



Технология поэтапного кучного выщелачивания золота и урана в щелочно-карбонатных средах бесцианидными реагентами

Кольцов Василий Юрьевич
Телефон: (495) 505-60-86, доб. 478
E-mail: VaYKoltsov@armz.ru

Москва, 2025



ЦЕЛЬ НИОКР

Разработка промышленной технологии поэтапного кучного выщелачивания золота и урана из окисленных золото-урановых руд без промывки штабеля после первого этапа выщелачивания

1. Проведение исследований и определение характеристик исходной окисленной руды.
2. Проведение исследований физико-химических свойств бесцианидных реагентов, изучение химизма взаимодействия бесцианидных реагентов с золотом, ураном и др. компонентами руды.
3. Проведение исследований по поэтапному выщелачиванию золота и урана в щелочно-карбонатных средах. Определение оптимального сочетания выщелачивающих реагентов для комплексного извлечения золота и урана.
4. Проведение исследований по сорбционному извлечению урана из щелочно-карбонатных растворов. Определение наиболее перспективных сорбентов.

Соисполнители:

АО «ВНИПИпромтехнологии», ФГБУ «ВИМС», РХТУ им. Д.И. Менделеева

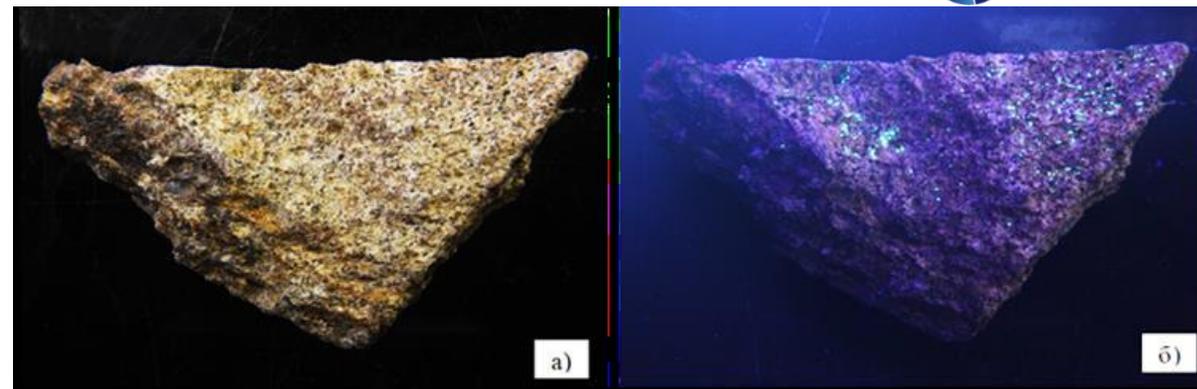
Исходная руда

Минералогия

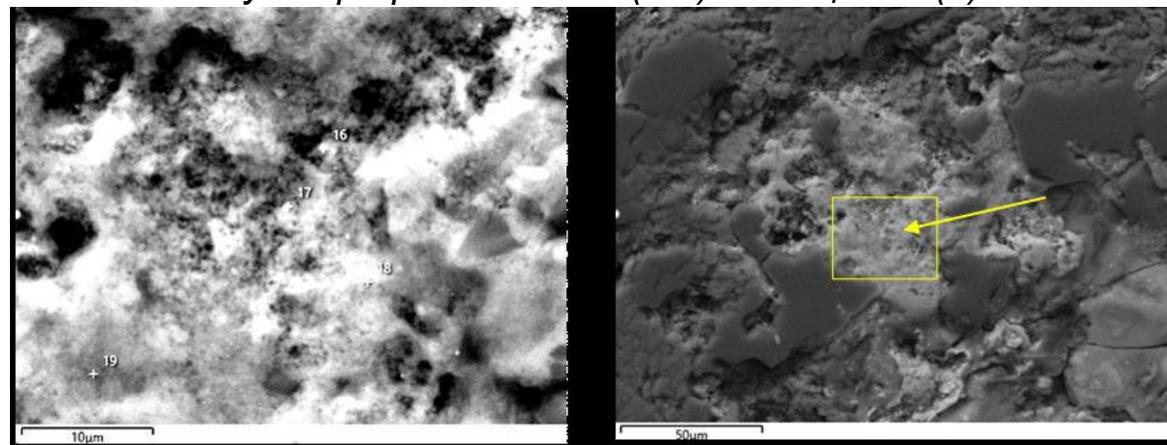
Породообразующие минералы:

- кварц (12 %)
- плагиоклаз (35 %)
- калиевый полевой шпат (21,5 %)

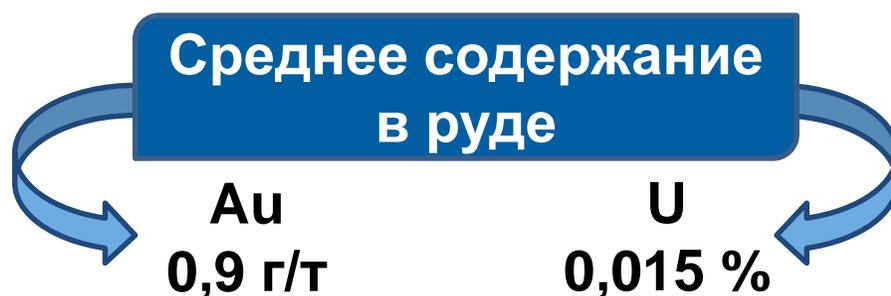
Минералы урана	Теоретическая формула	Массовая доля, %
Монацит	$(Ce, REE)(PO_4)$	1,0
Торбернит	$Cu(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 12H_2O$	1,0
Отенит	$Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O$	1,0
Ураноцирцит	$Ba(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 7H_2O$	0,5
Браннерит	$(U, Ca, Th, Y)(Ti, Fe)_2O_6$	0,2



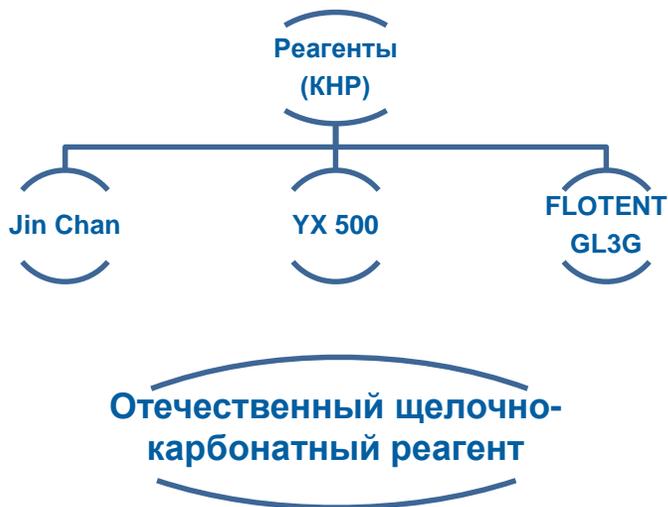
В порах выветрелого гранита (а) находится кучная и рассеянная вкрапленность гипергенных минералов урана, люминесцирующих в ультрафиолетовом (УФ) освещении (б)



Микрочастицы золота, высвободившиеся при разрушении пирита и оставшиеся в рыхлой массе гидроксидов железа

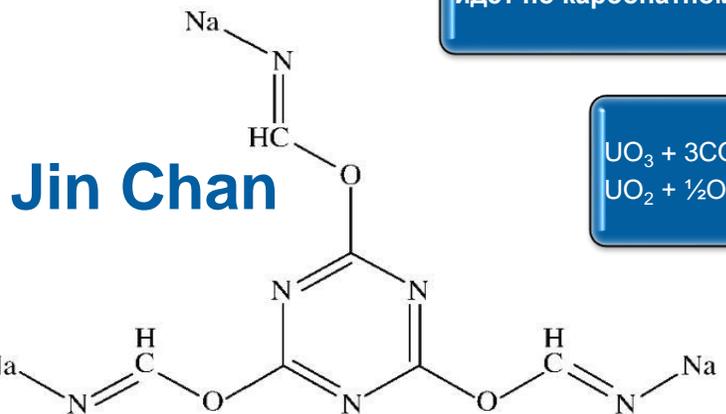


Реагенты



Название	Характеристики
Jin Chan	смесь натриевой соли циануровой кислоты, щелочной тиомочевины, карбоната натрия и стабилизатора
YX-500	смесь циануровой кислоты, тиомочевины, карбоната натрия и карбида железа
Flotent GL3G (образцы 1, 2, 3)	смесь карбоната натрия, хлорида натрия, хлористого аммония, смеси аминокислот, йодного комплекса, мочевины и воды – образцы 1, 2 и 3 имеют разный состав, т.к. разрабатывались производителем для различных типов руд
Отечественный щелочно-карбонатный реагент	смесь перкарбоната натрия, карбоната натрия, бикарбоната натрия

В состав реагентов (КНР) входит карбонат натрия, следовательно, механизм взаимодействия урана идёт по карбонатному варианту



Отечественный щелочно-карбонатный реагент (смесь карбоната натрия, бикарбоната натрия, перкарбоната натрия)

Выщелачивание

Режимы

Реагенты

Степень извлечения

Агитация



- Jin Chan
- YX 500
- Flotent GL3G (обр. 1, 2, 3)
- Отечественный



Реагент	Au, %	U, %
Jin Chan	88,9	31,1
YX-500	91,7	34,8
Flot. обр. 1	93,3	35,5
Flot. обр. 2	90,1	28,4
Flot. обр. 3	88,9	21,8
Отеч-ный	-	70,0

Статика



- Jin Chan
- YX 500
- Flotent GL3G (обр. 1, 2, 3)



Реагент	U, %
Jin Chan	40,5
YX-500	48,3
Flotent обр. 1	28,3
Flotent обр. 2	31,0
Flotent обр. 3	30,7

КВ



- Jin Chan
- YX 500
- Flotent GL3G (обр. 1)
- Отечественный

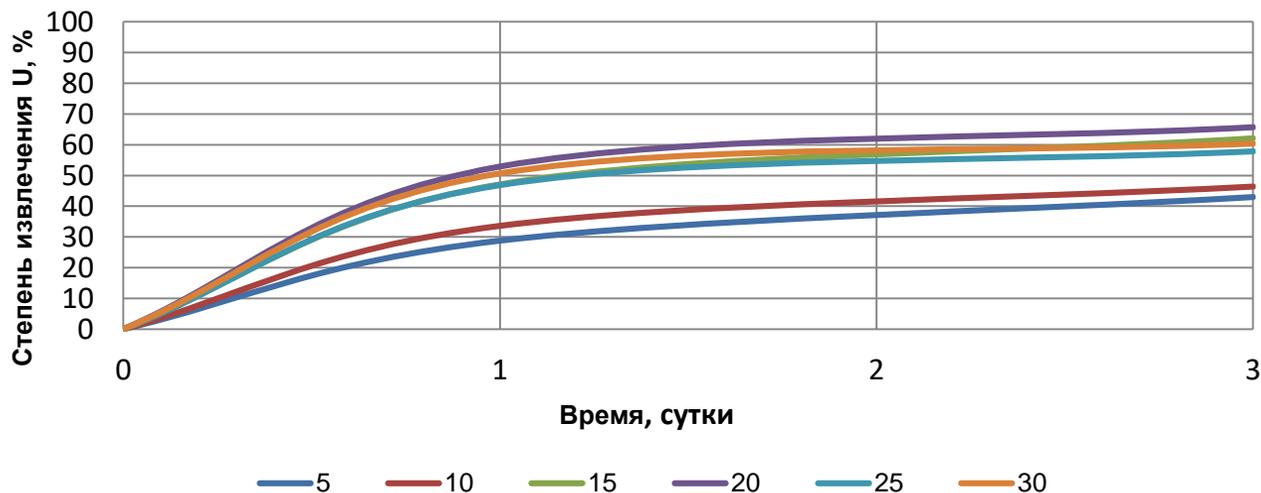


Реагент	Au, %	U, %
Jin Chan	85,2	75,4
YX-500	90,4	30,4
Flot. обр. 1	91,5	15,1
Отеч-ный	90,2	70,6

Сравнение показателей выщелачивания урана



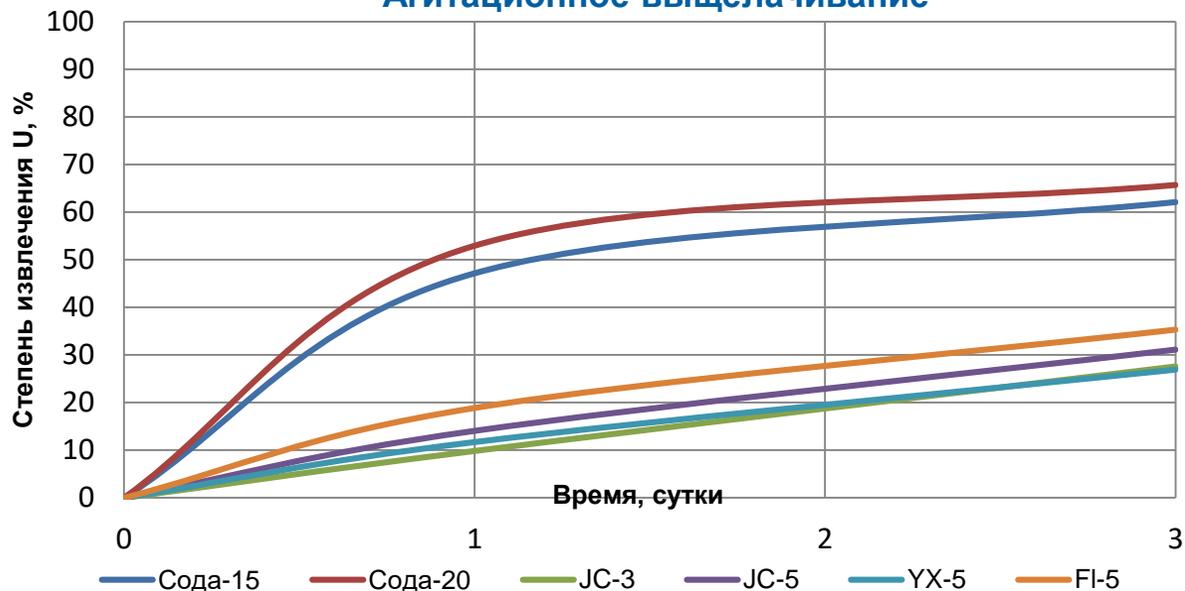
Влияние концентрации карбоната натрия (агитация)



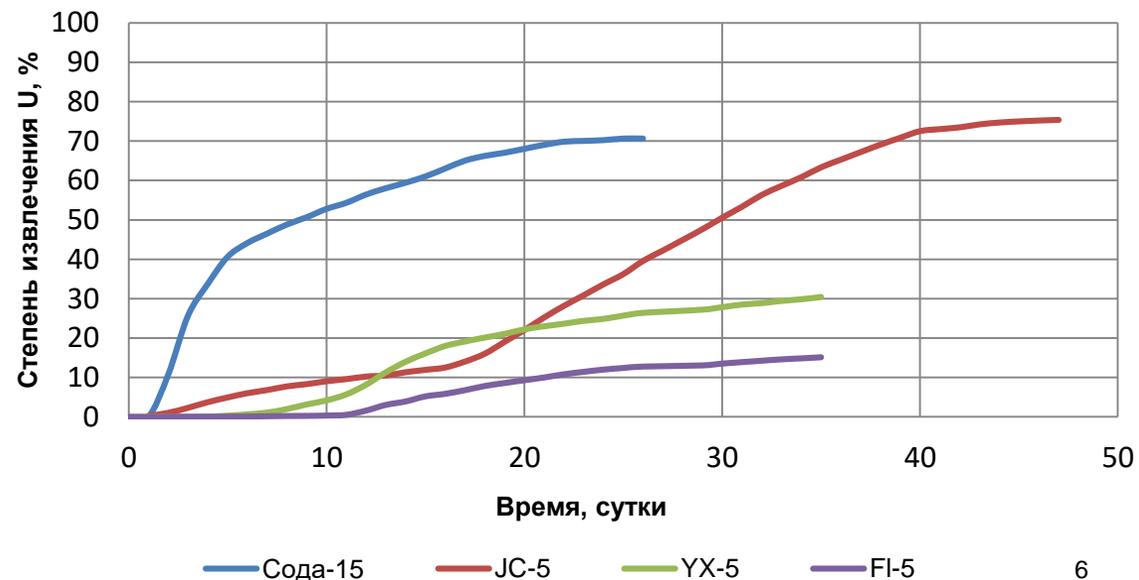
Концентрация Na_2CO_3 выше 20 г/дм^3 не оказывает влияния на степень извлечения урана. Увеличение концентрации карбоната натрия в дальнейшем отрицательно влияет на сорбционную способность сорбента

Оптимальная концентрация карбоната натрия – $15\text{-}20 \text{ г/дм}^3$

Агитационное выщелачивание



Выщелачивание в режиме КВ



Сорбция урана

Ионит	Функциональная группа	Структура
Bestion D299 (КНР)	Четвертичный аммоний	Пористый
Русион АМ-п (РФ)	Четвертичный аммоний	Пористый
Русион АГ-92 (РФ)	Четвертичный аммоний	Гелевый
Seplite LSC710 (КНР)	Иминодиацетилуксусная	Пористый
Seplite LSC750 (КНР)	Амино-фосфониевая	Пористый
Purolite S930 (USA)	Иминодиацетилуксусная	Пористый
Lewatit TP260 (DE)	Амино-фосфониевая	Пористый
Purolite S950 (USA)	Амино-фосфониевая	Пористый
Seplite MA940BG (КНР)	Третичный амин (преимущественно) и четвертичный аммоний	Пористый
Purolite S992 (USA)	Третичный амин	Пористый

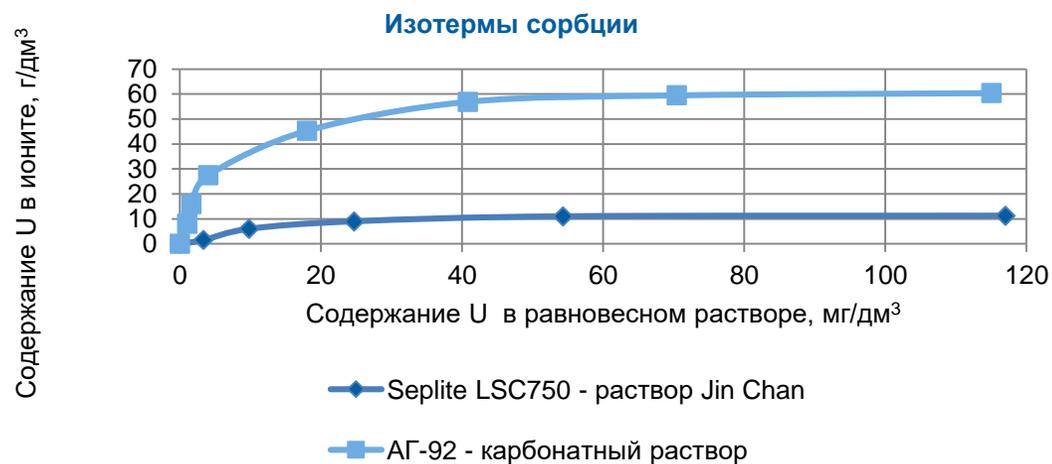
Перспективные сорбенты

амино-фосфониевые хелатные аниониты (Seplite LSC750)

сильноосновные гелевые аниониты (Русион АГ-92)

Раствор Jin Chan

Щелочно-карбонатный раствор



Элемент	Содержание в насыщенном анионите*, г/дм³	
	Р-р с Jin Chan	Карбонатный р-р**
U	8-12	60
Au	<0,004	<0,004
Ag	<0,004	0,0006
As	<0,004	<0,004
Cu	<0,004	0,003
Fe	0,013	0,060
Th	0,07	0,37
Jin Chan	25-50	отсутствует

Технологическая схема процесса



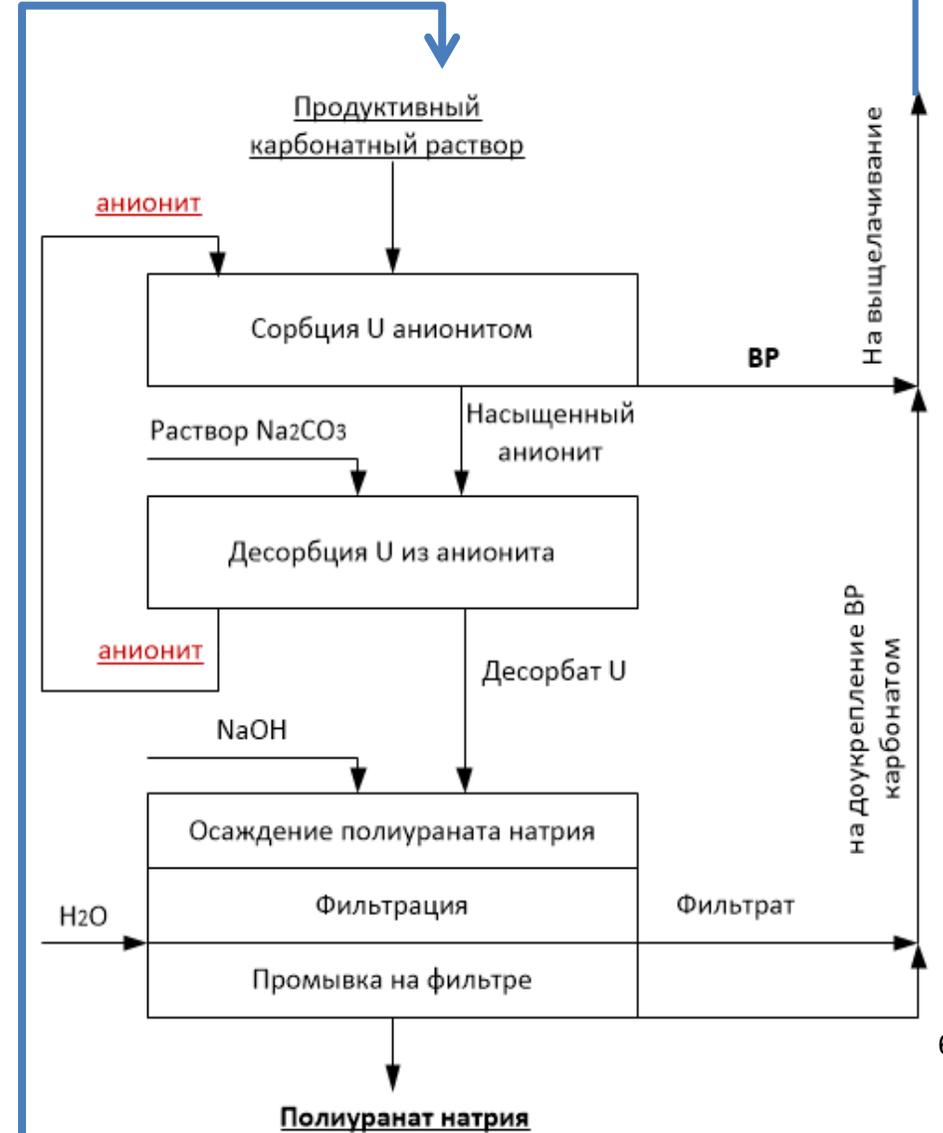
Хвосты выщелачивания золота

Оборотный раствор

щелочно-
карбонатный реагент

Выщелачивание

Продуктивный
раствор



1. Лабораторные исследования по выщелачиванию золота и урана из окисленных золото-урановых руд в щелочно-карбонатных средах бесцианидными реагентами показали перспективность этого направления. Установлено, что отечественные реагенты могут достойно заменить Китайские. Степень извлечения урана в режиме КВ составила 65-70 %. Золота 90%.
2. Определены перспективные для сорбции урана из этих сред иониты:
 - амино-фосфониевые хелатные аниониты (Seplite LSC750);
 - сильноосновные гелевые аниониты (Русион АГ-92).Сорбционная емкость по урану составила:
 - для карбонатных растворов – 60 г/дм³;
 - для растворов с Jin Chan – 10 г/дм³.
3. Определены технологические схемы процессов выщелачивания и сорбции предполагающие замкнутый водооборот.
4. В настоящее время исследования продолжаются как с китайскими реагентами, так и с щелочно-карбонатными реагентами. Изучается возможность их совместного применения для извлечения золота и урана. Планируется проведение укрупненных испытаний.

Спасибо за внимание

Кольцов Василий Юрьевич
начальник отдела технологий и оборудования, АО «Эльконский ГМК»
Моб. тел.: +7 (916) 118 57 59
E-mail: VaYKoltsov@armz.ru