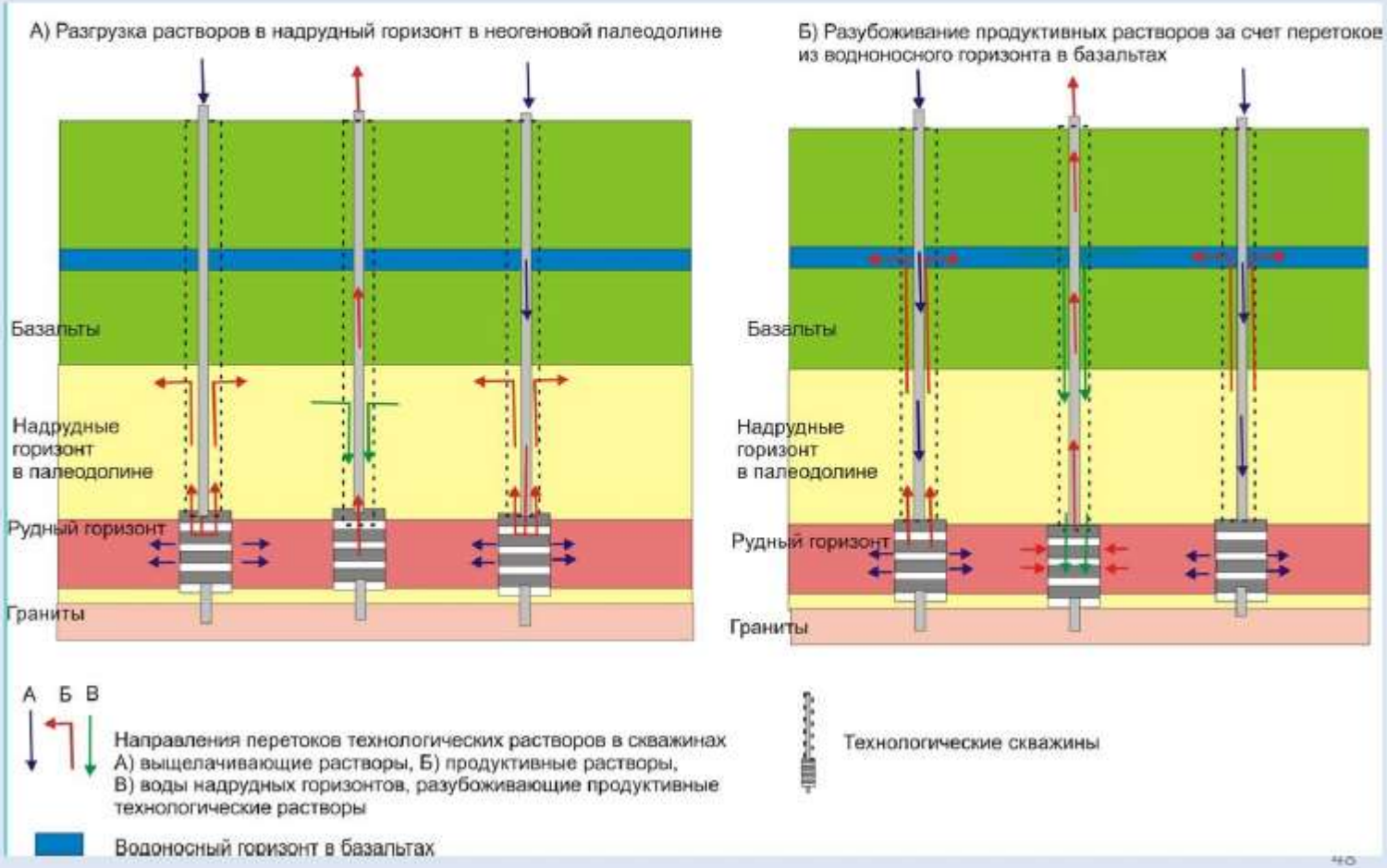
Экологическая безопасность при СПВ

Комплекс мероприятий охраны подземных вод при СПВ	
1 - применение балансового режима отработки руд, исключающих растекание растворов	Комплекс наблюдательных законтурных скважин и система КИП
2 – комплекс приемов, позволяющих оперативно устранять аварийные растекания	Система скважин перехвата и возврата рабочих растворов на полигон
3 - организация санитарно-защитной зоны (СЗЗ) водоносного горизонта	Три пояса СЗЗ: временных технологических растеканий, аварийных утечек и чистая зона.
4- организация технологического и экологического мониторинга	Регламент включает: плотность сети мониторинга, периодичность опробования, перечень анализируемых компонентов, приборы и оборудование.
5 - рекультивация водоносного комплекса после завершения отработки	Способы рекультивации: а – нейтрализация растворов в недрах (известковое молоко), б - рекультивация в недрах (принудительная, самоочищение).



rusburmash

Возможная динамика выщелачивающих растворов в недрах, негативно влияющая на процесс СПВ



rusburmash

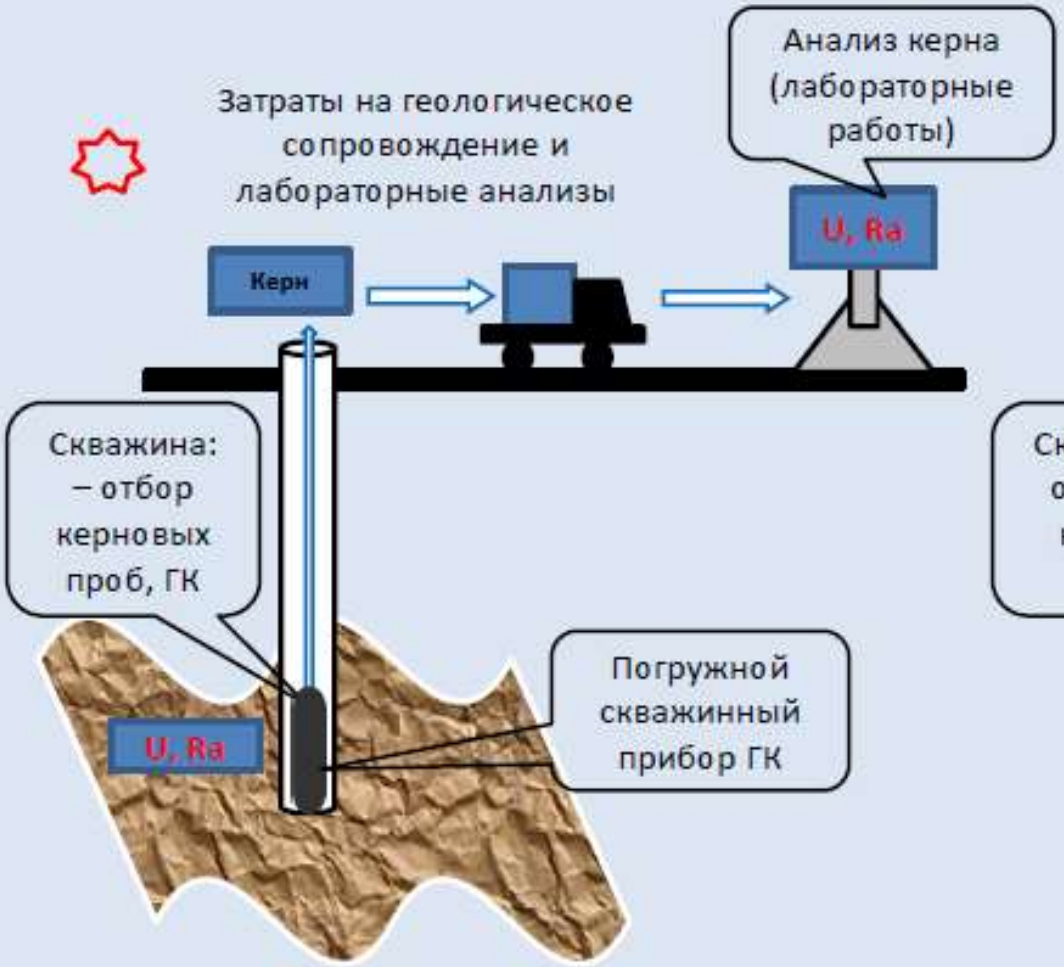
Новое поколение аппаратуры для прямого определения урана

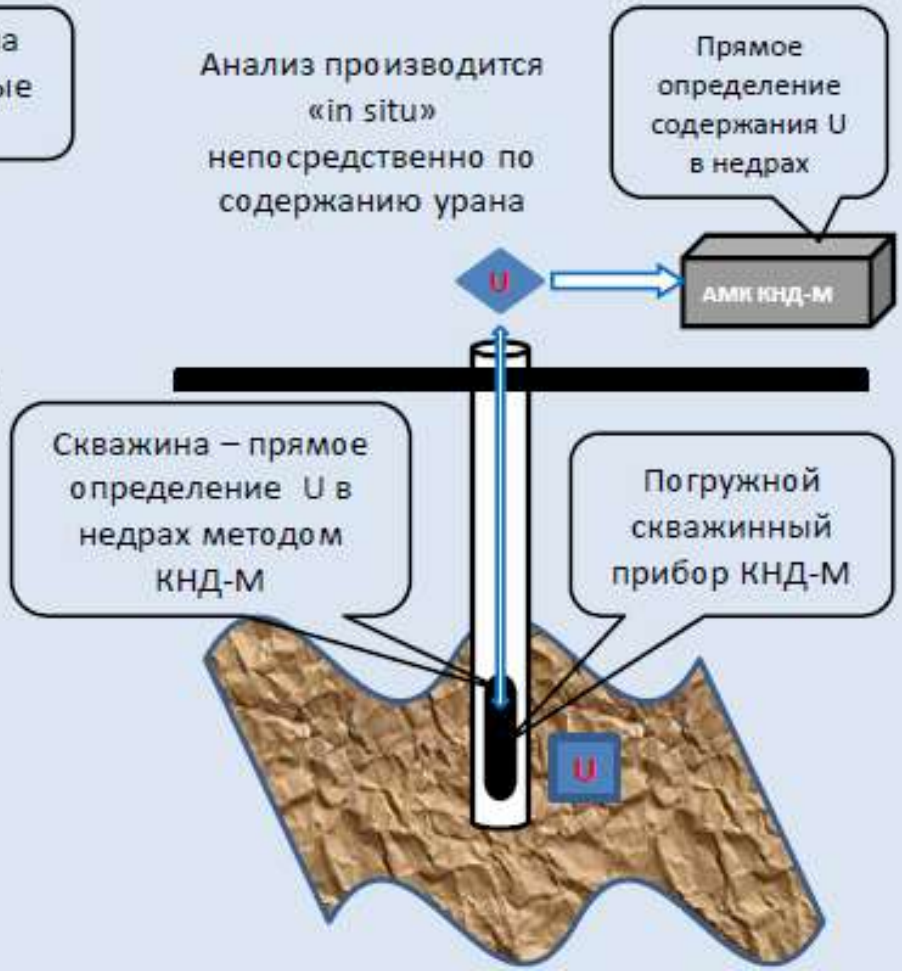
Аппаратурно-методический комплекс АМК КНД-М

Сравнение базовой и целевой схем оценки ресурсов урана

Базовая схема: ГК + анализ керновых проб на U и экв-Ra

Целевая схема: АМК КНД-М





rusburmash

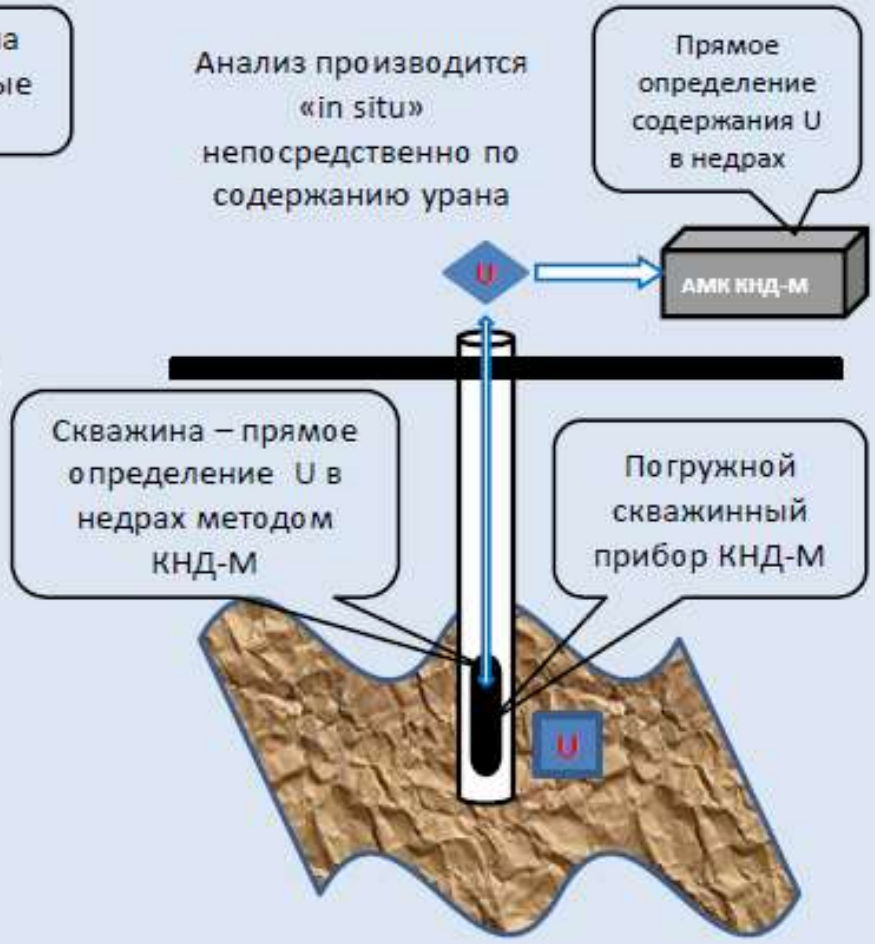
Новое поколение аппаратуры для прямого определения урана

Аппаратурно-методический комплекс АМК КНД-М

Сравнение базовой и целевой схем оценки ресурсов урана

Базовая схема: ГК + анализ керновых проб на U и экв-Ra

Целевая схема: АМК КНД-М



rusburmash

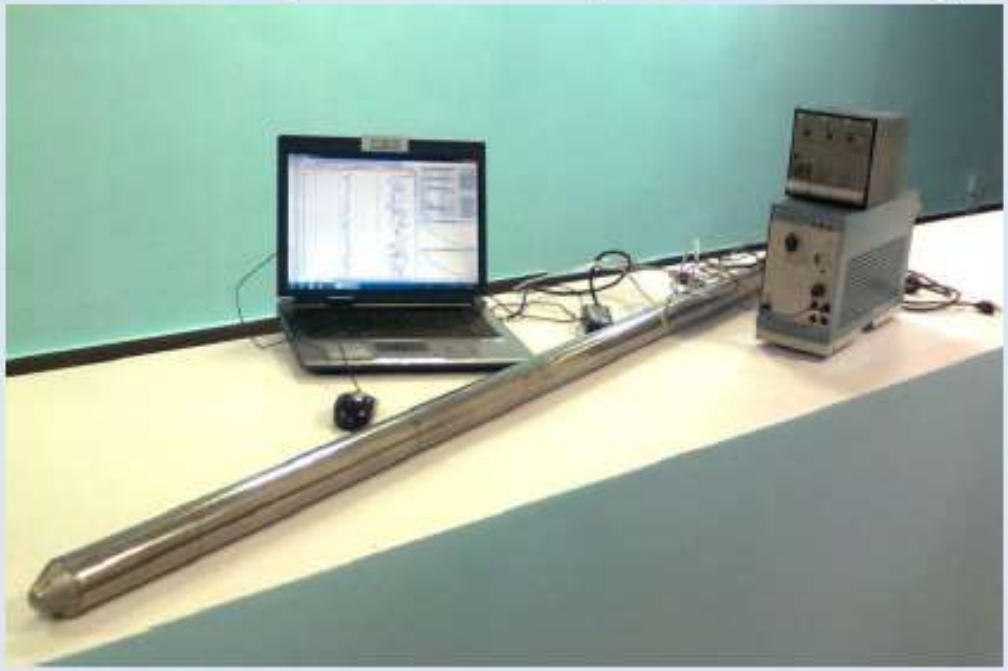
Новое поколение аппаратуры для прямого определения урана

Градуировочный блок

Генератор нейтронов ИНГ-12-50-100БТ

Пульт управления

Нейтронные трубки с увеличенным ресурсом



Аппаратурно-методический комплекс нового поколения АМК КНД-М для прямого определения урана в условиях естественного залегания

rusburmash

Новое поколение аппаратуры для прямого определения урана

Основные преимущества метода КНД-М

- Оперативное получение результатов определения подсчетных параметров рудных интервалов в условиях естественного залегания
- Выделение проницаемых и непроницаемых руд и пород
- Существенное снижение объемов кернового бурения, геологического сопровождения бурения и аналитических работ
- Может быть использован для контроля в процессе отработки месторождения способом СПВ
- Возможность оценки остаточной продуктивности и техногенно – морфологических изменений рудных тел

Структура себестоимости урана СПВ

Эксплуатационные затраты 60-70 %

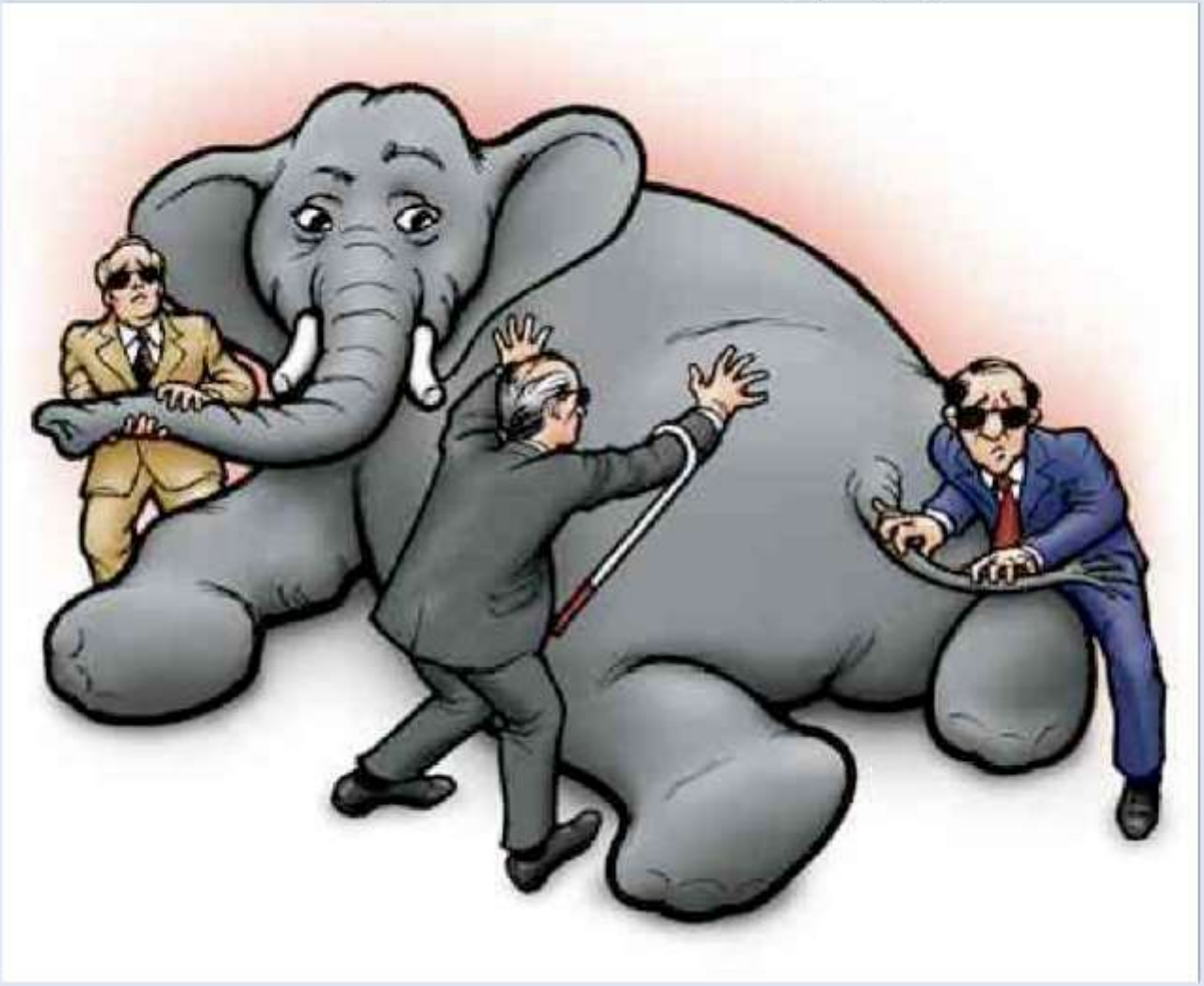
- ✓ **материалы (кислота) – 27-45 %**
- ✓ **энергозатраты (раствоpо подъем, переработка) – 8-15 %**
- ✓ ФОТ – 4-6 %
- ✓ Амортизация 9-20%
- ✓ **Погашение ГПР – 17—23%**
- ✓ Общезаводские – 12-20%

Капитальные затраты 30-40 %

/по Е.А. Толстову, 2002/

Производительность (т) мало зависит от списочной численности !

Отличие школы «первого главка» от «международной школы».

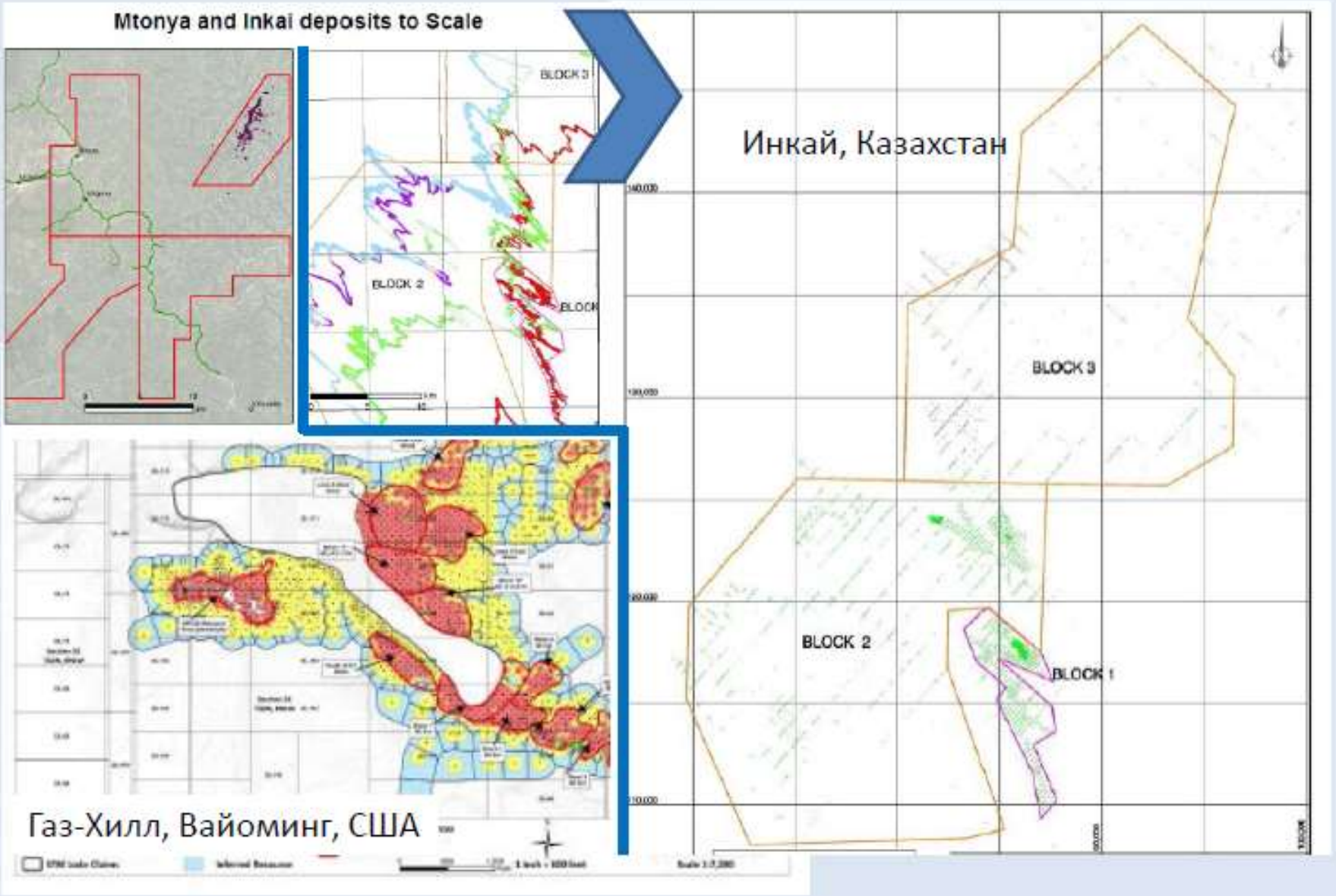


Отличие школы «первого главка» от «международной школы».

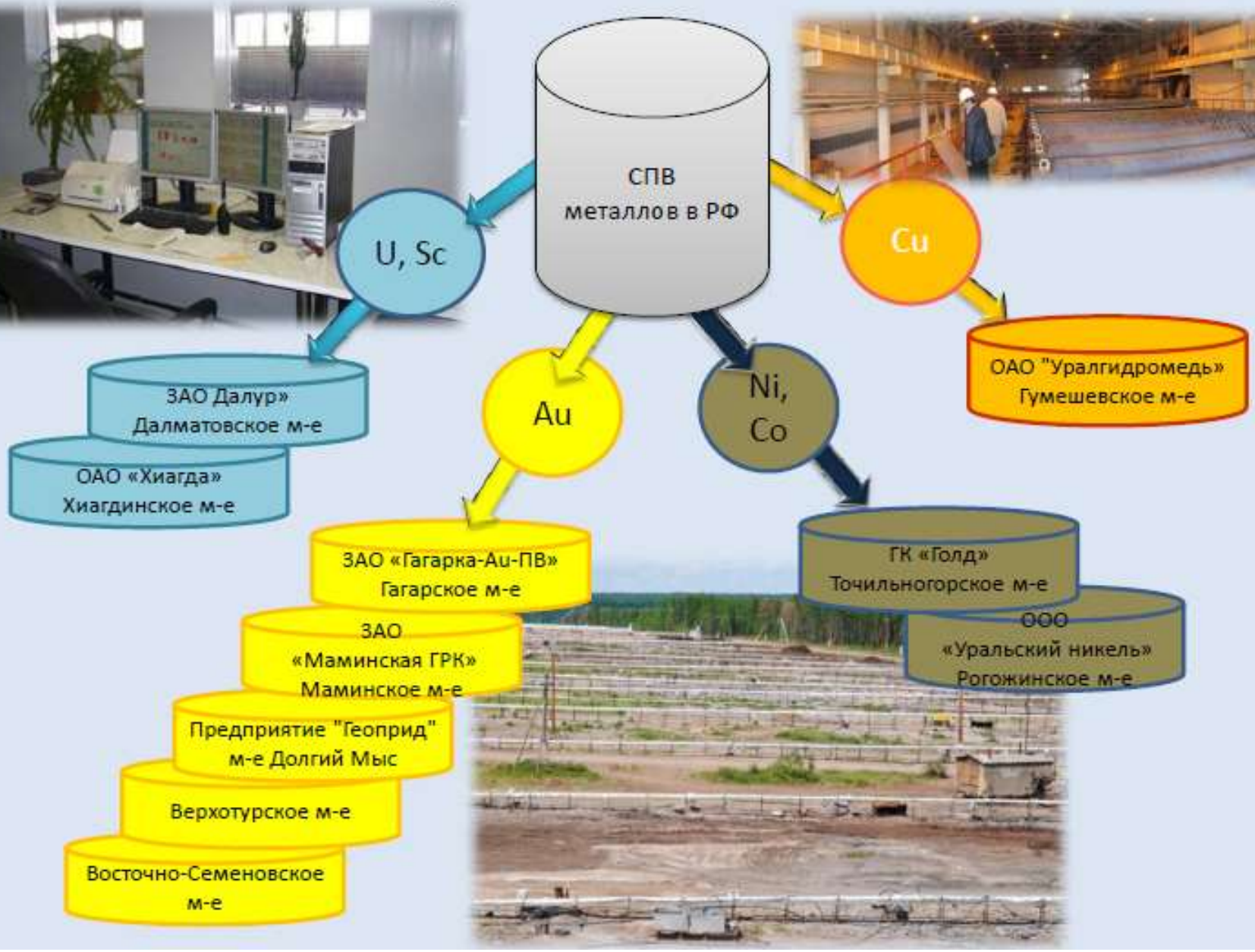
«Первый главк»	«Международная школа»
Более системный и «научный» подход к изучению объектов (литература, инструкции, методические рекомендации, «школа» методики разведки и прогноза).	Нет единой «школы» методики поисков, разведки, критериев оценки качества работ. «Школы» – только внутри крупных национальных компаний (AREVA).
Очень важен личный опыт («скальные» или «песчаниковые месторождения»)	
	Применяется техника и подходы, которые нацелены на максимально быстрое выполнение работ. Иногда в ущерб достоверности результатов (*RC бурение, стандартные секции опробования 1-2 метра*).
Разные требования к качеству работ и формату представления результатов	
Подсчет запасов – в основном по данным ГК с изучение радиологии по керну.	Используют ГК, КНД, спектральный каротаж, опробование, но **приоритет – за химическим опробованием керна и шлама**

Примеры созданных разведочных сетей

«Международный» «СССР, Первый главк»



5 . Обзор применения метода СПВ для добычи других видов полезных ископаемых



Рекомендуемая литература

1. В.Л. Живов, А.В. Бойцов, М.В. Шумилин
Уран. Геология, добыча, экономика. М. АРМЗ, 2012г.

2. М.В. Шумилин, Н.Н. Муромцев, К.Г. Бровин, В.А. Грабовников, В.В. Казаринов, Э.Ф. Уваров
Разведка месторождений урана для отработки методом подземного выщелачивания. М. Недра, 1985

3. Кисляков Я.М., Щеточкин В.Н. Гидрогенное рудообразование.
М.: ЗАО “Геоинформмарк”, 2000

4. Н.П. Лаверов и др. Подземное выщелачивание полиэлементных руд. М. 1999г.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ