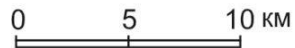
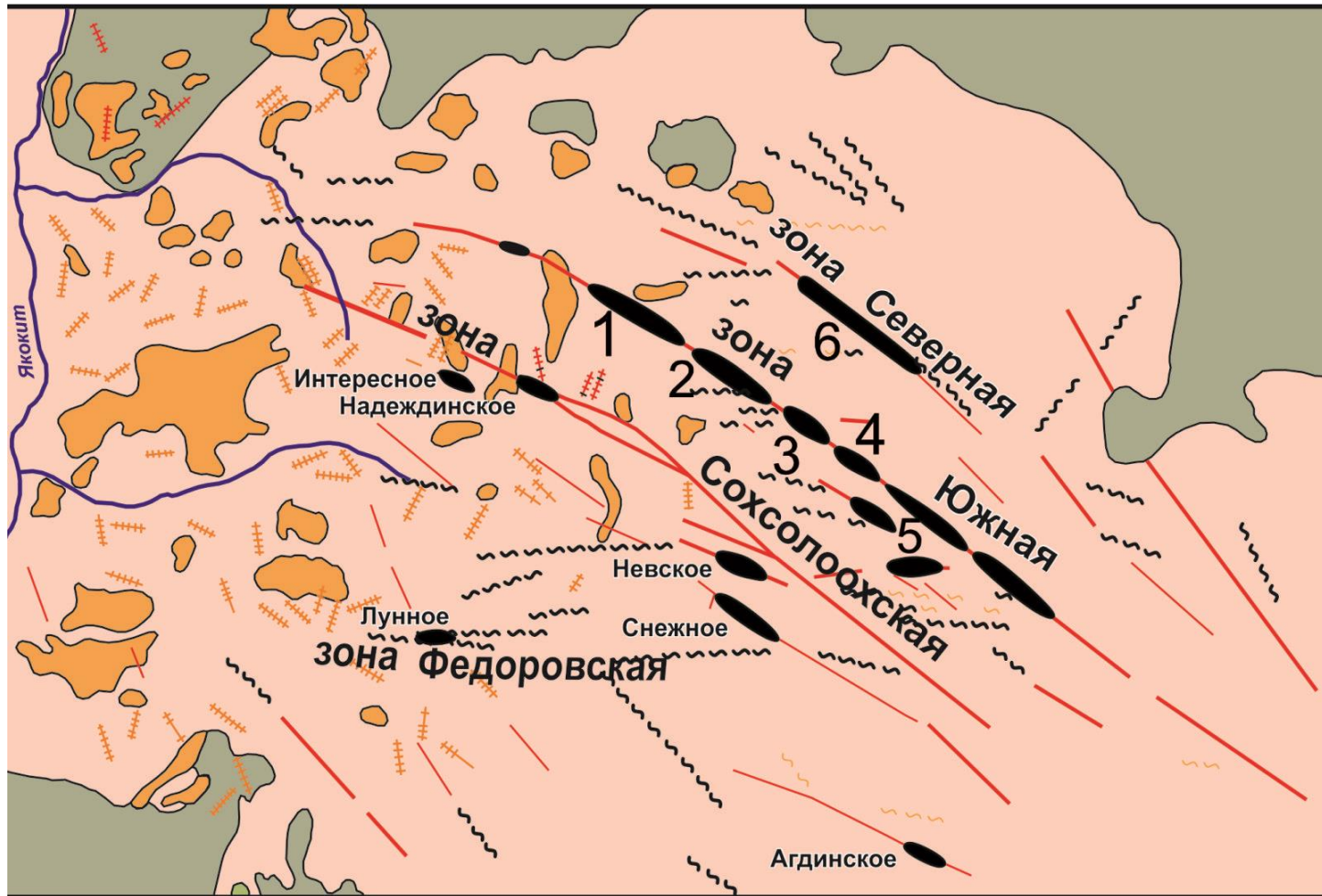


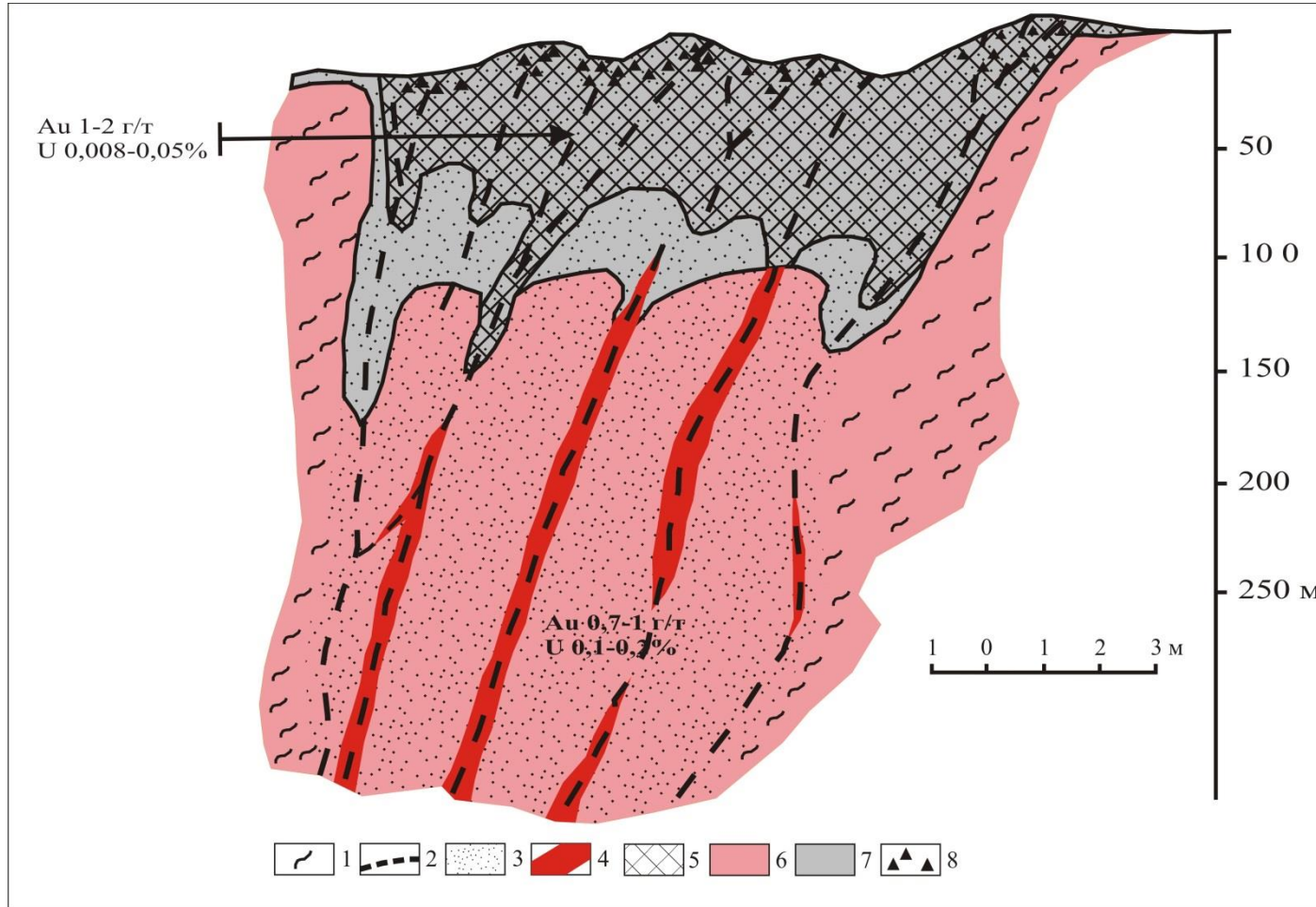


РОСАТОМ ФГБУ «ВИМС»

Проблемы переработки окисленных золотоурановых руд Зон Южной и Северной и пути их решения

Авдонин Г.И.¹, Трубаков Ю.М.², Кольцов В.Ю.², Грязнов М.В.²
¹ФГБУ «ВИМС», ²АО «ЭЛЬКОНСКИЙ ГМК»





ТИПЫ БРАННЕРИТОВЫХ РУД И ИХ РАСПРОСТРАНЕНИЕ В РАЗРЕЗЕ

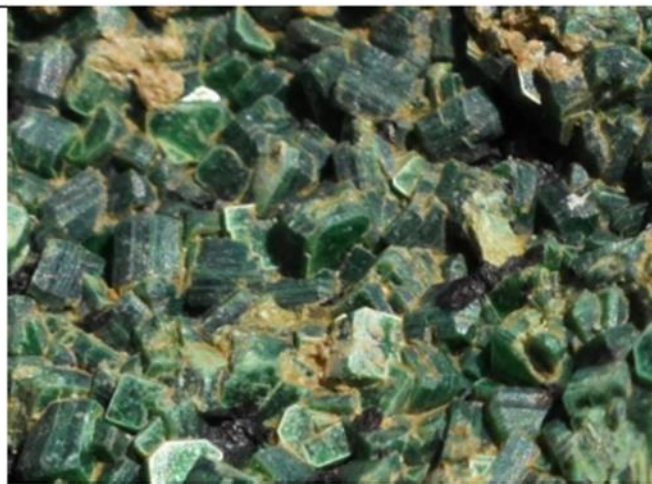
Тип	Глубина залегания	Тип браннерита	Химический состав			
			Разности U и Ti –содержащих минералов	TiO ₂	UO ₂	UO ₃
III (окисленные руды)	выше отметки +300м	 <p>Преобладает палевый браннерит, слагающий цемент микробрекчии. <i>Фото обр. и радиография к нему (экспозиция 12 сут.)</i></p>	коричневый браннерит	17,13	3,66	18,79
			Желтый/палевый браннерит	21,36	не обн.	36,24
			анатазовый U-сод. продукт	19,6	не обн.	0,29
			анатазовый U-сод. продукт	23,15	не обн.	1,44
			анатазовый U-сод. продукт	17,26	не обн.	4,9
			анатазовый U-сод. продукт	17,26	не обн.	4,9
II (полуокисленные)	от +300м до -200м	Преобладает палевый браннерит и появляется смоляно-черный браннерит				
I (первичные)	глубже отметки -200м	 <p>Количества смоляно-черного браннерита увеличивается, при чем значительно в РТ с максимальной продуктивностью</p>	Разности U и Ti –содержащих минералов	TiO ₂	UO ₂	UO ₃
			черный браннерит	26,1	28,5	11,53
			темно-коричневый браннерит	21,37	23,97	7,9

В приповерхностной зоне происходит гипергенное окисление браннерита с образованием дисперсной палевой разности, содержащей 6-ти валентный уран. Происходит частичный вынос U и образование урановых слюдок – отенита, торнбернита.

Ниже зоны окисления образование палевого браннерита связано с гипогенным процессом карбонатного метасоматоза. Вынос урана в этой зоне приводит к образованию коффинита.



a)



б)



- По минеральному составу руды являются золото-серебряными с ураном. Содержание U 0,015%. По составу горнорудной массы - алюмосиликатными бескарбонатными с высоким содержанием оксидов и гидроксидов железа. Из кислотоёмких компонентов присутствуют гидрослюды.
- Золото в руде представлено самородным золотом с высоким содержанием серебра (электрум). Преобладает тонкодисперсное золото (менее 0,01 мм), ассоциирующее, главным образом, с минералами серебра и кварцем, реже гидроксидами железа.
- Основным серебросодержащим минералом в руде является акантит.
- Урановая минерализация представлена сильно измененным браннеритом, который замещен коффинитом и оксидами урана. Реже встречаются фосфаты урана. Незначительные содержания урана присутствуют в оксидах и гидроксидах железа.



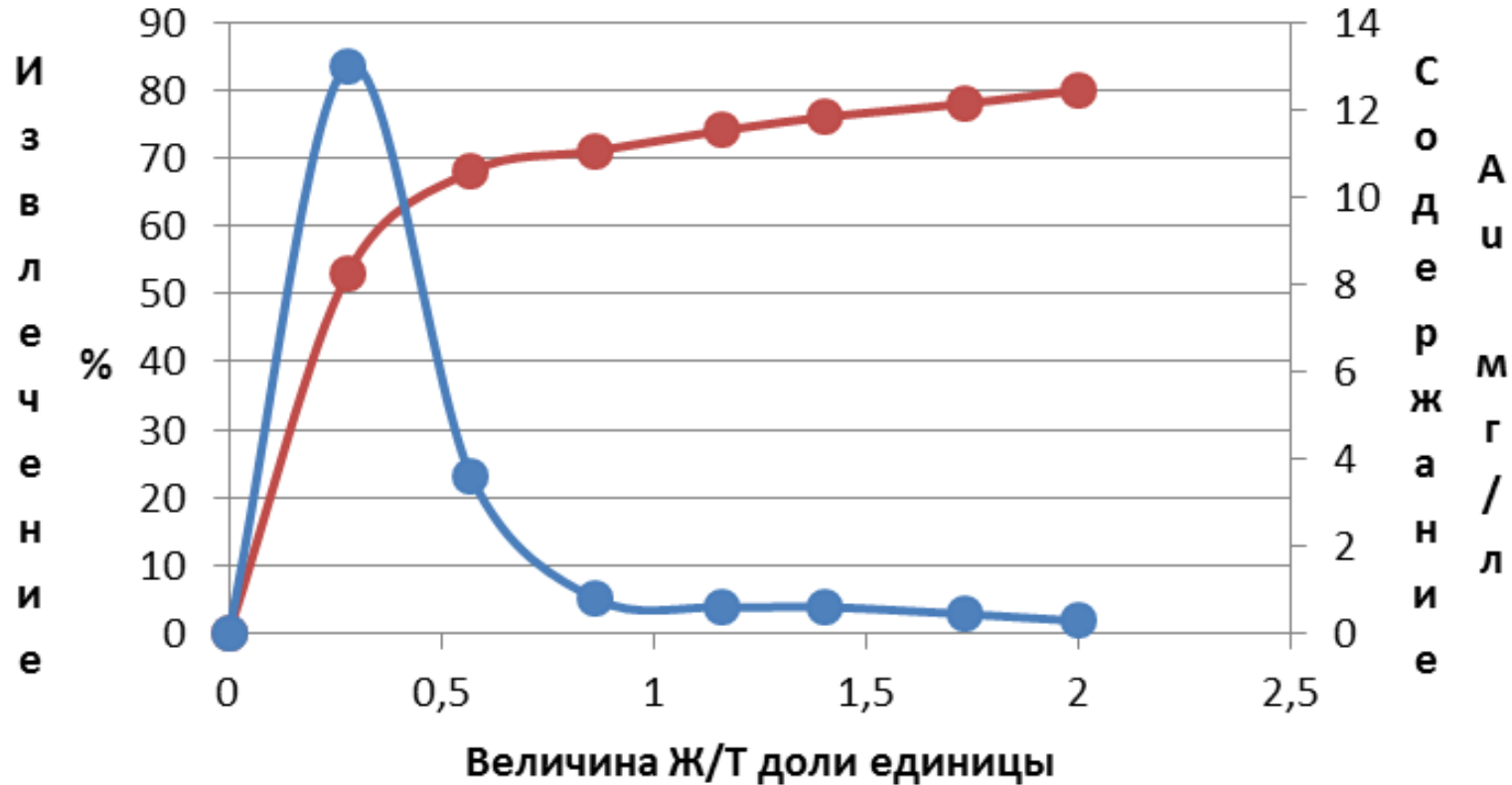
Забалансовые запасы урана в контуре золотых руд



месторождение	Запасы руды тыс. т		Запасы U т	Содержание U %
Северное	В контуре карьера	13031	1982	0,015
	За контуром карьера	6618	1188	0,018
	В штабелях	1807	550	0,030
Лунное	В недрах	16471	2196	0,013
	В штабелях	5331	522,7	0,008



Зависимости концентраций и извлечения золота при выщелачивании раствором цианида натрия (1г/л) от величины Ж/Т



—●— извлечение Au —●— содержание Au в ПР



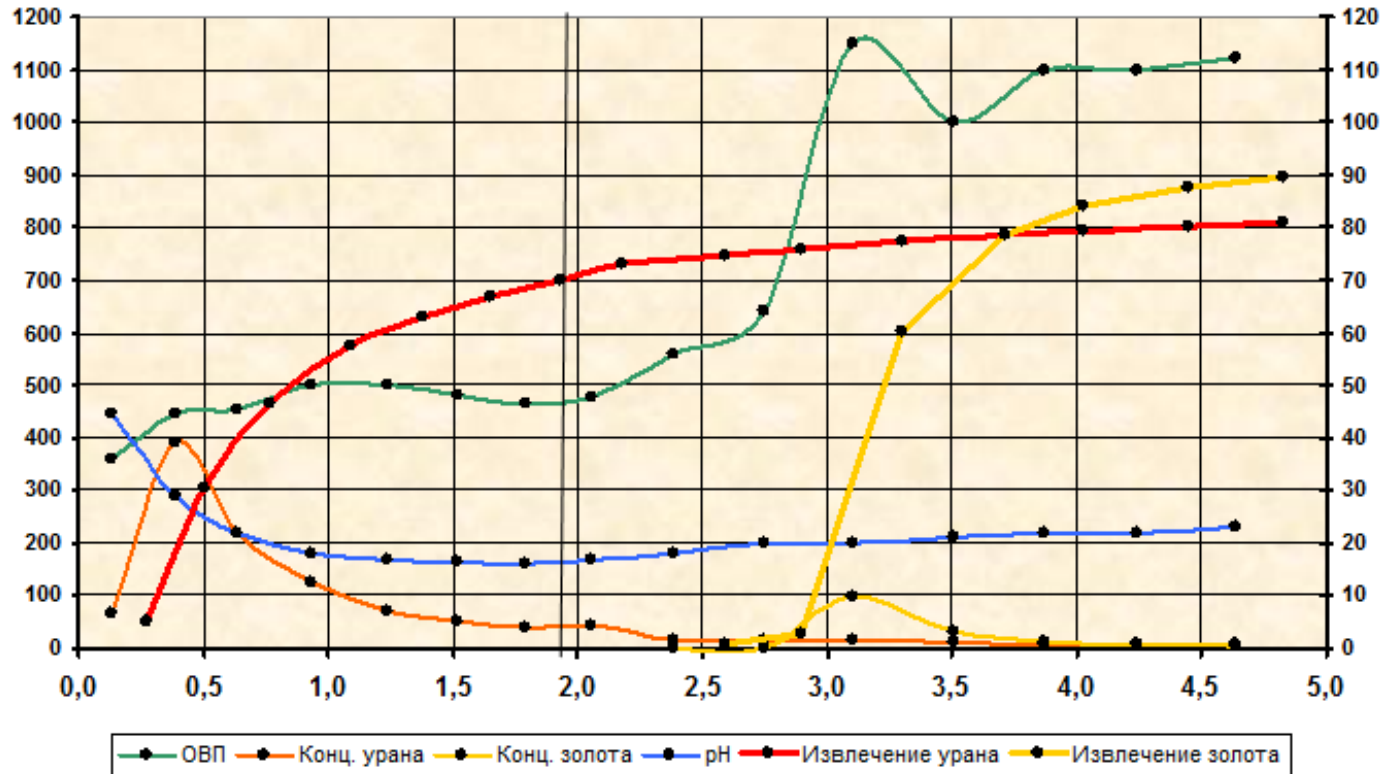
**Результаты определения удельного расхода кислоты
при Ж/Т=3 исходная кислота 24 г/л содержание U в пробе 0,046%**



Параметры	1 сутки	7 суток	30 суток
Остаточная кислотность, г/л	20,58	16,07	14,6
Расход кислоты кг/т	10,2	24,0	28,2
Концентрация урана, мг/л	102,6	114	116
Извлечение %	66,9	74,3	75,6
Концентрация железа, г/л Fe ⁽⁺³⁾	0,45	2,36	3,21
Концентрация железа, г/л Fe ⁽⁺²⁾	—	0,096	0,23

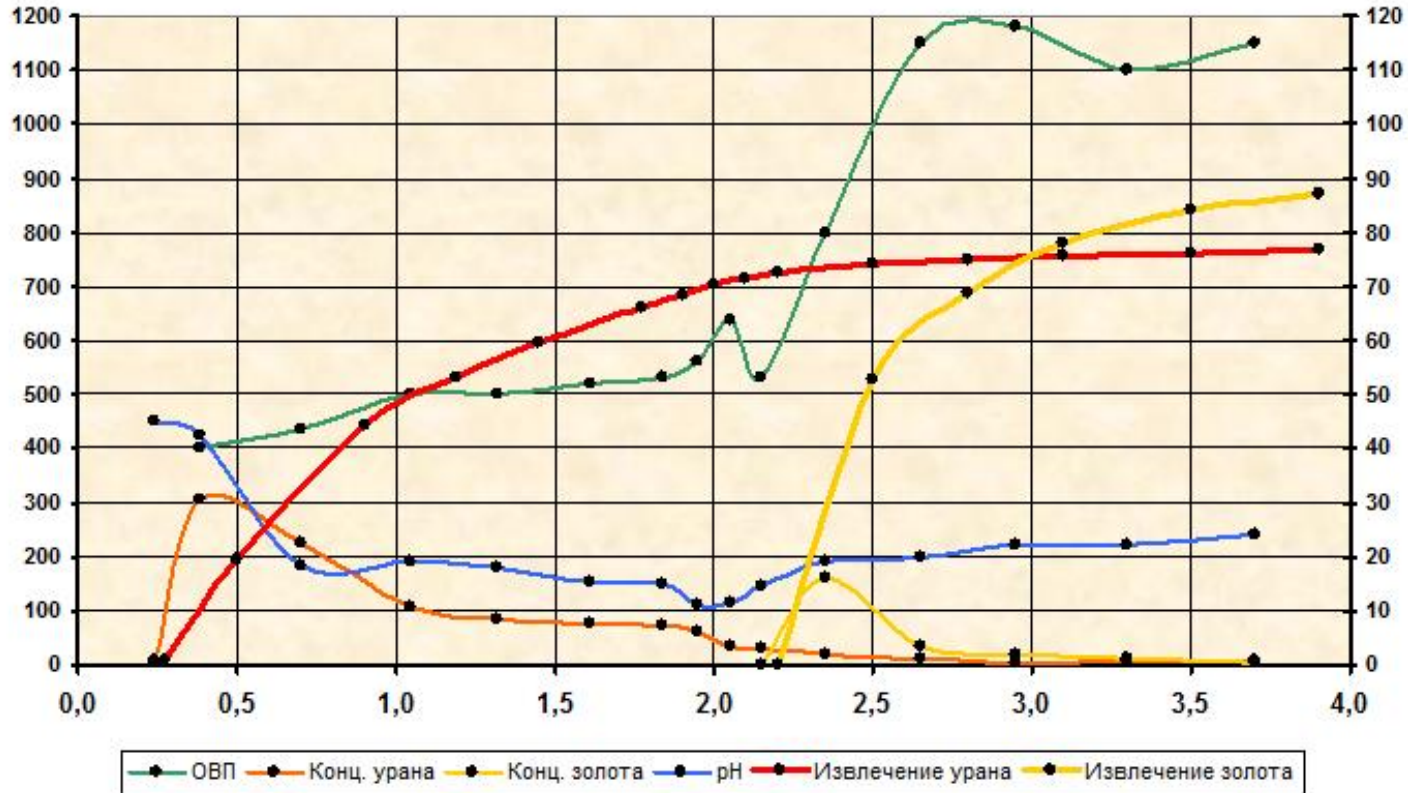


Зависимости концентраций и извлечения урана и золота при двухстадийном выщелачивании раствором серной кислоты и хлорсодержащим раствором (табл. 3.3.2) от величины отношения Ж/Т



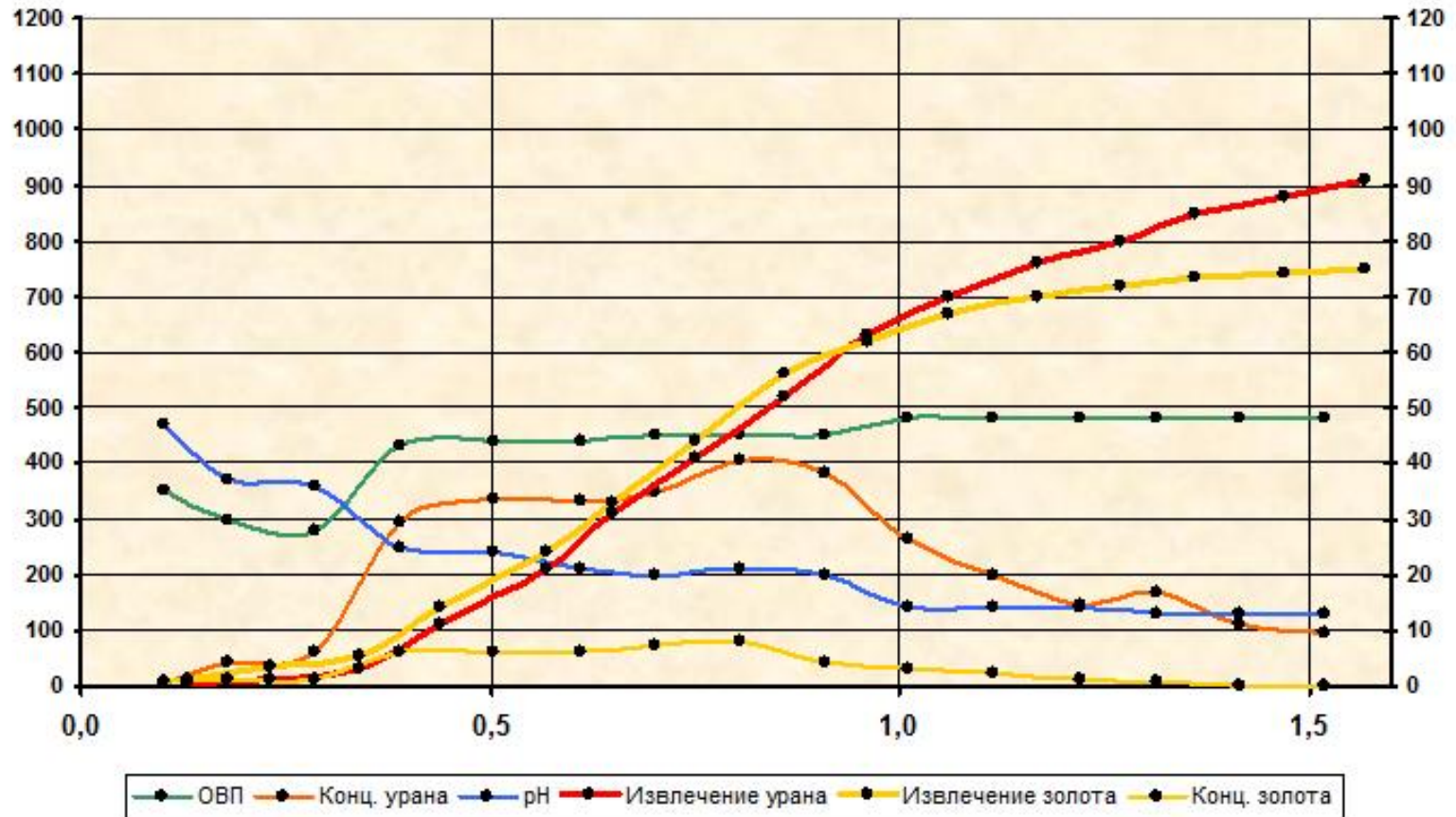


**Зависимости концентраций и извлечения урана и золота при
однстадийном выщелачивании
хлорсодержащими и серной кислоты (табл. 3.3.3) от величины отношения
Ж/Т**





Зависимости концентраций и извлечения урана и золота при выщелачивании раствором роданида аммония в сернокислой среде от величины отношения Ж/Т (месторождение Лунное)



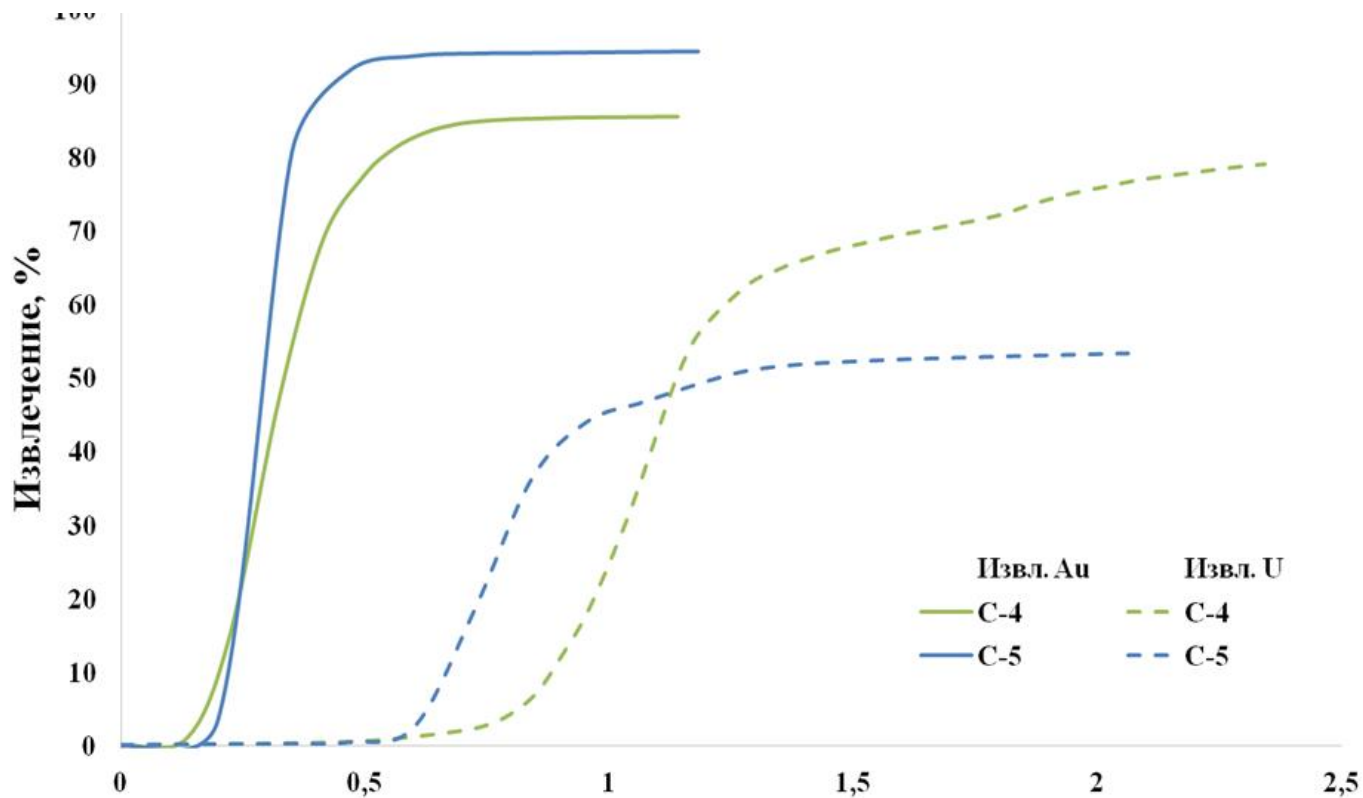


Рисунок – Динамика извлечения Au и U в колонках С-4 (крупность -3 мм, $J_{in Chan} 5 \text{ г/дм}^3$) и С-5 (крупность -3 мм, $J_{in Chan} 5 \text{ г/дм}^3 + \text{ глицин } 6 \text{ г/дм}^3$)

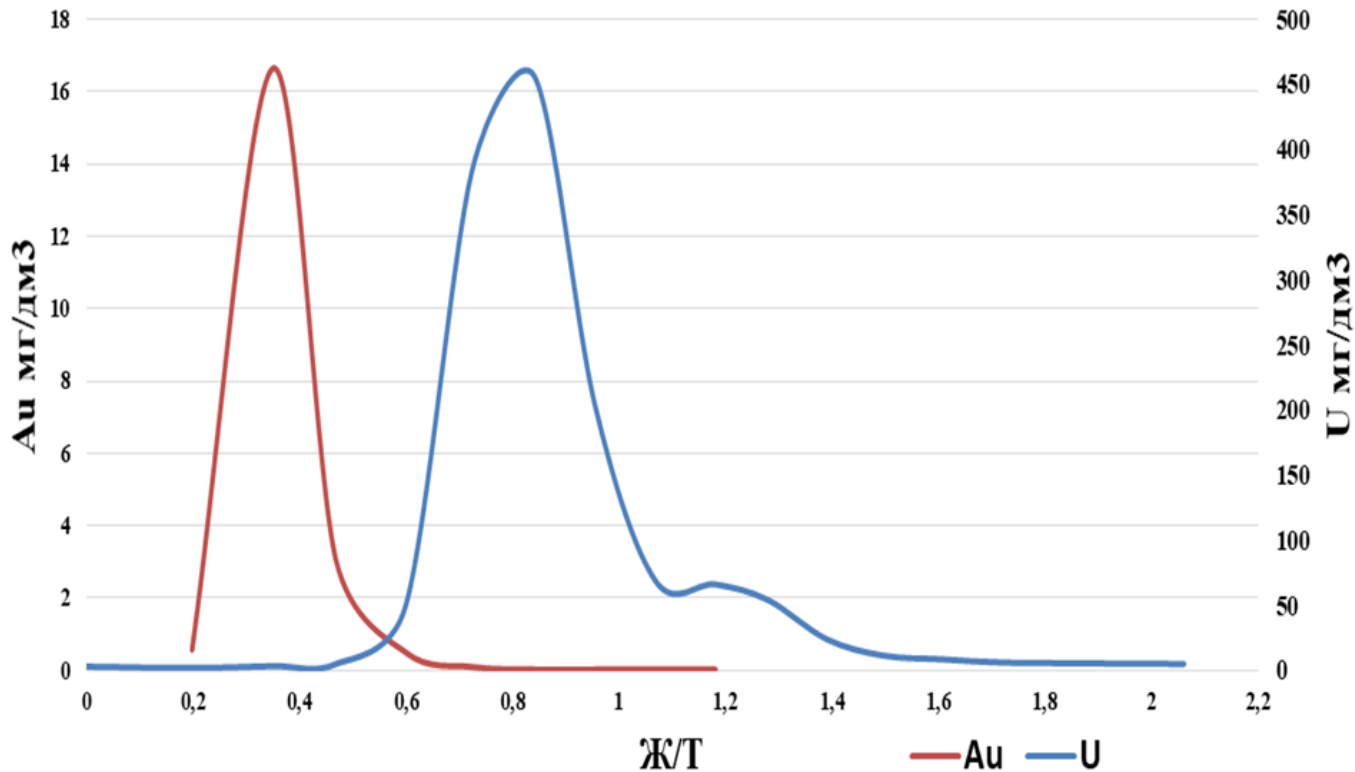


Рисунок – Зависимость концентрации Au и U в ПР колонки (крупность -3 мм, Jin Chan 5 г/дм³+ глицин 6 г/дм³) от продолжительности выщелачивания



- Результаты карбонатного выщелачивания при атмосферном давлении**

Продолжительность выщелачивания час	Содержание в растворе, г/л		Содержание урана в кеках, %	Извлечение урана в раствор, %
	Na_2CO_3	Na_2HCO_3		
6	65,0	59,0	0,28	36,4
12	52,7	40,0	0,16	63,6
24	45,6	23,5	0,15	65,9
36	43,5	13,4	0,13	70,0
48	46,6	16,0	0,11	75,0



- Результаты выщелачивания урана карбоатными растворами из окисленной руды месторождения Северное

опыт №	Реагенты г/л	Концентрация U в растворе, мг/л	Содержание U, %		Извлечение U в р-р, %
			кек	руда	
1 серия – разный выщелачивающий реагент					
1	40 Na ₂ CO ₃	16	0,062	0,0701	11,6
2	40 NaHCO ₃	0,6	0,065	0,0653	0,5
3	40/40 Na ₂ CO ₃ / NaHCO ₃	19	0,045	0,0544	17,3
2 серия – добавка окислителя					
4	40 Na ₂ CO ₃ +25мл 30% H ₂ O ₂	33	0,037	0,054	31,0
5	40 NaHCO ₃ +25мл 30% H ₂ O ₂	25	0,037	0,049	25,1
6	40/40 Na ₂ CO ₃ / NaHCO ₃ +25мл 30% H ₂ O ₂	31	0,042	0,058	27,0



Недостатки отдельных схем отработки комплексных Au – U руд



- Кислотная схема
 - Антикоррозионное исполнение оборудования
 - Сложная технология переработки растворов
 - Высокий уровень расхода сорбентов
- Щелочно – кислотная схема
 - Раздельные участки переработки растворов
 - Антикоррозионное исполнение оборудования
 - Сложная технология переработки растворов
- Щелочная схема
 - Работа с СДЯВами
 - Не высокая степень извлечения (ниже чем при кислотной)
 - Подвижность Ra в присутствии бикарбонат-ионов



На стадии лабораторных геотехнологических исследований провести работы по подбору экономически выгодного состава выщелачивающих растворов, позволяющих наиболее полно и с минимальным удельным расходом извлекать из руды золото и уран.

С целью наиболее полного подсчета извлекаемых запасов необходимо разработать и утвердить в НСОМТИ «Методические рекомендации по определению извлекаемого содержания урана и золота в окисленных и первичных рудах месторождений Эльконского УРР»



На стадии лабораторных и укрупнённо – лабораторных работ необходимо:

- **провести подбор ионитов для извлечения урана из карбонатных продуктивных растворов, содержащих сумму комплексообразователей;**
- **провести определение сорбционно-десорбционные свойства выбранных ионитов;**
- **изучить возможность отравления ионитов при сорбции из растворов выщелачивания и способов их регенерации;**
- **определить оптимальные режимы сорбции, донасыщения и десорбции урана при сорбции урана из растворов выбранным ионитом;**
- **разработать технологическую и аппаратурную схему процесса.**
- **разработать Исходные данных для проектирования опытной сорбционной установки**



Опытно-промышленные испытания карбонатной схемы переработки окисленных руд Эльконского УРР



Результат:

Исходные данные на промышленную отработку штабеля поэтапного кучного выщелачивания золота и урана в щелочно-карбонатных средах на месторождении Северное

Год и место реализации/запуска:

2026, г. 678900, Республика Саха (Якутия), АО «Эльконский ГМК», месторождение Северное

ФИО ответственного: Трубаков Ю.М.

Полученное превосходство:

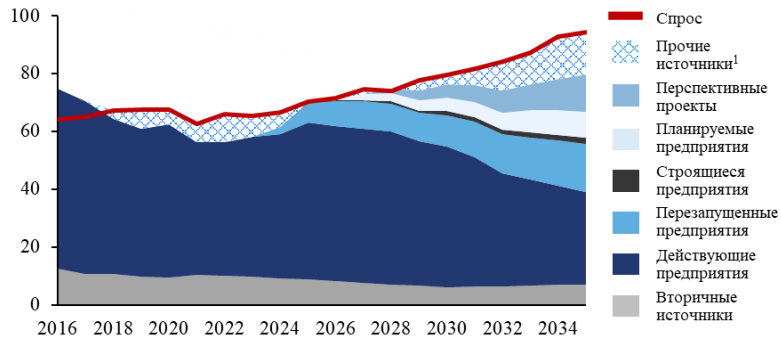
- ✓ Расширение номенклатуры применяемых реагентов для извлечения урана
- ✓ Отказ от использования большого количества воды для промывки штабеля КВ после первого этапа выщелачивания при поэтапном извлечении золота и урана из руды – снижение опасности загрязнения окружающей среды токсичными веществами и требований к мерам безопасности для персонала
- ✓ Получение дополнительно **150-300 тонн** урана в год
- ✓ Диверсификация источников сырья и обеспечение потребностей ГК «Росатом» в отечественном урановом сырье



Краткая характеристика проекта, текущий статус

Баланс спроса и предложения, тыс. т U

Источники: WNA, The Nuclear Fuel Report 2021



В соответствии с базовым прогнозом Всемирной ядерной ассоциации, к 2030 году мировые реакторные потребности в уране вырастут до 79,4 тыс. тонн, а к 2035 году – до 94,3 тыс. тонн.

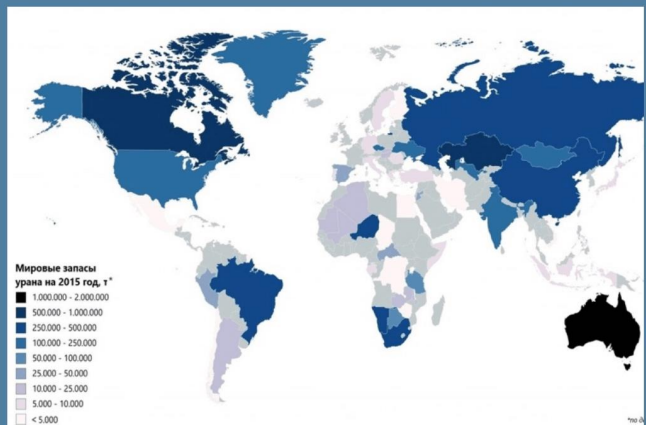


Производство и рынки

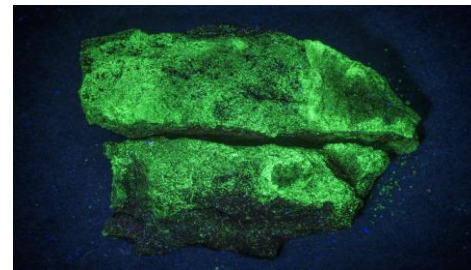
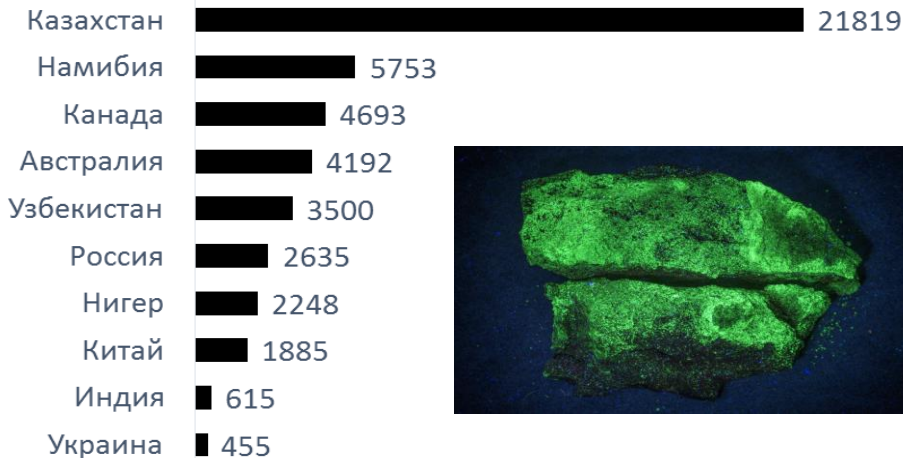


Спотовая цена урана в апреле 2024г. 87 \$/lb

Страны-поставщики урана на мировом рынке



Добыча урана ведущими странами, по данным World Nuclear Association, в 2021 году, тонн



На месторождении Северное будет создан участок кучного выщелачивания с штабелем на 200 тысяч тонн руды

В России технология поэтапного кучного выщелачивания золота и урана в щелочно-карбонатных средах безцианидными реагентами в настоящее время не применяется

На базе разработанной технологии планируется организовать промышленную переработку окисленных золото-урановых руд Эльконского ураново-рудного района



**Спасибо
за внимание!**