



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Курс: «Технология бурения эксплуатационных скважин при
отработке месторождений урана методом подземного
выщелачивания»

Лекция

Тема: «Введение. Системы разработки»



Лектор, старший преподаватель ТПУ - Бер Александр Андреевич

ЛИТЕРАТУРА

- 1. **Бурение разведочных скважин** / учеб. для вузов / Соловьев Н.В., Кривошеев В.В., Брылин В.И. и др. / под общ. ред. Н.В. Соловьева. – М.: Высш. шк., 2007. – 904 с.
- 2. Брылин В.И. **Технология бурения и оборудование эксплуатационных скважин при отработке месторождений урана методом подземного выщелачивания**: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 210 с.
- 3. Рябчиков С. Я., Храменков В. Г., Брылин В. И. **Технология и техника бурения геологоразведочных и геотехнологических скважин** — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 514 с.
- 4. **Геотехнология урана на месторождениях Казахстана** / Язиков В.Г. , Забазнов В.Л. Петров Н.Н. , Рогов Е.И., Рогов А.Е. – Алматы, 2001. – 444 с.
- 5. **Технология и техника сооружения геотехнологических скважин при подземном выщелачивании урана**/ Сушко С.М., Дауренбеков С.Д., Бегун А.Д., Касенов А.К., Федоров Б.В.- Алматы: Изд. АО НАК «Казатомпром», ТОО «Институт высоких технологий» , 2007.-260с.
- 6. Аренс В.Ж. **Физико-химическая геотехнология**: учеб. пособ. – М.: МГГУ, 2001. – 656 с.
- 7. **Бурение и оборудование геотехнологических скважин**/Сергиенко И.А., Мосев А. Ф., Бочко Э. А.,Пименов М. К.- М.: Недра, 1984.- 224 с.
- 8.Мамилов В.А., Петров Р. П. **Добыча урана методом подземного выщелачивания**. – М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.

Введение

- Существующие источники энергии – уголь, газ, нефть – постепенно истощаются.
- На смену им приходит энергия атома.
- Основным сырьем становится **уран**, извлекаемый из руд.
- Природные ресурсы урана также **небезграничны** и поэтому **более полное** их использование весьма **актуально**.
- Мировое потребление урана, 67,59 тыс.т – в 2011 году для нужд энергетики, неуклонно растет и по данным Уранового института составило в 2015 году 71,8 тыс. т. В 2020 году - 73,74 тыс.т.
- Основными потребителями урана являются: США (108 реакторов) – 19 тыс. тонн или 30,26 % мирового потребления; Франция (58 реакторов) – 7,5 тыс. т или 12,1 %.
- Для работы действующих реакторов в прошлом году потребовалось более 170 миллионов фунтов урана.
- К этому **нужно добавить** несколько сотен реакторов **кораблей и подводных лодок**, также потребляющих уран.
- Между тем производство урана во всем мире оценивается примерно в 100 миллионов, что означает наличие дефицита в потреблении в 70 миллионов фунтов.

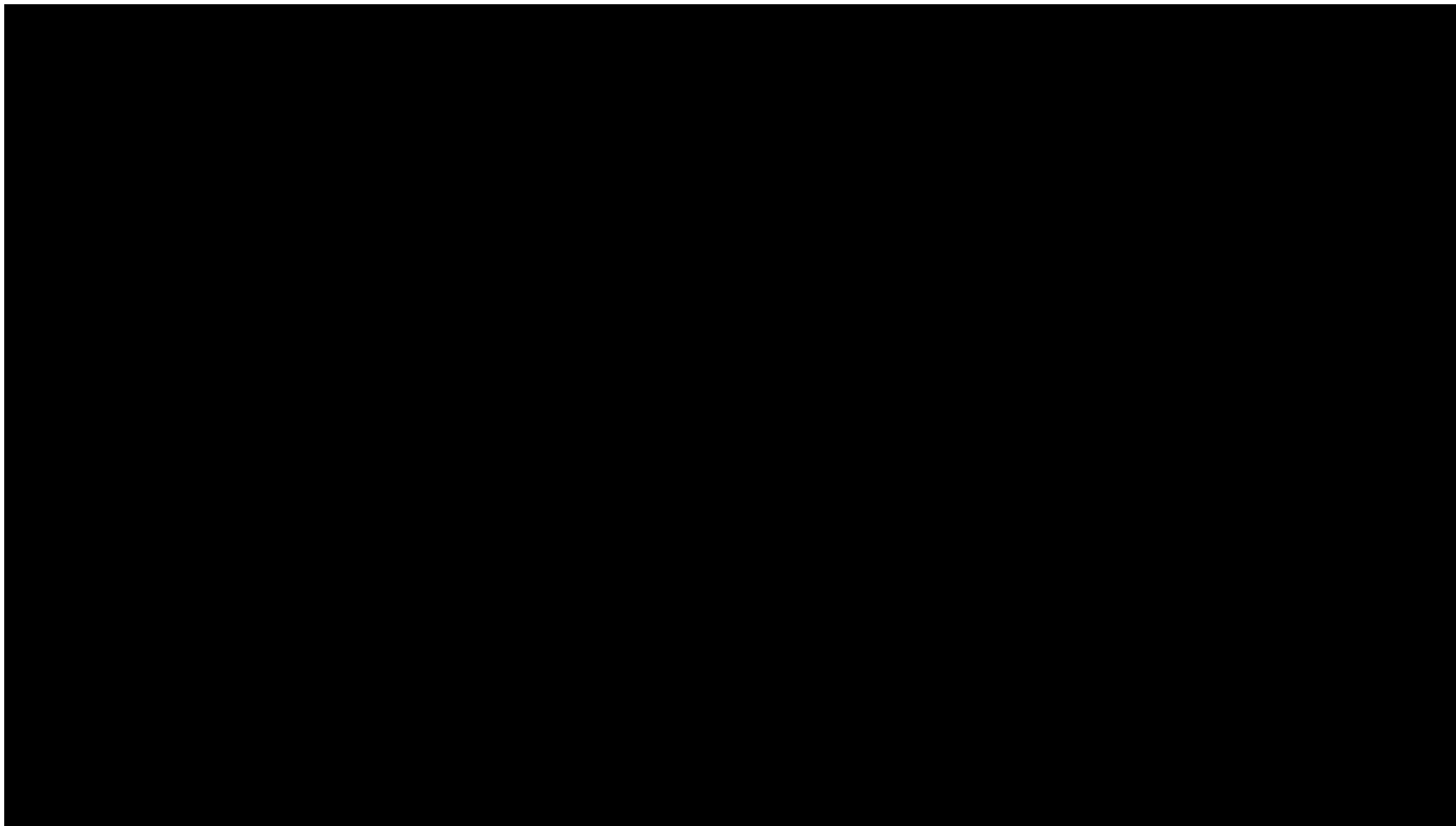
Введение

- С тех пор как **уран** превратился в стратегическое сырье, началась настоящая **охота за его рудами**.
- Для этого **были обследованы** почти все уголки земного шара, благо свойства соединений **урана** – **радиоактивность и способность светиться** в ультрафиолетовых лучах – сами подсказали принципы конструирования новых чувствительных поисковых приборов.
- Оказалось, что **средняя концентрация урана** в земной коре довольно велика – $3 \cdot 10^{-4} \%$. Это значит, что **урана** на нашей планете больше, чем серебра, висмута или ртути.
- Существуют некоторые породы и минералы, в которых **содержание урана** значительно выше этой средней величины.
- Так, в тонне гранита содержится около 25 грамм **урана**, **полная энергия** которых **эквивалентна** теплосодержанию **125 тонн каменного угля**.
- Всего в двадцатикилометровом верхнем слое Земли заключено около **1014 тонн урана**. Это громадное количество, способное удовлетворить все энергетические потребности человечества на **многие тысячелетия**, оценивается астрономической цифрой в $2,36 \cdot 10^{24}$ киловатт-часов.
- Эта энергия в миллионы раз больше, чем могут дать все разведанные и предполагаемые месторождения горючих органических ископаемых.

Введение

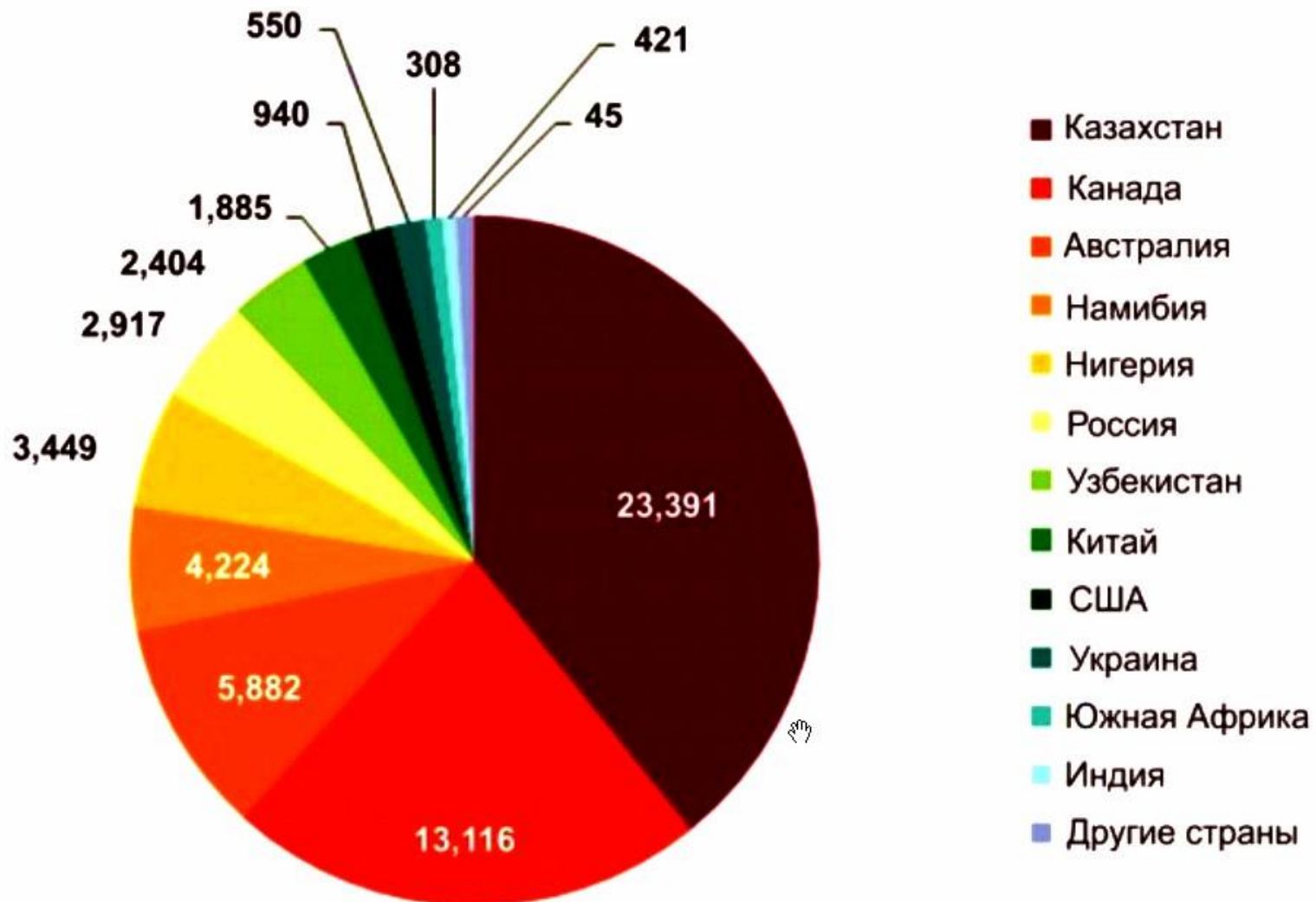
- **Подземное выщелачивание**, возникшее как идея в 50-х годах в США, сегодня превратилось в **признанный метод** получения урана, **конкурентоспособный** по отношению к традиционному горно-химическому способу.
- Доля урана, полученного **этим способом**, в общей добыче в США возрастает с 30 % в 1988 г. до 56 %, а в 2004 г., несмотря на неблагоприятные условия уранового рынка, в США было добыто 3,6 млн. ф. U₃O₈, в том числе, методом подземного скважинного выщелачивания 2,78 млн. ф.- 69 %.
- В течение ряда лет ведущими странами в освоении и промышленной эксплуатации урановых руд способом подземного выщелачивания находятся и **страны СНГ**, среди которых ведущая роль по объемам производства принадлежит **Казахстану** и Узбекистану.
- По достоверно разведанным запасам урана **Казахстан** занимает одно из ведущих мест в мире, причем 75,3 % из них относятся к **пластово-инфильтрационному типу**, **пригодному для отработки** способом **подземного скважинного выщелачивания (ПСВ)**.
- Начиная с 1998 года, **практически весь уран**, произведенный в Казахстане, был добыт методом **ПСВ**.

Введение



Информация по урану

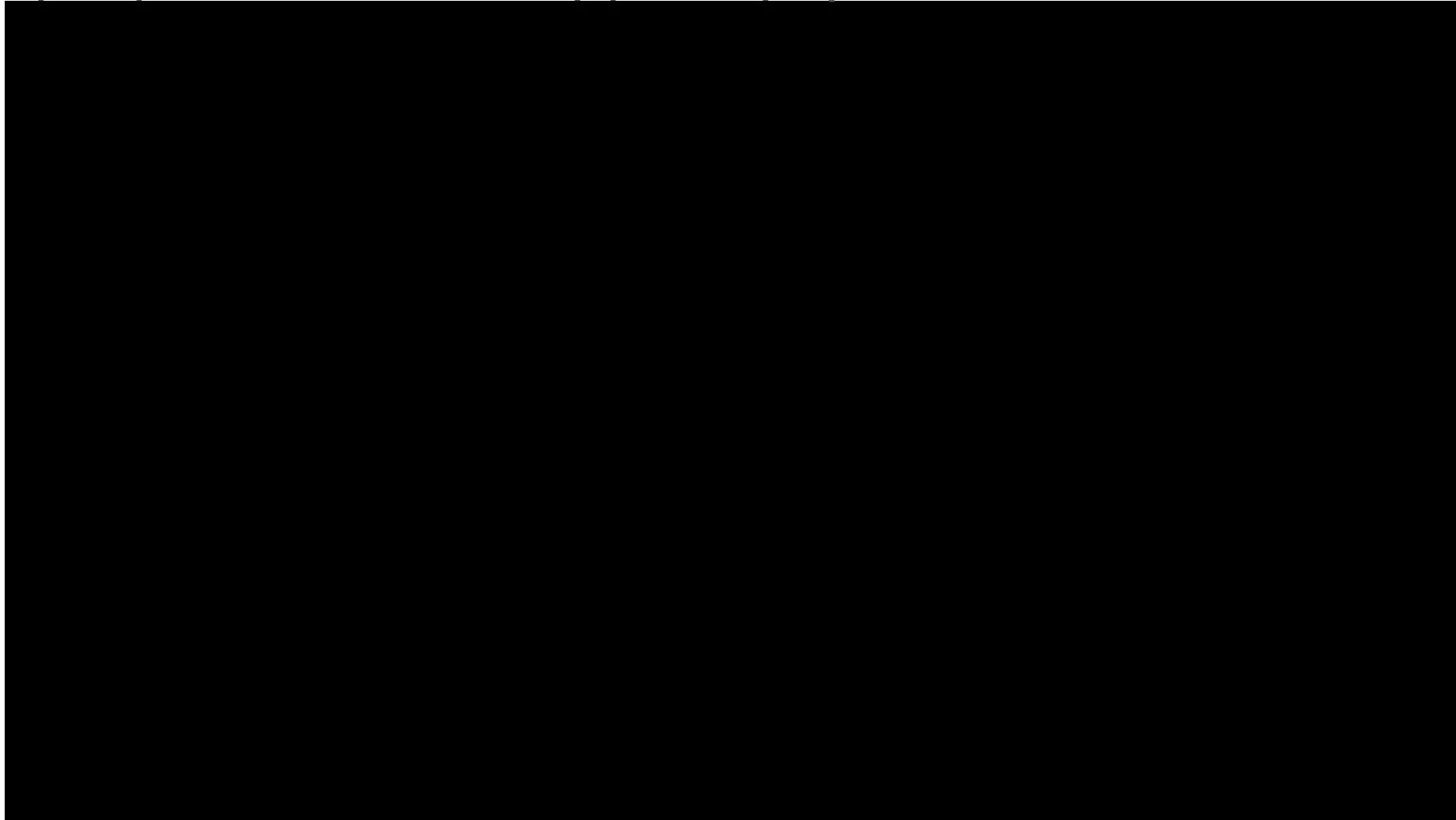
Добыча урана в мире в 2019 году(т)



Информация по урану

- **Мировые запасы урана** по способам их возможной добычи распределились следующим образом:
- 36 % пригодны для отработки **подземным горным способом (шахты);**
- 20 % запасов связаны с комплексными месторождениями, где возможна **попутная добыча урана;**
- 19 % пригодны для добычи **открытым горным способом (карьеры);**
- **15 % – для добычи методом скважинного подземного выщелачивания.**

Информация по урану (АЭС Казахстана)



Дмитрий Горчаков. Выпускник физтеха УПИ (УрФУ) по специальности «Ядерные реакторы и энергетические установки».
Популяризатор атомной науки и техники

Информация по урану (Россия)

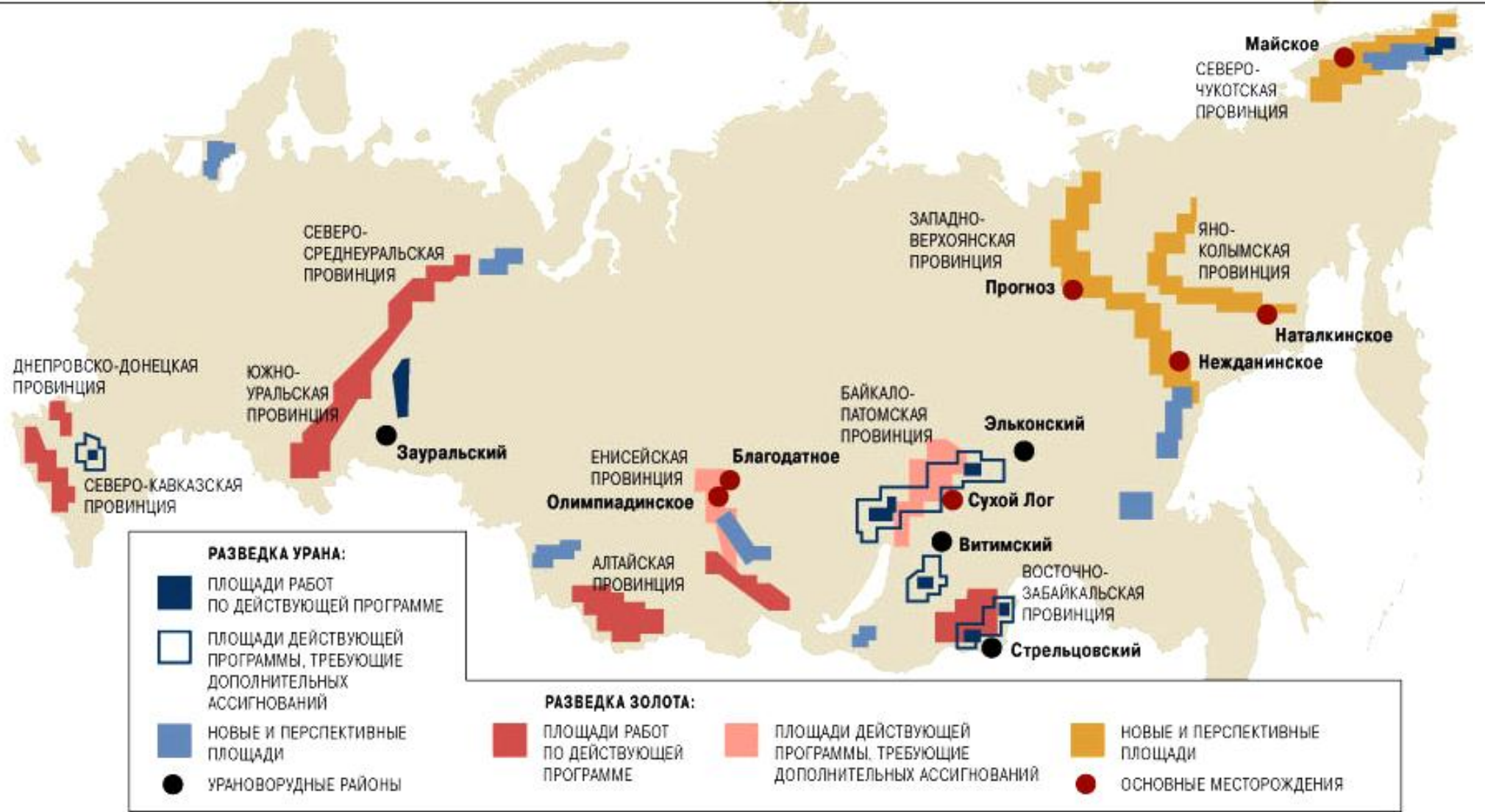


"Нельзя планировать строительство массы АЭС, когда **уран** берется со складских запасов или покупается за рубежом", -- говорил господин Трутнев.

- Программа (в России до 2025 г.) предусматривает расширение существующих регионов **добычи урана**, введение новых площадей и возможное освоение ряда перспективных площадей на Чукотке, в Карелии, на границе Красноярского края и Иркутской области.
- Новые регионы будут затронуты и при увеличении финансирования **разведки урана**.
- В **геологические исследования** до 2025 года предлагается вложить более 540 млрд руб. бюджетных средств. Это **в 2 раза больше** чем было запланировано в 2005 г.
- **Удвоятся и утроятся** вложения в такие сектора, как **уран**, черные, цветные, благородные металлы и неметаллы

Информация по урану (Россия)

ОСНОВНЫЕ РЕГИОНЫ ГЕОЛОГОРАЗВЕДКИ ЗАПАСОВ ЗОЛОТА И УРАНА



Информация по урану (Россия)



Перспективы по урану (Россия)

- На **территории Казахстана** известно порядка **129** месторождений и проявлений урана.
- По оценкам, все ресурсы урана в республике составляют **1690 тысяч тонн**.
- Представляется, что Казахстан располагает значительно большим, чем Россия числом потенциально крупных месторождений урана, - **19**.
- Промышленная добыча пока ведется на **9** из них открытым и шахтным способом, совокупные запасы которых составляют около **132,8 тысяч тонн**.
- Эти месторождения, в отличие от российских, более богатые по содержанию урана в руде и более рентабельные.
- **Казахстан** уже сейчас **лидер в мире** по добыче урана.
- Доминирующая этой отрасли госструктура АО НАК «Казатомпром», активно модернизирует существующие и планирует построить 12 новых рудников.
- Понимая выгоду сотрудничества с Россией, Казахстан идет на создание СП.
- Летом 2006 года были подписаны соглашения о создании трех совместных предприятий - по добыче урана, по его обогащению и по проектированию атомных реакторов.

Геотехнологические методы добычи

- В последнее время для добычи многих твердых полезных ископаемых начинают применять различные **бесшахтные (геотехнологические)** методы добычи с использованием буровых скважин.
- Они позволяют упростить и удешевить добычу, производить отработку **бедных** месторождений, а также месторождений, характеризующие сложными условиями залегания.
- **Вскрытие** рудной залежи осуществляют **буровыми скважинами**, которые предложено называть геотехнологическими.
- С давних времен известна **добыча каменной соли** через буровые скважины **методом растворения**.
- Большие успехи достигнуты при **добыче самородной меди** **методом подземной выплавки**.
- В стадии освоения находится метод **скважинной гидродобычи**, позволяющий с высокой эффективностью осуществлять разработку полезных ископаемых, залегающих на различных глубинах.
- Проведены большие работы по разработке и внедрению в промышленных масштабах добычи **урана** **методом подземного выщелачивания**.

Геотехнологические методы добычи

Геотехнологические методы добычи полезных ископаемых позволяют:

- **снизить** в некоторых случаях в 2—4 раза капитальные затраты на строительство предприятий,
- **повысить** производительность труда по конечной продукции,
- **сократить** численность работающих,
- **применение этих методов** способствует значительному улучшению условий труда и уменьшению отрицательного воздействия на окружающую среду.

История СПВ

Начало 60-х

- Создание технологий подземного выщелачивания независимо в ССР (Украина, Узбекистан) и в США с использованием схожих технологических подходов

1970-1980-е

- **Становление ПВ**
- Открыты основные месторождения, создана сырьевая база урана
- Активное развитие ПВ в СССР (основные рудники в Казахстане и Узбекистане) и в США
- Начата добыча урана на рудниках по ПВ в Болгарии, Чехии, Китае

1990-е

- **Период застоя**
- Поддержка ранее созданных мощностей в Казахстане и Узбекистане.
- Закрытие большинства рудников ПВ в США и Европе
- Небольшие новые рудники в России и Австралии

2000-е

- **Ренессанс СПВ**
- Активизация добычи урана ПВ в Казахстане (8 новых рудников)
- Замещение выбывающих мощностей в Узбекистане
- Новые рудники в США, России и Австралии

2010-2015

- **Эра Казахстана**
- Новые рудники
- Казахстан (Харасан, Акбастау, Семизбай)
- США (Lost Creeek, Nichols Ranch, Willow Creek)
- Австралия (Foer Mile)
- Россия (Хиагда)
- Узбекистан (Сугралы,

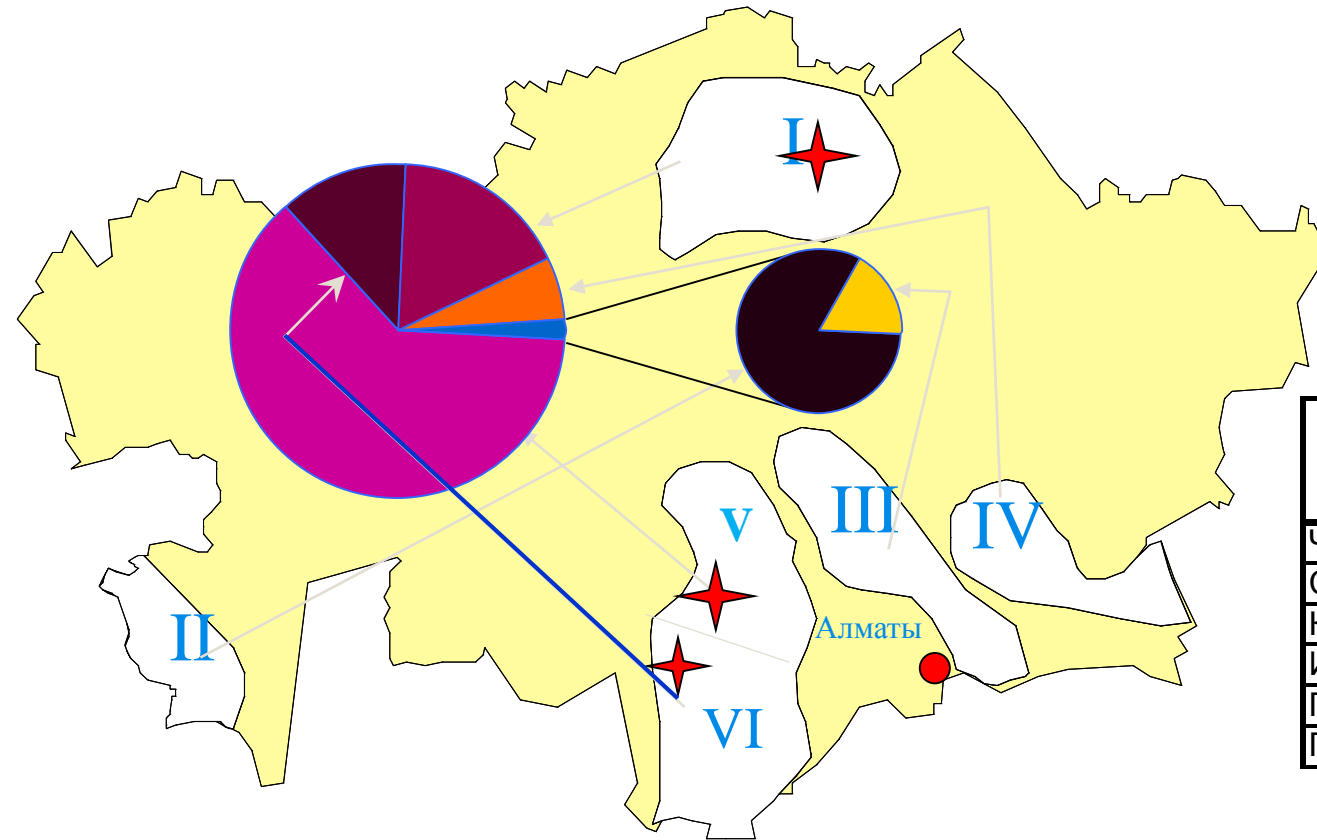
Очень хорошо рассказал Бойцов А.В. (2015 г.) в выступлении на Первом геологическом канале Скважинное подземное выщелачивание урана: история, состояние и перспективы развития.

<https://www.youtube.com/watch?v=Gm1Fbp91BwQ&t=771s>

НЕКОТОРЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УРАНА (КАЗАХСТАН)

- **По данным Заместителя Генерального директора ТОО «ГРК»
Р.К. Машабаева**

Урановорудные провинции Республики Казахстан



Провинция	Запасы и ресурсы урана %
Чу-Сарысуйская	60.50%
Сырдарьинская	12.40%
Кокшетауская	17%
Илийская	7%
Прикаспийская	3%
Прибалхашская	1%



Урановые провинции

I - Кокшетауская

II - Прикаспийская

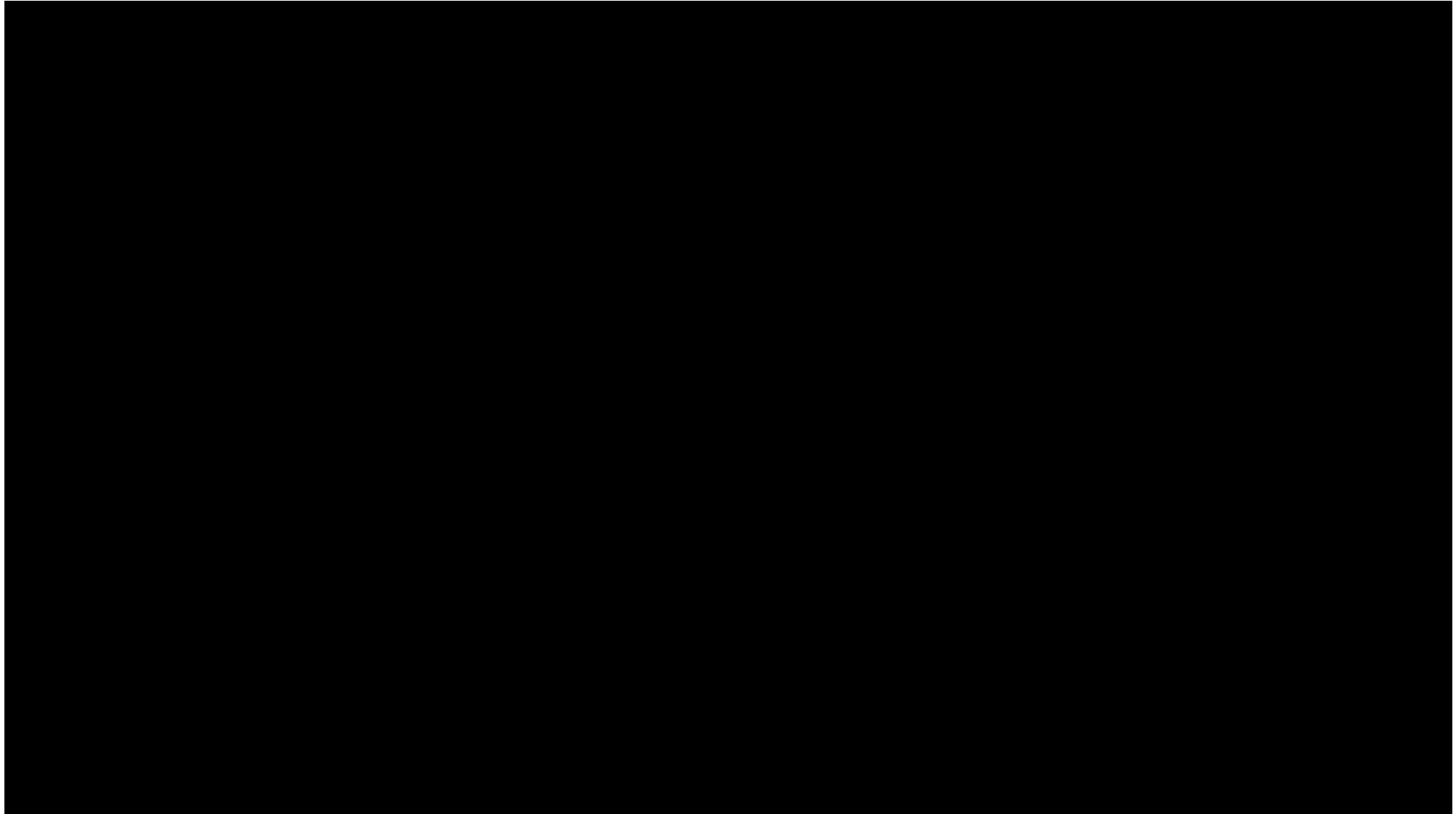
III - Прибалхашская

IV - Илийская

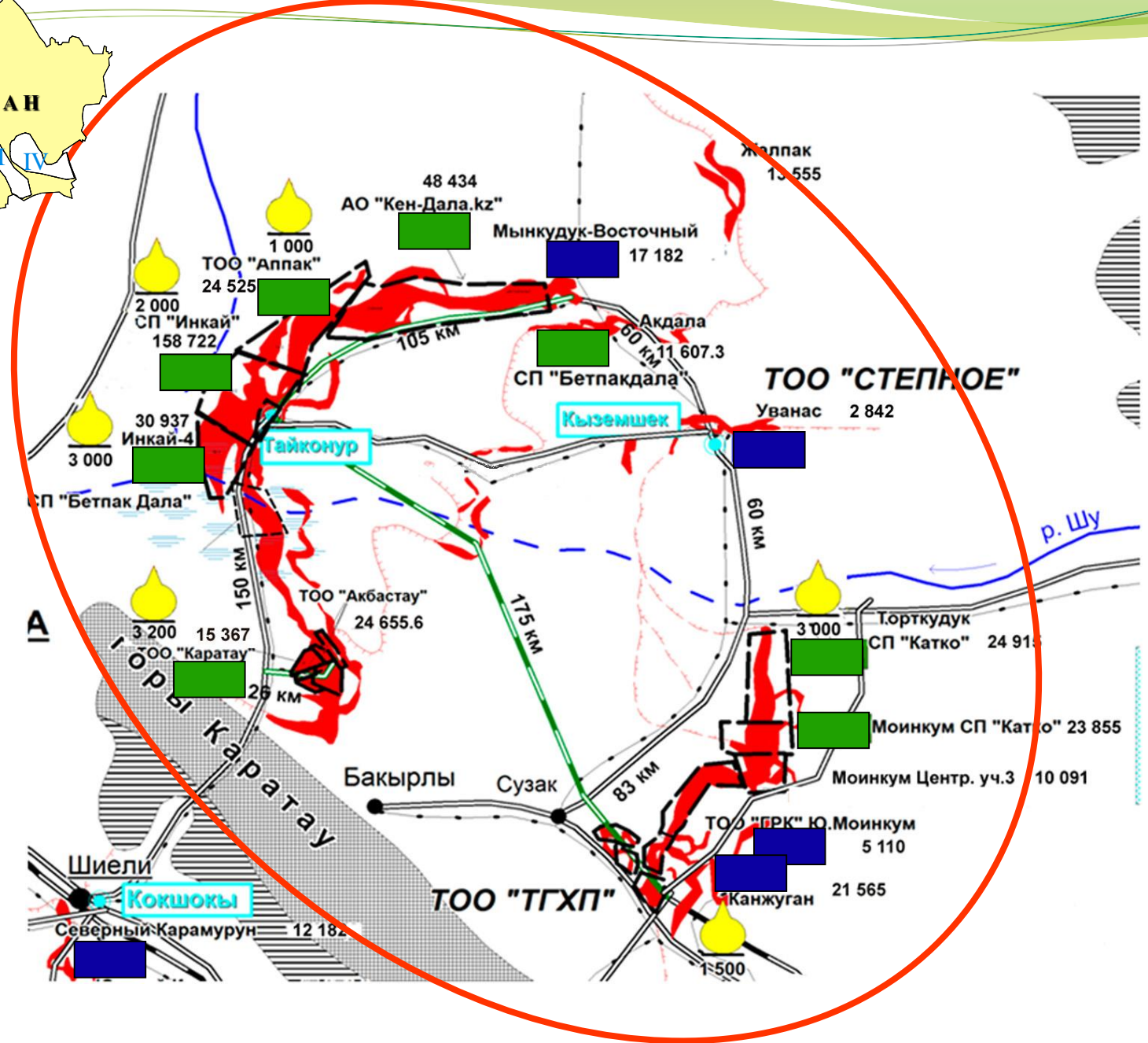
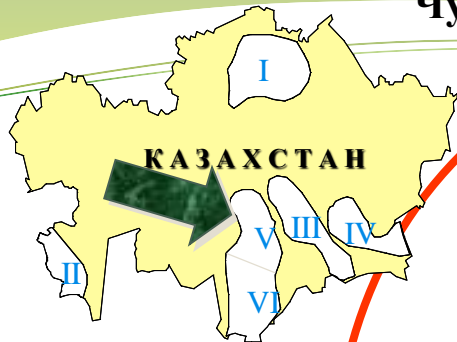
V - Чу-Сарысуйская

VI -Сырдарьинская

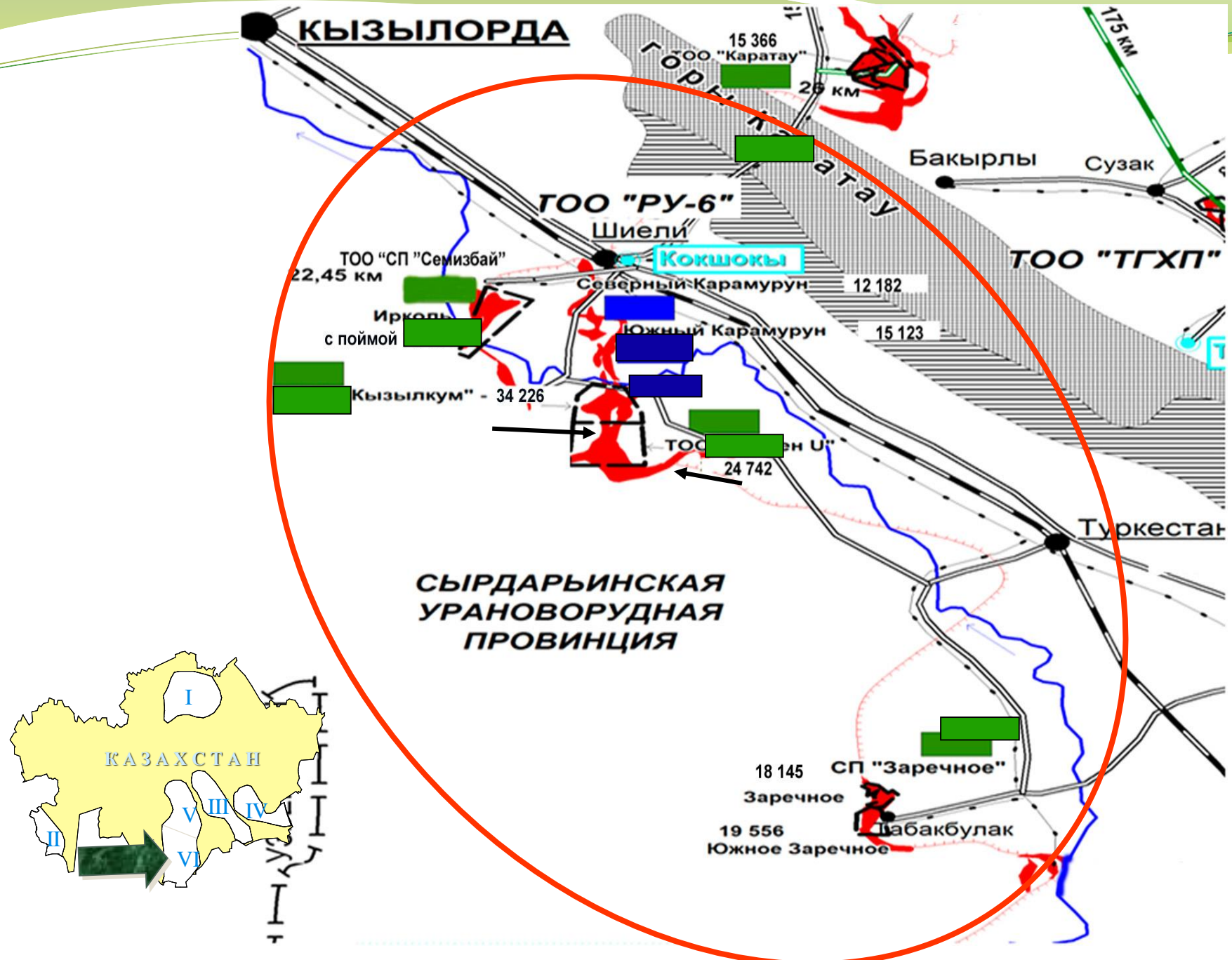
Урановорудные провинции Республики Казахстан



Чу-Сарысуйская урановорудная провинция



Сырдарьинская урановорудная провинция



Стратегический план добычи урана 2009-2030 гг. СП и ТОО (тонны)

	предприятие, месторождение	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2020	2025	2030
	ИТОГО: СП и ТОО	10 635	15 066	18 192	18 442	19 185	21 816	24 074	26 669	23 283	19 604
1	ТОО "СГХК" РУ-1 (Восток, Звездное)	347	408	540	560	570	600	590	650		
2	ТОО "Семизбай-У" (Семизбай)	12	256	500	500	500	500	550	690	690	690
3	ТОО "Семизбай-У" (Ирколь)	506	753	750	750	750	750	750	750	750	750
4	ТОО СП "Инкай" (Инкай, уч. №1-3)	924	1 500	2 000	2 000	2 000	2 511	3 514	4 016	4 016	4 016
5	ТОО СП "Катко"	3 122	3 204	3 500	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000	4 000
6	ТОО СП "Бетпак Дала" (Ақдала, Инкай уч.4)	1 869	2 700	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	3 000	2 000	2 000
7	АО "Кен Дала.kz" (Мынкудук уч.Центр)	1 072	1 333	1 436	1 436	1 436	1 436	1 436	1 436	1 436	1 436
8	ТОО "АППАК" (Мынкудук,уч. Запад)	293	665	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
9	ТОО "Каратау" (Буденовское, уч. №2)	1 406	2 031	2 030	2 030	2 030	2 030	2 030	2 030	1 218	
10	АО "Акбастау" (Буденовское 1.2.3)	404	1 033	1 846	1 156	1 359	2 769	3 076	3 076	2 564	103
11	ТОО "Кызылкум" (Харасан-1)	105	206	250	390	570	850	1 100	2 800	3 000	3 000
12	ТОО "Байкен-У" (Харасан-2)	75	200	320	550	850	1 150	1 500	2 000	2 000	2 000
13	СП "Заречное" (Заречное)	499	776	970	970	970	970	970	612		
14	СП "Заречное" (Южное Заречное)			50	100	150	250	558	609	609	609
	ИТОГО: ТОО "ГРК"	3 356	3 350	3 350	3 430	3 600	3 750	3 950	4 310	4 250	3 833
1	Уванас	310	300	300	300	300	300	300	60		
2	Мынкудук, участок Восточный	1 001	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	500	
3	Канжуган	540	550	550	550	550	550	550	550	550	550
5	Мойынкум, участок №1 (Южный)	492	500	500	500	500	500	500			
6	Моинкум, уч. №3 Центральный				50	100	150	250	500	500	550
7	Северный и Южный Карамурун	1 013	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1000
8	Буденовское-5								450	750	750
9	Буденовское-6									200	983
10	Жалпак				30	150	250	350	750	750	
	ИТОГО: ТОО "ГРК" + СП и ТОО	13 991	18 416	21 542	21 872	22 785	25 566	28 024	30 979	27 533	23 437

ТОО «ТГХП»

Мойынкум



Проектная мощность, тонн/год	500
Готовая продукция	Насыщенный сорбент
План добычи 2010 г.,	500 тн
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	5 110 тн

Канжуган



Проектная мощность, тонн/год	550
Готовая продукция	Товарный десорбат
План добычи 2010 г.,	550 тн
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	21 565 тн

ХМЗ ТОО ТГХП

Проектная мощность, тонн/год	1500
Готовая продукция	Закись -окись

Численность	574 чел
-------------	---------

Рудник Карамурун



Проектная мощность, тонн/год	1000
Готовая продукция	Желтый кек
План добычи 2010 г.,	1000 тн
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	27 305тн
Численность	497 чел

ТОО «Степное РУ»

Мынкудук



Уванас



Мынкудук

Уванас

Проектная мощность, тонн/год	1000	Проектная мощность, тонн/год	1850
Готовая продукция	Товарный десорбат	Готовая продукция	Желтый кек
План добычи 2010 г.,	1000 тн	План добычи 2010 г.,	300 тн
Остаток невоскрывших запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	17 182 тн	Остаток невоскрывших запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	2842тн
Численность		457 чел	

ТОО СП «Инкай»

Доля НАК Казатомпром	40%
Доля других акционеров	60%
Остаток нескрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	158 722тн.
Численность	457 чел.

Инкай



Проектная мощность	2000 тонн.
Готовая продукция	Закись- окись
План добычи 2010 г.	1500 тонн.
Выход на проектную мощность	2011 год.
Объекты инфраструктуры	100%
Объекты производства	90 %
Срок сдачи всех объектов госкомиссии	II квартал 2010 г.

ТОО СП «Катко»

Доля НАК Казатомпром	49 %
Доля других акционеров	51 %
Остаток нескрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	48 770тн.
Численность	1143 чел.



	Торткудук	Моинкум
Проектная мощность	2500 тонн/год	1050 тонн/год
Готовая продукция	закись – окись	товарный десорбат
План добычи 2010 г.	2202 тонн.	1002 тонн.
Выход на проектную мощность	2012 год.	2012 год.
Объекты инфраструктуры и производства	100 %	100 %

ТОО СП «Бетпак Дала»

Доля НАК Казатомпром	30 %
Доля других акционеров	70 %
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	42 544.3 тн.
Численность	675чел.

Рудник Инкай



Проектная мощность	2000 тонн/год
Готовая продукция	прокаленный пероксид урана качества АСТН
План добычи 2010г.	1700тонн.
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	30 937 тн
Выход на проектную мощность	2011 год.
Объекты инфраструктуры и производства	100 %

Рудник Акдала



Проектная мощность	1000 тонн/год
Готовая продукция	желтый кек
План добычи 2010 г.	1000тонн.
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	11 607.3 тн
Объекты инфраструктуры и производства	100 %

ТОО «Аппак»

Доля НАК Казатомпром	65 %
Доля других акционеров	35 %
Остаток нескрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	24 525 тн.
Численность	314 чел.

Западный Мынкудук



Проектная мощность	1000 тонн/год
Готовая продукция	закись - окись
План добычи 2010г.	665 тонн.
Выход на проектную мощность	2011 год.
Объекты инфраструктуры и производства	100 %

КРК СП «Заречное»

Доля НАК Казатомпром	49,67 %
Доля других акционеров	50,33 %
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	18 145 тн.
Численность	341 чел.

Заречное



Проектная мощность	1000 тонн/год
Готовая продукция	желтый кек
План добычи 2010 г.	776 тонн.
Выход на проектную мощность	2011 год.
Объекты инфраструктуры и производства	100 %

ТОО «Кен Дала.КЗ»-Ц.Мынқудук

ТОО «Степногорский ГХК»	100%
Остаток нескрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	48 434тн.
Численность	358 чел.



Проектная мощность	2000 тонн/год
Готовая продукция	Закись-окись
План добычи 2010 г.	1 333 тонн.
Выход на проектную мощность	2012 год.
Объекты инфраструктуры и производства 1 очередь	100 %
Объекты инфраструктуры и производства 2 очередь	100 %

ТОО «Каратау»

Доля НАК Казатомпром	50 %
Доля других акционеров	50 %
Остаток нескрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	15 367тн.
Численность	181 чел.

Буденновское



Проектная мощность	2000 тонн/год
Готовая продукция	Закись-окись
План добычи 2010 г.	2031 тонн.
Выход на проектную мощность	2010 год.
Объекты инфраструктуры и производства 1 очередь	100 %
Объекты инфраструктуры и производства 2 очередь	80 %, срок сдачи - декабрь 2010 г.

АО СП «Акбастау»

Доля НАК Казатомпром	50 %
Доля других акционеров	50 %
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	24 656тн.
Численность	46 чел.

Проектная мощность	3000 тонн/год
Готовая продукция	Закись-окись
План добычи 2010 г.	1033 тонн.
Выход на проектную мощность	2015 год.
Объекты инфраструктуры и производства	Готовы дороги, ЛЭП, геотехнологические поля. Вопрос переработки продуктивных растворов рассматривается (строительство собственного/расширение ТОО «Каратау»)

ТОО «КЫЗЫЛКУМ»

Доля НАК Казатомпром	30 %
Доля других акционеров	70 %
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	34 226 тн.
Численность	295 чел.

Харасан 1



Проектная мощность	1000 тонн/год
Готовая продукция	желтый кек
План добычи 2010 г.	206 тонн.
Выход на проектную мощность	2015 год.
Объекты инфраструктуры и производства	100 %

ТОО «Байкен-У»

Доля НАК Казатомпром	5 %
Доля других акционеров	95 %
Остаток невскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	24 742 тн.
Численность	176 чел.

Харасан 2



Проектная мощность	2000 т/год.
Готовая продукция	30У пероксид
План добычи 2010 г.	200 тонн.
Выход на проектную мощность	2017 год.
Срок сдачи вахтового поселка госкомиссии	II квартал 2010 г.
Переработка продуктивных растворов до желтого кека производится на ТОО «Кызылкум»	

СП «Семизбай-У»

Доля НАК Казатомпром	51%
Доля других акционеров	49%
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2009 г.	45 670 тн.
Численность	231 чел.

Рудник Ирколь

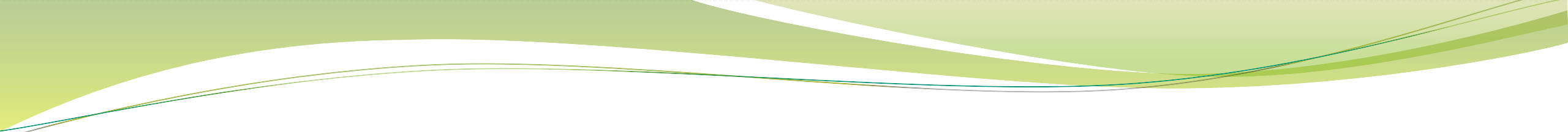


Проектная мощность	750 тонн/год
Готовая продукция	желтый кек
План добычи 2010 г.	753 тонн.
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	28 581тн
Выход на проектную мощность	2010 год.
Объекты инфраструктуры и производства	100 %

Рудник Семизбай



Проектная мощность	500 тонн/год
Готовая продукция	товарный десорбат
План добычи 2010 г.	256 тонн.
Остаток невоскрытых запасов по состоянию на 01.01.2010 г.	17 088,5 тн
Выход на проектную мощность	2011 год.
Объекты инфраструктуры и производства	95 %



Системы разработки урановых месторождений

Системы разработки

Системы разработки – это :

- **совокупность вскрывающих и подготовительных выработок,**
- **определенный порядок их проведения и эксплуатации, увязанный во времени и пространстве с управляемым химико-технологическим процессом перевода металла из руды в раствор.**

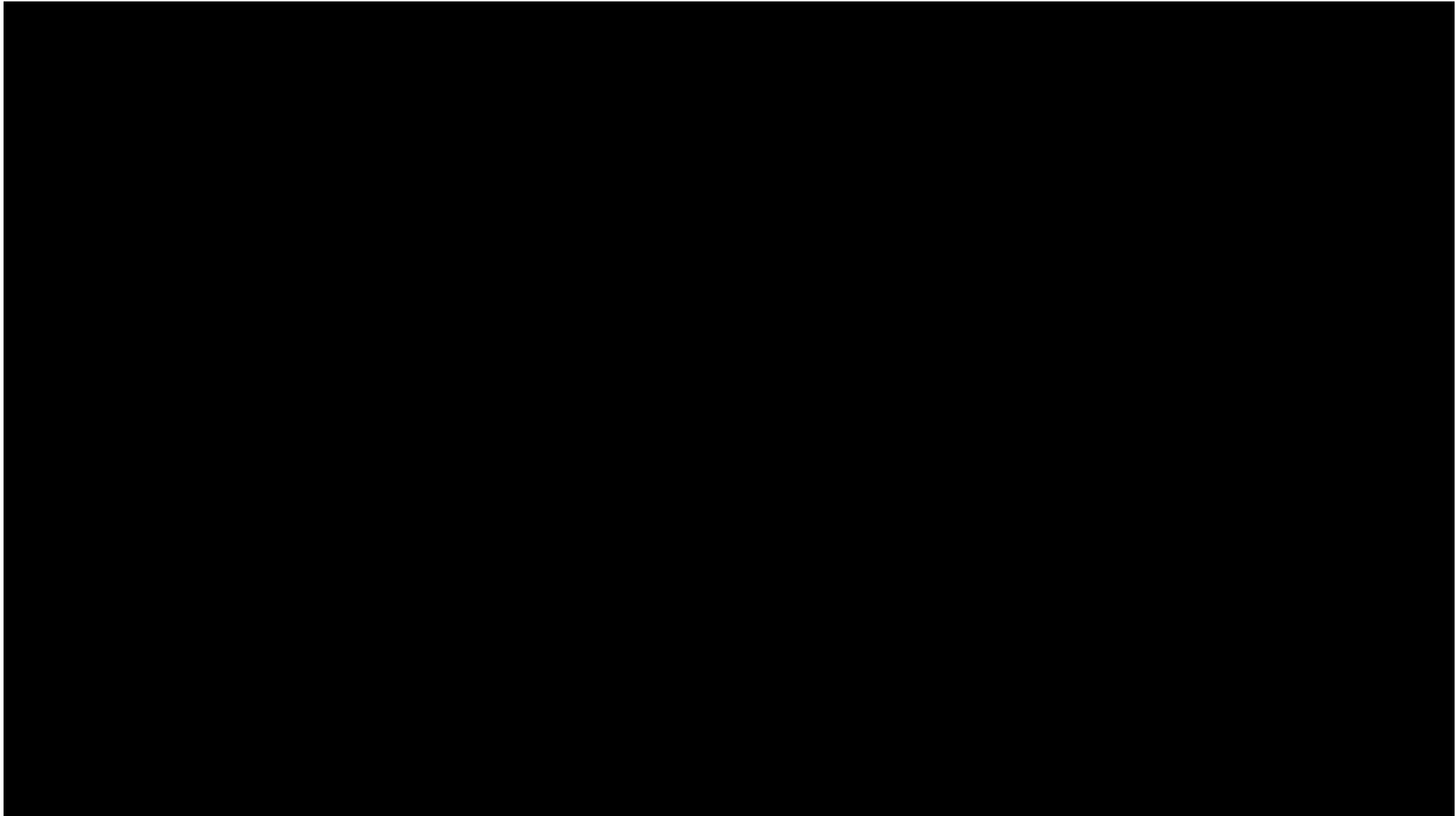
Виды систем:

- **шахтные,**
- **карьерные,**
- **бесшахтные (скважинные),**
- **комбинированные.**

Классификация систем разработки месторождений урана методом подземного выщелачивания

Класс	Наименование класса	Наименование группы
1	Шахтные системы подземного выщелачивания металла в блоках из руд с естественной проницаемостью из отбитых руд	С различным расположением дренажных горных выработок и различными режимами выщелачивания
2	Бесшахтные (скважинные) системы подземного выщелачивания металла из руд с естественной проницаемостью	С площадным (ячеистым) расположением скважин и фильтрационным режимом
		С линейным расположением технологических скважин и фильтрационным режимом
		С противофильтрационными завесами, с различными расположением скважин и режимами выщелачивания
3	Комбинированные системы из элементов бесшахтных (скважинных) и шахтных систем подземного выщелачивания	С закачкой растворов по скважинам с поверхности, приемом их в горные выработки и различными режимами выщелачивания

Финансовые результаты АО НАК «Казатомпром» за 2022 г.



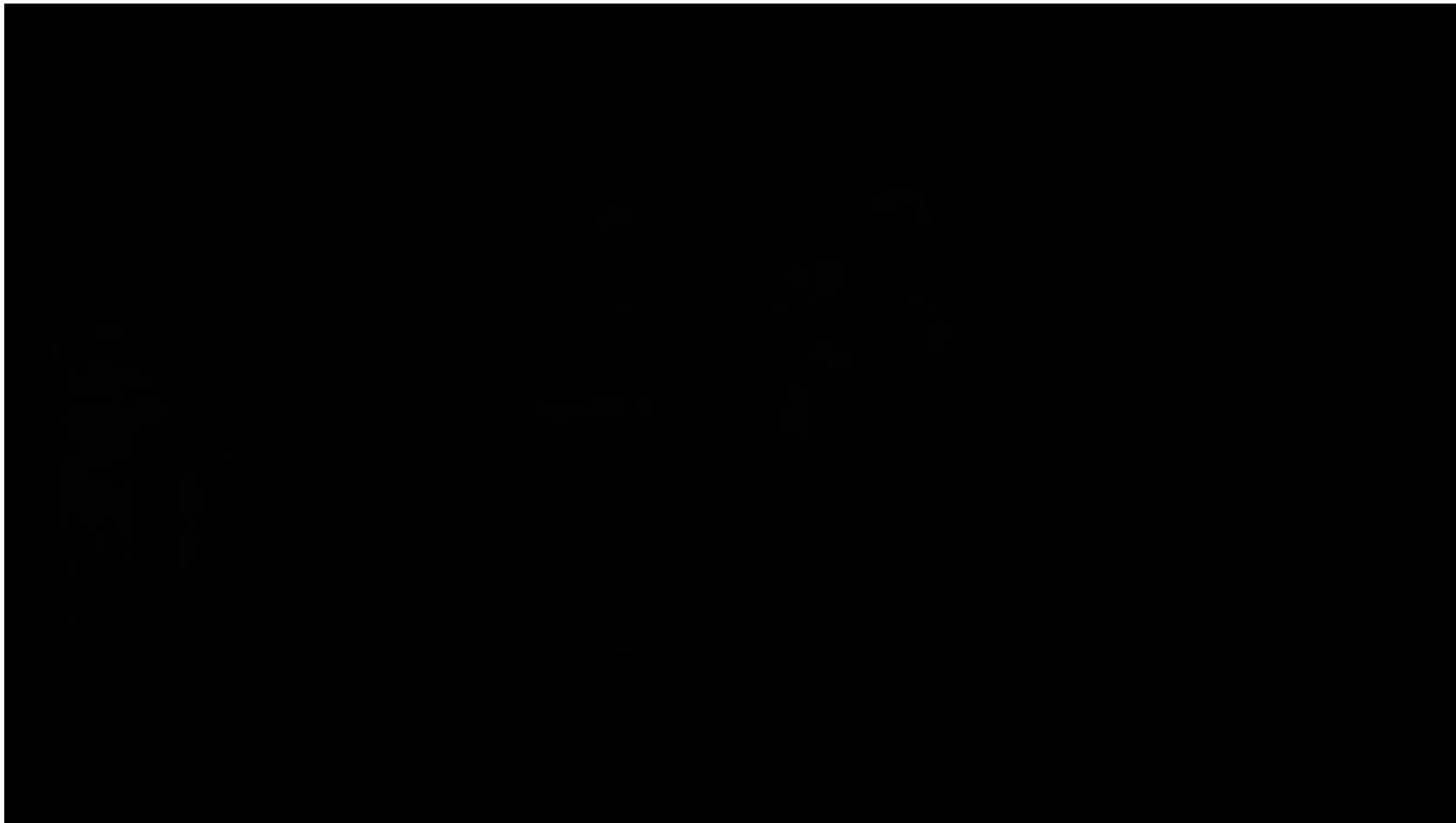
Системы разработки

Шахты (рудники)

- Долгое время **шахтный** метод добычи урановой руды был основным.
- **Урановые шахты** принципиально не отличаются от других типов шахт, разве что более сильной вентиляцией и повышенной степенью охраны труда.
- На **руднике урановую** руду извлекают из горного массива буро-взрывным способом и разрушенную породу поднимают на поверхность.

Системы разработки

Шахтная



Системы разработки

Карьеры

- **Карьерный метод** - с предварительным вскрытием рудных пластов, измельчением и перемещением руд для выщелачивания на перерабатывающем комплексе.
- Довольно часто (особенно в прошлом) уран добывали открытым способом в карьерах.
- Примером может служить рудник **Актау (Казахстан)**. Карьер размером 17 на 3 км обеспечивал его производительность 650 тонн урана в год.
- Такие карьеры наносят существенный урон окружающей среде – их рекультивация практически невозможна.

Системы разработки

- **Разработка карьера:** Бурение скважин на уступах, отрыв горной породы, погрузка взорванной породы, транспортировка руды

Карьер уранового рудника Рессинг (Намибия).
Самый крупный на планете (начало работ 1976)



Бурение взрывных скважин



Взрывные работы



Погрузка породы



Транспортировка руды



Системы разработки

Карьеры



Системы разработки

- **Возросшая себестоимость** товарной продукции при традиционных **системах горно-шахтной разработки** сделала **добычу бедных руд убыточной**, стало выгодно обрабатывать только **богатые** руды.
- **Если идти по этому пути**, то в категорию некондиционных отойдут большая часть **рядовых и все бедные руды**, в результате запасы балансовых руд уменьшатся в 9 раз и соответственно сократится срок работы предприятий.
- **Безусловно, такой подход недопустим**, поэтому **принято** в мире **альтернативное решение**, основанное на **широком применении СПВ**.

Системы разработки

Бесшахтные (скважинные) системы подземного выщелачивания (СПВ) урана из руд с естественной проницаемостью

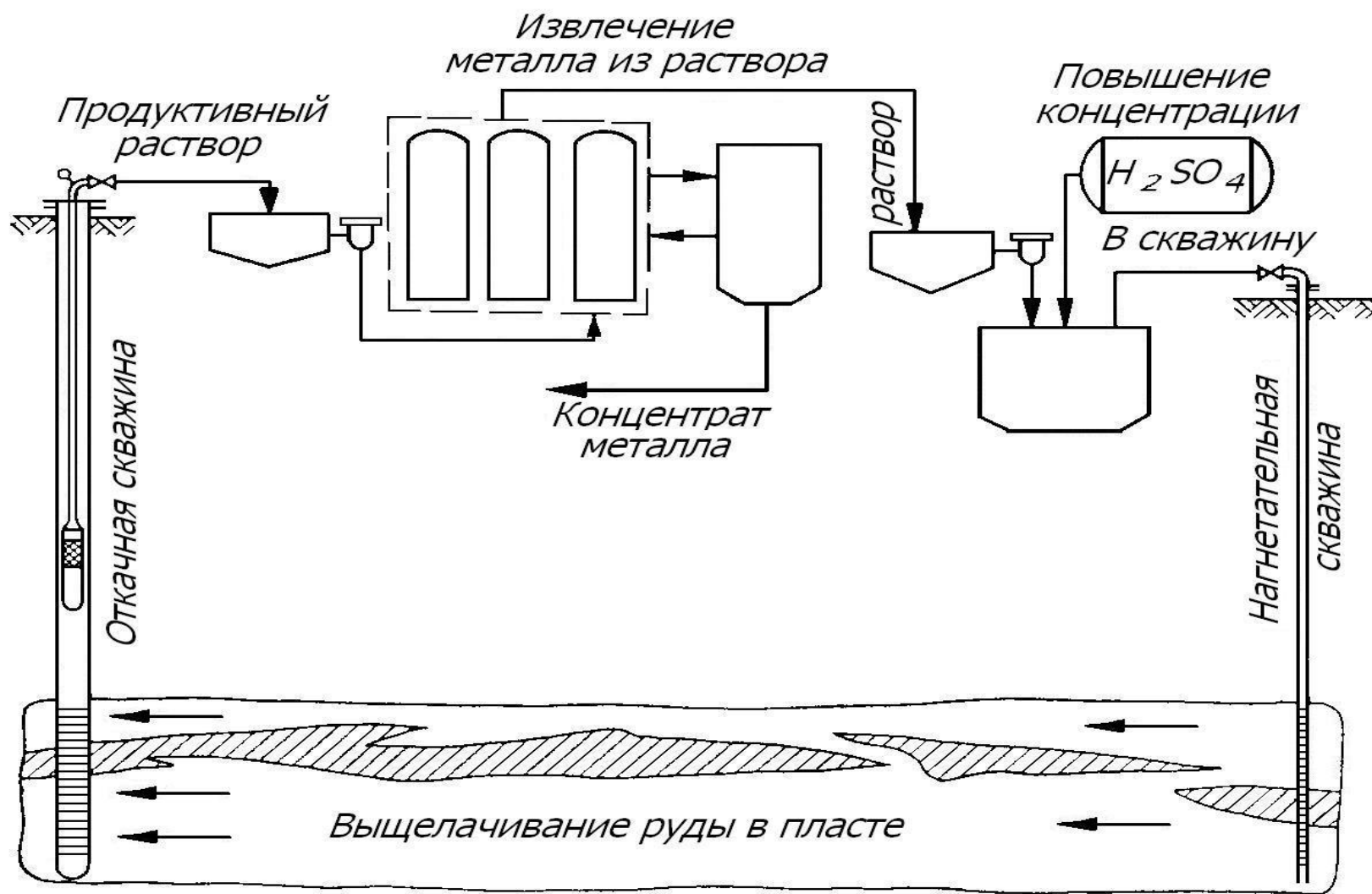
Сущность подземного выщелачивания полезных ископаемых :

- **Через скважины, пробуренные с поверхности**, в пласт полезного ископаемого **нагнетается химический реагент**, способный переводить минералы полезного ископаемого (урана) в растворимую форму
- Происходит **избирательный** перевод полезного компонента в жидкую фазу путем **управляемого движения растворителя** по руде в естественном залегании
- Раствор, насыщенный металлом, **пройдя часть рудного пласта**, через другие скважины **поднимается** на поверхность и далее по трубопроводу транспортируется к установкам для переработки.

Схема добычи и переработки урана методом подземного скважинного выщелачивания



Принципиальная технологическая схема подземного выщелачивания с откачкой погружным насосом



Технологическая схема подземного выщелачивания с откачкой эрлифтом

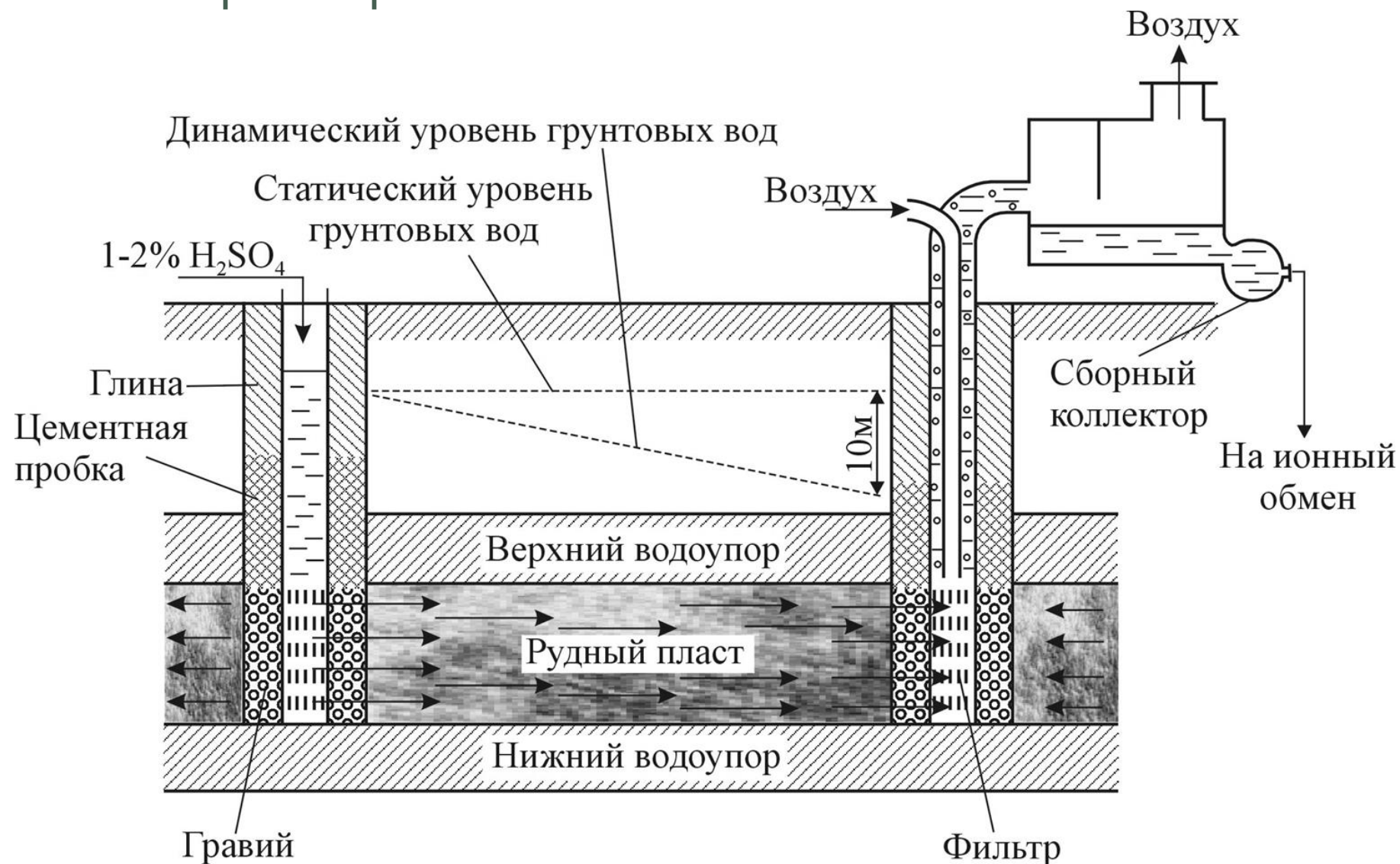
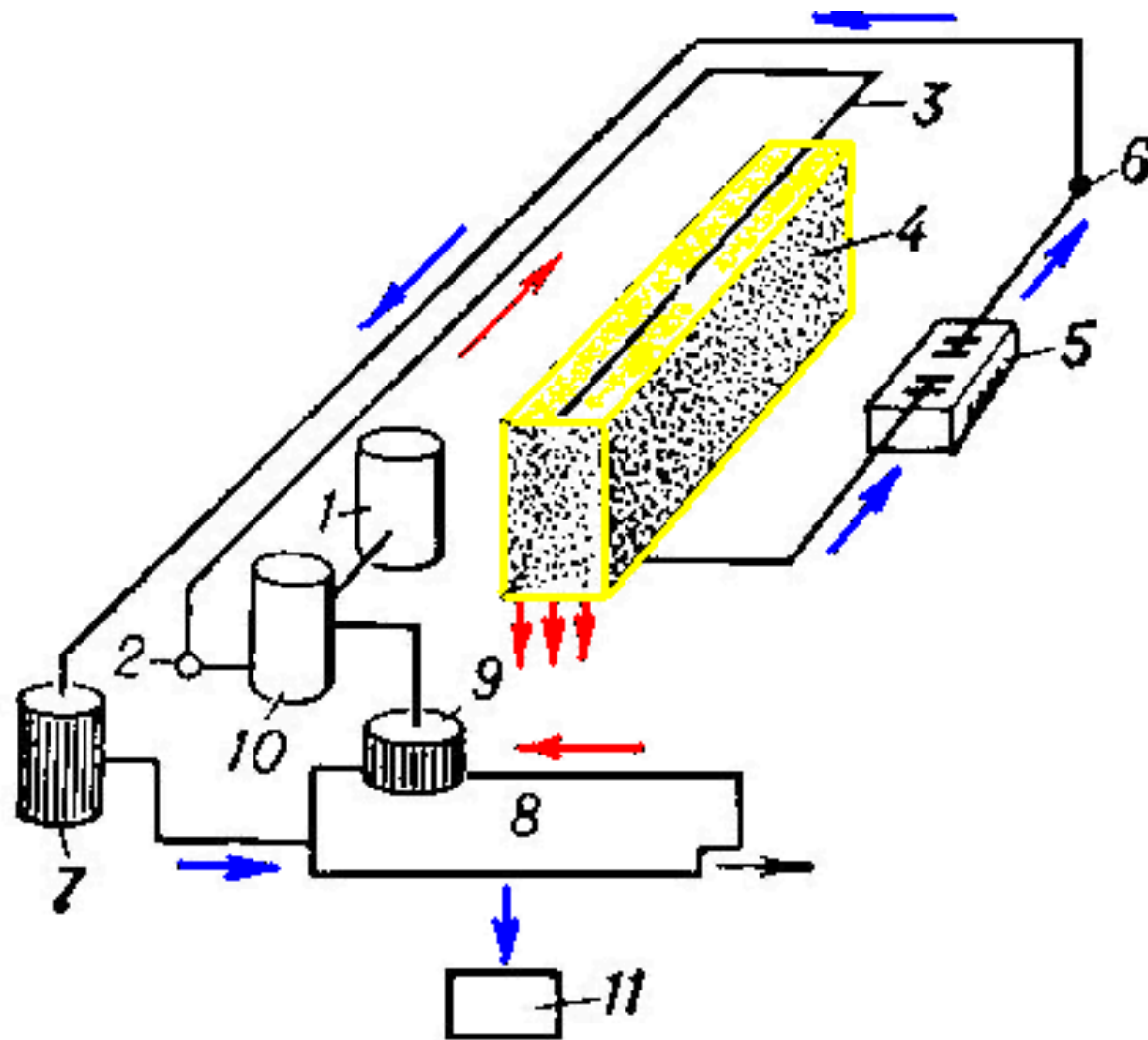


Схема подземного выщелачивания скальных руд

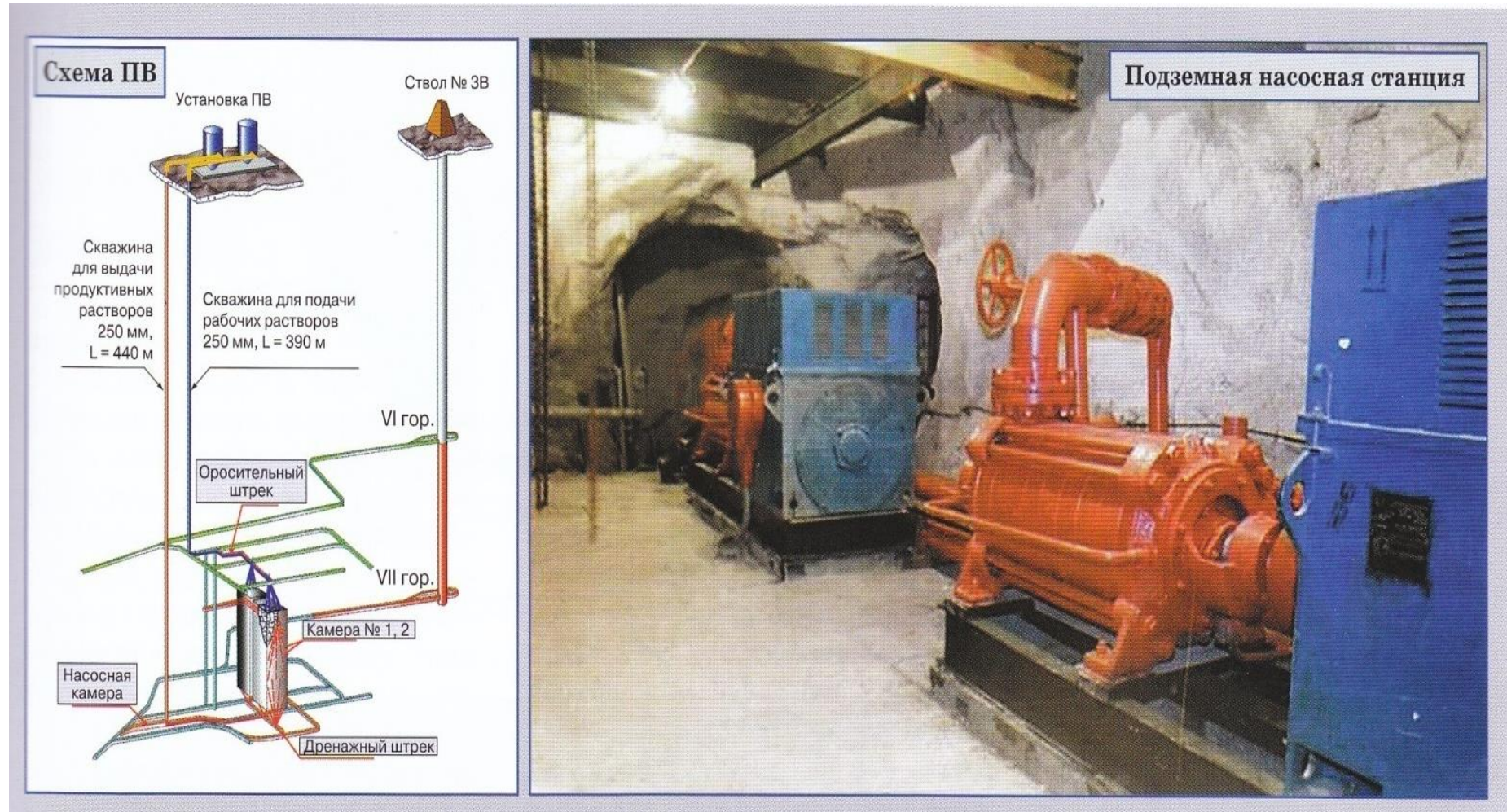
Комбинированные системы из элементов шахтных и бесшахтных (скважинных) систем подземного выщелачивания

- 1 — ёмкость для растворителя ,
- 2 — насос,
- 3 — трубопровод рабочих растворов,
- 4 — обрабатываемый (взорванный) блок руды,
- 5 — емкость для сбора продуктивных растворов,
- 6 — насос,
- 7 — ёмкость для продуктивных растворов на поверхности,
- 8 — сорбционная установка,
- 9 — отстойник отработанного раствора,
- 10 — ёмкость для доукрепления растворов,
- 11 — пресс-фильтр



СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

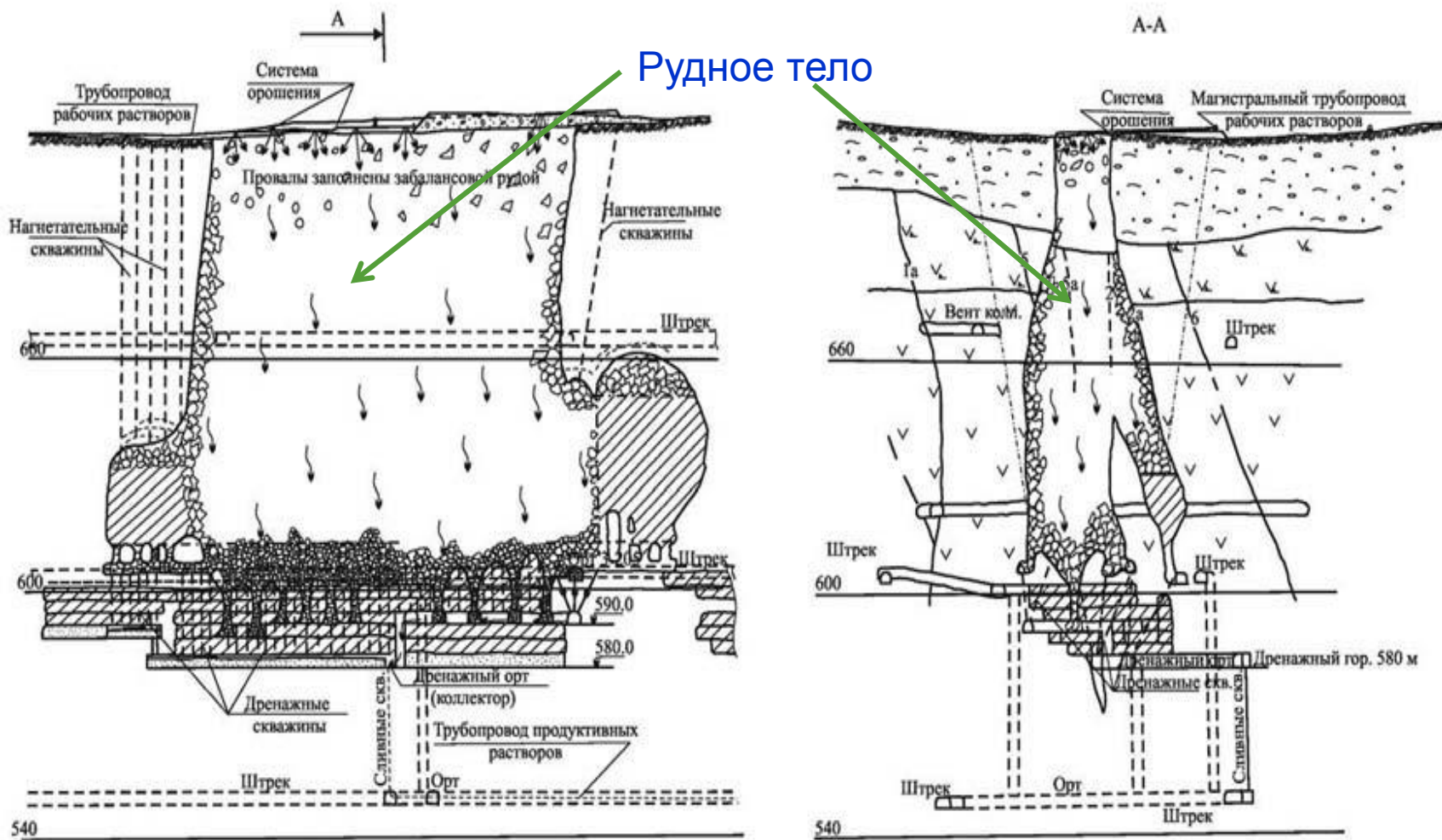
Комбинированные системы из элементов шахтных и бесшахтных (**скважинных**) систем подземного выщелачивания



- Участок подземного выщелачивания рудника «Глубокий» "Приаргунское производственное горно-химическое объединение"

СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Комбинированные системы из элементов шахтных и бесшахтных (скважинных) систем подземного выщелачивания

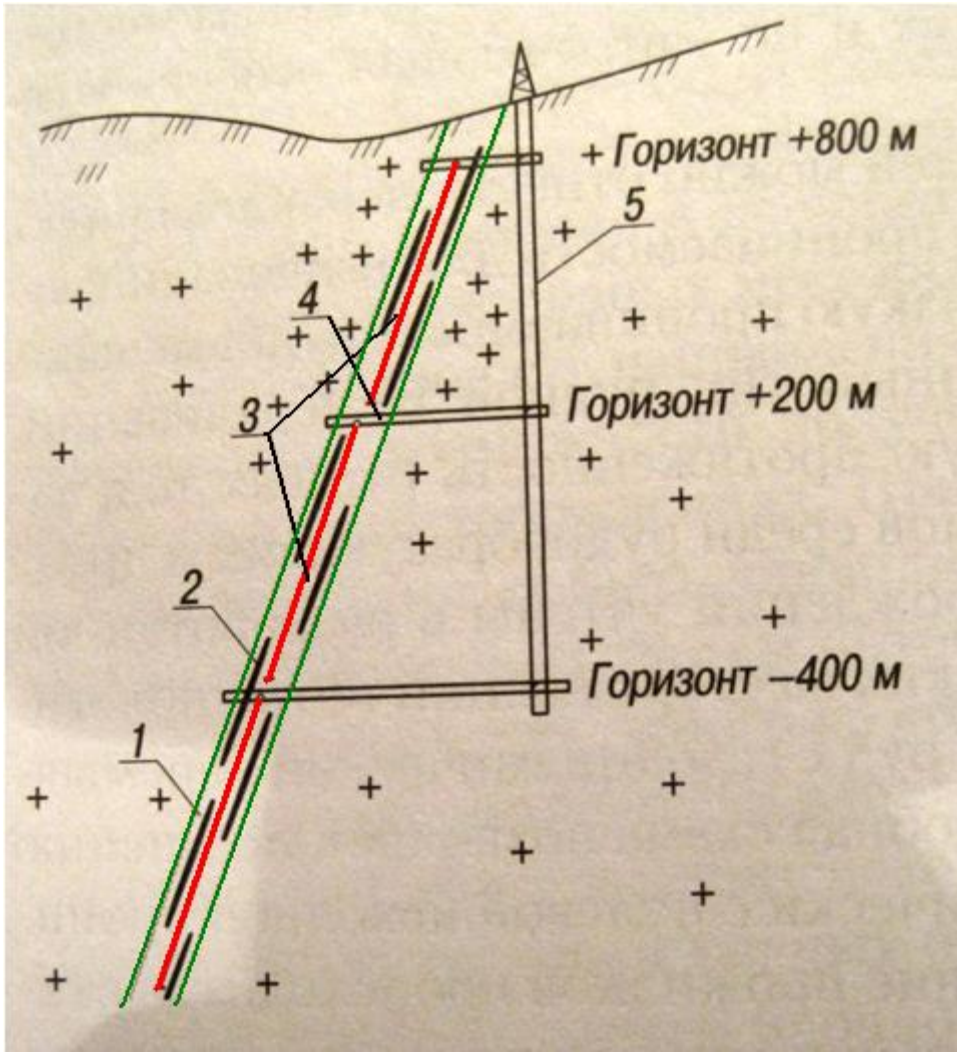


Комплекс подземного выщелачивания скальных урановых руд на месторождении Юбилейное Стрельцовского рудного поля

СИСТЕМЫ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Комбинированные системы из элементов шахтных и бесшахтных (**скважинных**) систем подземного выщелачивания

Схема отработки крутопадающих рудных тел методом ПВ



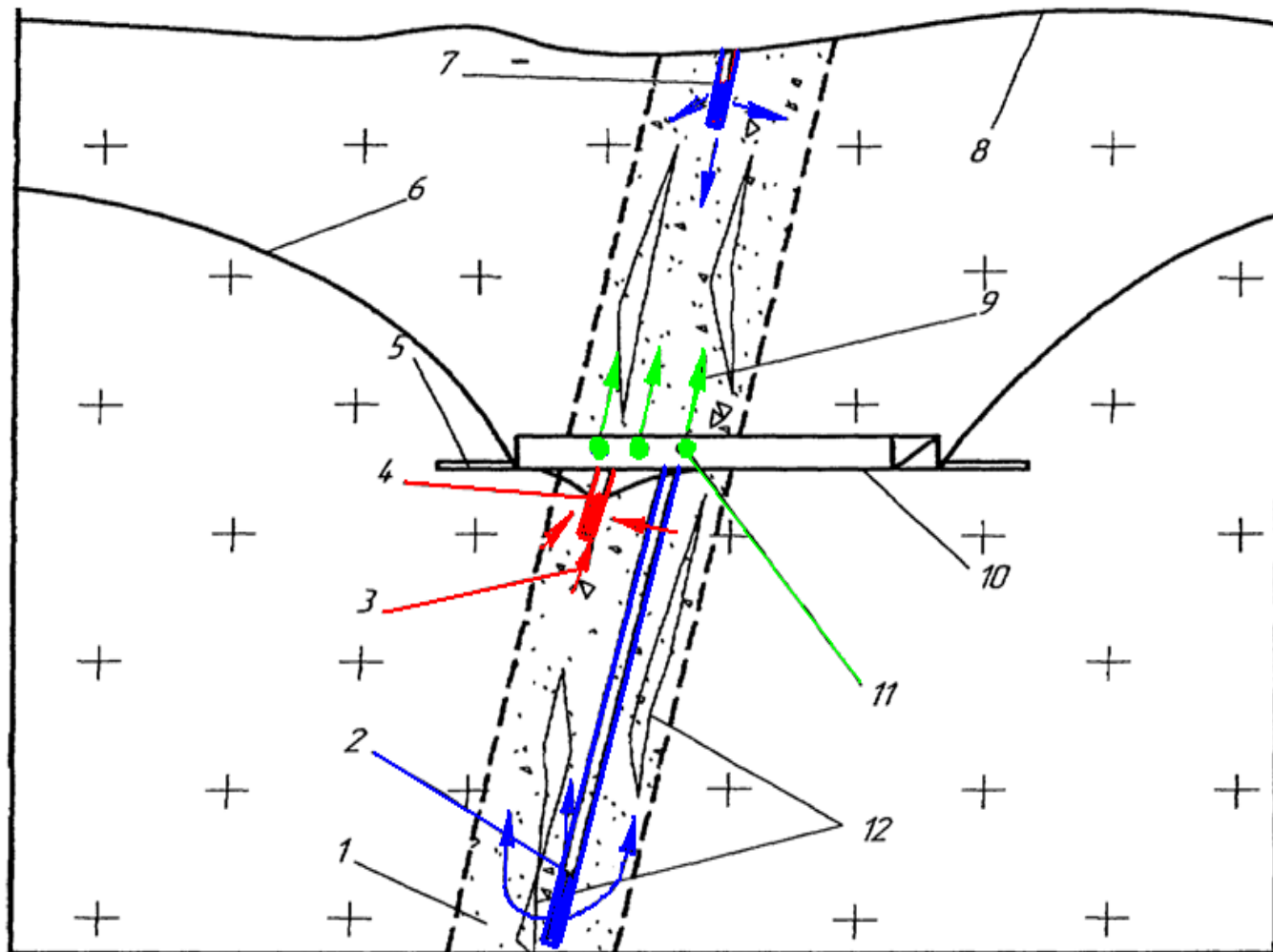
- **1** — продуктивная зона;
- **2** — рудные тела;
- **3** — геотехнологические скважины;
- **4** — полевые горизонтальные горные выработки, пройденные вкрест простирания продуктивной зоны;
- **5** - шахтный ствол.

Системы подземного выщелачивания

Комбинированные системы из элементов шахтных и бесшахтных (скважинных) систем подземного выщелачивания

Комбинированная схема отработки крутопадающих рудных тел

- **1** - рудовмещающая зона, в массиве скальных пород с изменениями, тектоническими процессами (повышенная **трещиноватость, дробление**, и т.п.);
- **2** - **закачная** скважина в **обводненной части зоны** и ее фильтр;
- **3** - линия тока выщелачивающего раствора;
- **4** - **откачная** скважина;
- **5** - дренажная скважина;
- **6** - уровень подземных вод;
- **7** - **закачная** скважина в **осушенной зоне**;
- **8** - поверхность земли;
- **9** - линия тока воздуха, подаваемого в осушенную зону;
- **10** - буровой штрек;
- **11** - воздухоподающие скважины;
- **12** - рудные тела.



Системы подземного выщелачивания

Итак.

Методы добычи урана **через горные выработки ограничены**, так как современная техника не позволяет рентабельно вовлекать в эксплуатацию:

- бедные руды,
- руды, залегающие на значительных глубинах,
- руды, залегающие в сложных горно-геологических условиях.

Подземное **выщелачивание (ПВ) через пробуренные скважины** с дневной поверхности химическими реагентами открывает широкие возможности для комплексного использования урановых руд, что позволит **рентабельнее** использовать более **бедные руды**.

Преимущества метода подземного выщелачивания

- **1. Исключаются** дорогостоящие операции:
 - выемки руды из шахт,
 - дополнительного ее дробления и измельчения,
 - хранения радиоактивных рудных отвалов.
- **2. Резко улучшаются условия труда.**
- **3. Обеспечивается** более полное использование недр.
- **4. Сводятся к минимуму потери урана** при добыче и переработке, **извлекается металл** из забалансовых руд.

Преимущества метода подземного выщелачивания

- **Метод подземного выщелачивания** занимает важное место в охране окружающей среды, так как при его использовании поверхность земли и воздушный бассейн почти не загрязняются.
- **Переработка радиоактивной руды на месте ее залегания** исключает загрязнение окружающей среды долгоживущими естественными радиоактивными элементами.
- При подземном выщелачивании **снижается** стоимость урана и более полно используется урансодержащее сырье.

Цели подземного выщелачивания

Основные главные **цели** подземного выщелачивания (**ПВ**):

- наиболее полное и селективное **растворение урановых** минералов;
- **извлечение растворенного урана** с места залегания руды.

Типы месторождений, пригодных для отработки способом подземного скважинного выщелачивания

Анализ достоверно разведанных урановых запасов мира, проведенный МАГАТЭ по их вкладу в общее производство урана, показывает, что ведущими геолого-промышленными типами в настоящее время являются:

- месторождения типа «несогласия»,
- брекчиевого комплекса
- и месторождения песчаникового типа.

Несмотря на преимущественно низкое содержание урана в рудах, **песчаниковый тип** месторождений в настоящее время **считается наиболее продуктивным**, а благодаря возможности применения способа ПСВ - наиболее рентабельным.

В мировом масштабе суммарные ресурсы песчаникового типа могут превышать 2,5 млн тонн урана. По данным МАГАТЭ, добыча урана из месторождений этого типа в мировом балансе составляет до 50 %, что более чем вдвое превышает объем добычи из гигантских месторождений типа «несогласия» с богатыми рудами.

Типы месторождений, пригодных для отработки способом подземного скважинного выщелачивания

- Отработке методом **ПСВ** подвергают преимущественно **пластово-инфильтрационные месторождения**.
- Из грунтово-инфильтрационных месторождений для отработки методом ПСВ **пригодны лишь базальные (третичный период)**, относящиеся к трем типам:
 - **хиагдинскому (Хиагдинское рудное поле в Бурятии, Россия)**
 - **семизбайско-далматовскому (Семизбай в Акмолинской области Казахстана, Далматовская группа месторождений в Курганской области России)**
 - **и девладовскому (Девладовская группа месторождений т.н. Украинского щита).**

Типы месторождений, пригодных для отработки способом подземного скважинного выщелачивания

- Территория **Притяньшаньской урановой мега-провинции** охватывает суборогенную окраину молодой Туранской плиты, где ураноносные предгорные впадины цепочкой располагаются у подножия Западного Тянь-Шаня.
- Отдельные впадины, разделенные продольными поднятиями, выделяются в качестве самостоятельных рудных провинций (**Шу-Сарысуйской, Сырдарьинской, Центрально-Кызылкумской**). Впадины выполнены сероцветными и пестроцветными контрастными по проницаемости отложениями плитного комплекса «мел - палеоген» мощностью до 400 м, которые перекрыты плащом красноцветных неоген-четвертичных отложений.
- Анализ Шу-Сарысуйской и Сырдарьинской провинций показывает, что ураноносной является обширная **Сузакская мульда**, объединяющая соседние части впадин в единый артезианский бассейн в докаратауское время с ресурсами урана более 1,5 млн т.

Цель курса

- **Цель** данного курса - расширение области знаний **специалистов разного профиля по бурению скважин различного технологического назначения для подземного выщелачивания урана.**
- Мы **обобщим** теоретический и практический материал **в основном** по сооружению **геотехнологических** (эксплуатационных) скважин для подземного выщелачивания урана.

Вопросы для самоконтроля

- 1. Перечислите основные преимущества процесса ПСВ перед добычей урана открытым способом.**
- 2. Охарактеризуйте три основных стадии отработки месторождений ПСВ.**
- 3. Какие типы месторождений наиболее пригодны для отработки методом ПСВ?**
- 4. Перечислите основные урановые месторождения Республики Казахстан.**



Спасибо за внимание !