



KAZATOMPROM
NATIONAL ATOMIC COMPANY

Сборник докладов

Международной Инновационной Школы

**«Перспективы и технологии
для диверсификации деятельности
АО «НАК «Казатомпром»**



**Посвященный 70-летию
АО «Волковгеология»**

20-22 Сентября, Алматы 2018

УДК 621.039(063)
ББК 31.4
П26

Редакционная
коллегия:

Ниетбаев М.А.
Молдаши Д.Н.
Кунанбаев Д.А.
Дюсамбаев С.А.
Омиргали А.К.
Дюсембаев С.А.

Перспективы и технологии для диверсификации деятельности АО «НАК «Казатомпром»: Материалы Международной Инновационной Школы, 20-22 сентября 2018: Сборник трудов – г. Алматы, Республика Казахстан: 199 стр.

ISBN 978-601-06-5307-8

В сборнике представлены доклады по актуальным по трем основным направлениям диверсификации деятельности АО «НАК «Казатомпром»: Новые направления и технологии в геологии и геотехнологии урана и попутного извлечения ценных и благородных металлов; Новые ресурс- и энергосберегающие технологии и оборудование процессов переработки продуктивных растворов и получения оксидов урана; Диверсификация применения методов подземного скважинного выщелачивания для получения редких, редкоземельных и других металлов. Сборник рекомендован для специалистов атомной отрасли и урановой промышленности.

УДК 621.039 (063)
ББК 31.4

ISBN 978-601-06-5307-8

АО «НАК «Казатомпром», 2018

переработки ПР рудника «Каратау». Общие запасы РЗМ, скандия и иттрия по всем трем участкам составили 10 505,3 т. Запасы рения не представляют интереса и не были взяты в учет. При извлечении РЗМ, скандия и иттрия из недр в пределах 20% и извлечении на сорбцию 99%, общие ожидаемые извлекаемые запасы по трем участкам составят 2080 т.

В отсутствии публикации цен долгосрочных контрактов, для определения стоимости товарной продукции РЗМ был применен метод расчета цены, учитывающий состав концентрата и стоимость его переработки (разделение) на индивидуальные компоненты. Цена на РЗМ, скандия и иттрия взяты путем суммирования произведений средних концентраций оксидов РЗМ, скандия и иттрия в ПР на цены каждого металла, в связи с неизвестностью концентраций оксидов РЗМ, скандия и иттрия в товарном концентрате РЗМ. В результате расчета была получена цена в \$101,83 за кг 70%-го концентрата РЗМ.

Проведенное исследование по технико-экономической оценке попутного извлечения РЗМ выявило базовые условия, необходимые для осуществления производства коллективного концентрата с коммерческой выгодой.

Проведен расчет технологических потоков технологии извлечения РЗМ при коэффициенте извлечения РЗМ из руды – 20%, что позволяет ежегодно производить 138,67 т РЗМ.

Как следует из результатов расчета при извлечении РЗМ из недр в 20% и более могут быть достигнуты приемлемые показатели экономической эффективности. Срок окупаемости капитальных затрат не превышает 5,3 лет.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

1 Официальный сайт Президента Республики Казахстан [Электронный ресурс] / Официальные документы / Стратегии и программы / Государственная программа индустриально-инновационного развития. – Астана, 2014. – . – Режим доступа: http://www.akorda.kz/ru/official_documents/strategies_and_programs. – Загл. с экрана.

2 Твердов А.А., «Обзор рынка редкоземельных металлов» // Информационный журнал «Глобус. Геология и бизнес» №1. – Москва, 25 августа 2013 г. - С. 16-19.

3 Kazakhstan Today информационное агентство [Электронный ресурс] / Экономика / На мировом рынке урана произошло понижение цен (обзор) / Государственная программа индустриально-инновационного развития. – Алматы, 2016. – . – Режим доступа: https://www.kt.kz/rus/economy/na_mirovom_rinke_urana_proizoshlo_ponizhenie_cen_obzor__1153624003.html. – Загл. с экрана.

4 Тюлюбаев З.М. «Оценка технико-экономической целесообразности реализации проекта попутного извлечения рения и суммы редкоземельных элементов при добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания» // Магистерская диссертационная работа. МОиН РФ Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС». – Москва, 2017. – 78 с.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОПУТНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МАТОЧНЫХ РАСТВОРОВ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДОЧЕРНИХ ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ

¹Наурызбаев М.К., ²Косунов А.О., ¹Тасибеков Х.С., ²Копбаева М.П., ^{1,3}Бекишев Ж.Ж., ¹Злобина Е.В., ¹Исмаилова А.Г., ³Әзімхан Қ.А., ³Сулейменов М.Н.

¹ДГП «Центр физико-химических методов исследования и анализа» РГП КазНУ им. аль-Фараби,

²ТОО «Институт высоких технологий» АО «НАК «Казатомпром»,

³ТОО «Каратау» АО «НАК «Казатомпром»

Актуальность. Принимая во внимание послание Президента Республики Казахстан и Лидера Нации - Назарбаева Нурсултана Абишевича народу Казахстана от 17 января 2014

года о реализации II-пятилетки ГПФИИР на 2016-2019 годы в рамках которого официально было озвучено о государственной важности наращивания разработки редкоземельных металлов, а также нацеленность АО НАК «Казатомпром» на развитие приоритетного стратегического направления «Реализация диверсификации выпускаемой продукции, более рациональное использование недр и развитие передовых национальных технологий» на 2015-2025 годы в ДГП «Центр физико-химических методов исследования и анализа» РГП «КазНУ им. аль-Фараби» проводятся НИОКР в направлении «Разработка технологии попутного извлечения редких металлов из маточных растворов добывающих предприятий АО «НАК «Казатомпром».

Согласно данным международного конгресса промышленных минералов 15.06.2016 года рост производства редкоземельных металлов практически не зависит от экономических потрясений и имеет стабильный рост из года в год (см. рисунок 1). В настоящее время в мире экономически и технологически развитые государства стремятся завоевывать рынок редких и редкоземельных металлов. Так в 1995 году мировым лидером по производству редкоземельных металлов была Япония с показателем 43%, а Китай в этот период времени только начинал развитие в данном направлении. В течении последующих 20 лет КНР от стадии проектирования до практической реализации не просто завоевал рынок редкоземельных металлов, а к 2015 году стал лидером и производил 75% от общего мирового объема редкоземельных элементов, в то время как доля Японии уже составила 14%, представители остального мира - 11% [1]. КНР является отличным примером государства, в котором Правительством страны была оказана всесторонняя поддержка субъектам реального сектора экономики, которые в свою очередь смогли за 20 лет развить стратегически важное и перспективное направление высокотехнологичного производства до уровня монополиста. Что является серьёзным аргументом для начала развития и в других странах.

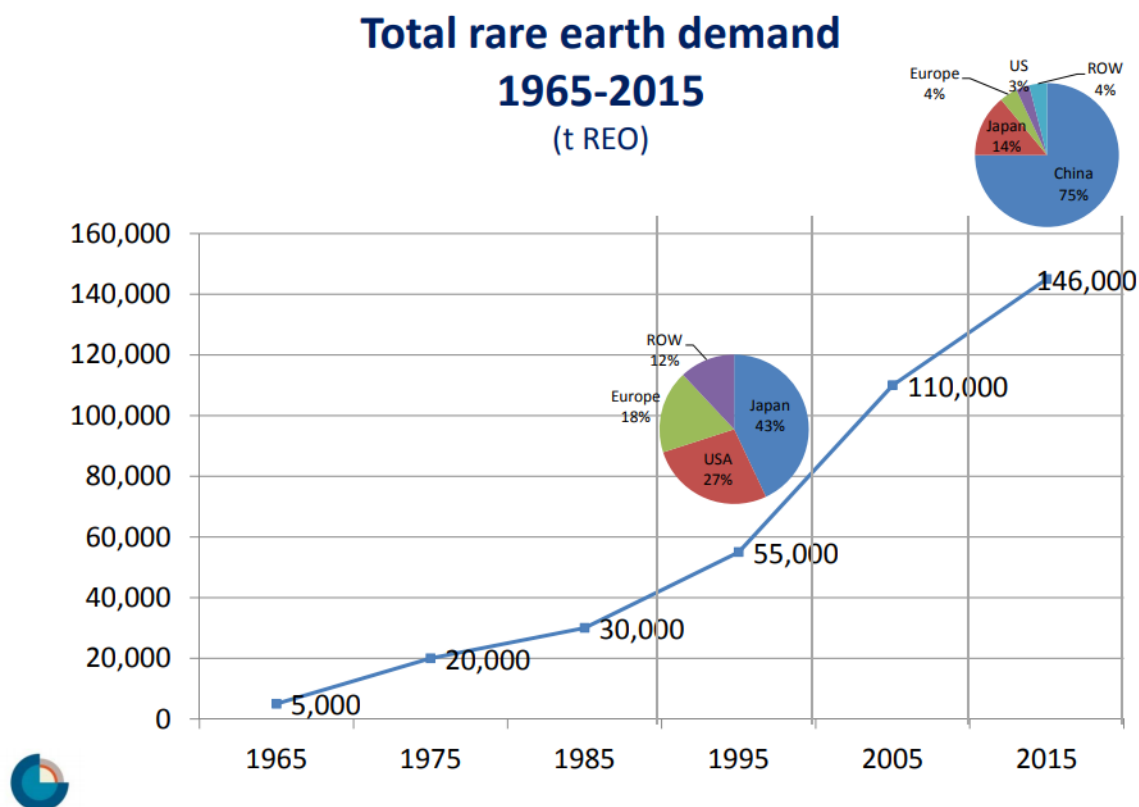


Рисунок 1 – Динамика добычи редко-земельных металлов в мире

Относительно отечественного производства, значимость реализации такого рода НИОКР в национальном и международном масштабе заключается в том, что в настоящее время в Казахстане производство редких элементов, за исключением нескольких предприятий, развито весьма слабо. Для развития данного стратегически важного сектора промышленности в Республике Казахстан есть мощные сырьевые ресурсы, инфраструктурно развитые и приближенные для технологической модернизации действующие предприятия.

Конвертация результатов таких НИОКР позволит осуществить диверсификацию действующих производств по выпуску экспорт-ориентированной готовой продукции с высокой добавленной стоимостью. В конечном итоге стоимость таких казахстанских компаний значительно вырастет, особенно при размещении акций компании на IPO.

Информационно-аналитический обзор. Известен ряд работ совместной деятельности НАК «Казатомпром» и ТОО «СП «SARECO» посвященных возможности и перспективам развития технологии добычи и переработки РЗМ в Казахстане. В этих работах отмечается, что Казахстан располагает значительными запасами как собственных РЭ, так и РЭ-содержащего комплексного минерального сырья, а также намечены цели по разработке эффективной технологии извлечения, концентрирования и разделения редких и редкоземельных элементов [2]. Также стоит выделить две работы, проведенные при кооперации АО «Аксион-Редкие и драгоценные металлы» и «Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина», а также «ВНИИХТ» и Purolite Ltd [3-4]. Данные работы посвящены разнообразию сорбентов и ионообменных смол, разработанных и применяемых для извлечения различных видов РЭ. Кроме данных коллективных работ стоит отметить результаты исследований творческого коллектива УрФУ им. Б.Н.Ельцина [5], которые детально описали технологии извлечения РЗЭ из растворов промышленного цикла уранового производства, разработанные еще в СССР и усовершенствованные на сегодняшний день. Стоит отдельно выделить диссертационную работу Тюлюбаева З.М. «Оценка технико-экономической целесообразности попутного извлечения суммы редкоземельных элементов при добыче урана методом ПСВ» выполненную в МИСиС, в рамках которой автору удалось на реальном примере разработать технологию попутного выщелачивания РЗМ и финансово-экономическую модель реализации проекта на месторождении «Жалпак», придя к заключению, что срок окупаемости составит чуть более 4 лет [6].

Научная новизна и значимость. К химии редких и редкоземельных элементов, к методам их выделения, концентрирования и разделения предъявляются всё новые требования. Сорбционная технология извлечения редких элементов обеспечивает селективное извлечение их из руды, сокращает количество применяемых реагентов и упрощает технологическую схему регенерации сорбента. Особый интерес вызывает извлечение редких и редкоземельных элементов из маточных растворов, без внесения изменений основному урановому производству, что подтверждают авторы работ [3-4] используя различные технологии извлечения редких и редкоземельных элементов из технологических растворов. В настоящее время интерес к усовершенствованию этих процессов и/или технологии путем сорбционного концентрирования и извлечения не угасает в свете высокой мировой потребности на редкие элементы. Принципиально новым этапом развития стало использование сорбентов для извлечения редких элементов.

Для сорбционного извлечения редких элементов из маточных растворов предложены как гранулированные [7], так и волокнистые сорбенты [8], при этом работы по поиску новых сорбционных материалов, которые отличались бы более доступными исходными матрицами, экологической чистотой, высокой селективностью и эффективными кинетическими характеристиками продолжаются. Поэтому вопросы, связанные с глубоким извлечением редких элементов из растворов технологического цикла реального

производства сорбцией на углеродных сорбентах, не теряют своей актуальности по сей день.

Проведенные исследования и испытания. ДГП «Центр физико-химических методов исследования и анализа» РГП «КазНУ им. аль-Фараби» совместно с ТОО «Институт высоких технологии» АО НАК «Казатомпром» на базе Филиала «ИВТ ЗЕРДЕ» ТОО «ИВТ» (Лаборатория исследования и анализа материалов) выполнены испытания образцов сорбционных материалов, полученных в Лаборатории композиционных материалов по концентрированию некоторых РМ (молибден, вольфрам и рений) из многокомпонентных промышленных растворов АО «НАК «Казатомпром».

В работе были использованы промышленные растворы: 1) маточный раствор сорбции ТОО «Байкен-У» рудник «Харасан» (O1); 2) маточный раствор сорбции ТОО «SaURan» рудник «Канжуган» (O2). Содержание некоторых редких элементов в данных растворах приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Содержание некоторых компонентов в технологических растворах рудников «Харасан» и «Канжуган»

Элемент	«Харасан»	«Канжуган»
Na, г/л	0,23	0,30
Al, мг/л	220	434
Si, мг/л	19,0	17,0
K, г/л	0,10	0,05
Mn, мг/л	15,0	8,8
Fe, мг/л	287	464
Co, мг/л	0,27	0,75
Ni, мг/л	0,70	1,2
Cu, мкг/л	100	130
Zn, мг/л	1,60	2,0
W, мкг/л	<0,5	4,0
Mo, мкг/л	7,0	4,5
Re, мг/л	<0,01	0,076

Сорбцию молибдена, вольфрама и рения из растворов производственного цикла проводили в статическом режиме при комнатной температуре. Соотношение контактирующих фаз составляло Т:Ж=1:100. Сорбция элементов проводилась из кислых растворов (pH~2). Исследование влияние времени на сорбцию металлов проводили в течение 6 часов, результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Степени извлечения молибдена и рения угольными сорбентами в зависимости от времени сорбции (pH~2, Т:Ж=1:100)

CO1(Mo) = 4,04 мкг/л, CO1(Re) = 97,5 мкг/л.,

CO2(Mo) = 41,7 мкг/л, CO2(Re) = 44,1 мкг/л

Объект	Элемент	Время, мин.	Степень извлечения, (E,%)			Элемент	Степень извлечения (E,%)		
			ОППЗ-3	ОППЗ-5	ОППЗ-7		ОППЗ-3	ОППЗ-5	ОППЗ-7
O1	Mo	60	99,7	99,6	99,7	Re	100	10,3	34,8
		120	41,3	99,7	99,7		93,7	47,5	38,6

		180	-	99,8	99,7		100	-	16,2
		240	27,5	-	99,7		93,7	83,4	31,5
		300	100	100	99,8		100	27,7	80,3
		360	100	96,5	99,8		74,3	99,7	2,5
O2	Mo	60	47,3	73,9	38,8	Re	89,7	1,8	46,9
		120	55,4	57,7	72,2		97,6	4,6	100
		180	63,2	74,9	86,1		98,1	38,4	73,2
		240	46,9	68,9	80,9		99,3	24,9	50,7
		300	68,3	82,2	65,4		99,7	79,9	12,4
		360	81,9	71,4	66,2		52,2	100	100

ПРИМЕЧАНИЕ: В исходном растворе вольфрам не обнаружен.

Исследование сорбции молибдена и рения угольными сорбентами в зависимости от кислотности водной фазы проводили при варьировании значений рН 1-5. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Степени извлечения молибдена и рения угольными сорбентами в зависимости от кислотности водной фазы ($\tau=2$ ч, Т:Ж=1:100)

Объект	Элемент	рН	Степень извлечения, (Е,%)			Элемент	Степень извлечения (Е,%)		
			ОППЗ-3	ОППЗ-5	ОППЗ-7		ОППЗ-3	ОППЗ-5	ОППЗ-7
O1	Mo	1	99,6	99,7	99,7	Re	58	5,0	61
		2	99,7	99,7	30		99,6	100	100
		3	99,7	99,8	100		99,6	6,0	42
O2	Mo	1	47	46	48	Re	99,7	99,8	99,7
		2	69	95	72		99,8	99,8	76
		3	33	99,6	99,8		99,8	40	99,8

ПРИМЕЧАНИЕ: 1) в растворах с рН больше 3,5 происходит образование осадка, поэтому сорбцию исследовали из растворов после удаления осадка фильтрованием. Это обусловлено, по-видимому, образованием гидроксидов железа и алюминия, т.к. содержание этих металлов составляет 0,5 мг/л и 0,4 мг/л соответственно; 2) Исследование сорбции рения и молибдена проводили из растворов после удаления осадка фильтрованием. Из полученных результатов следует, что при значениях рН 4-5 можно разделить молибден и рений из промышленных растворов.

Полученные результаты показали, что после 60-180 минут сорбции извлечение молибдена (ОППЗ-5, ОППЗ-7) и рения (ОППЗ-3) из O1 достигает максимальных значений. Во втором образце (O2) молибден и рений были в равных соотношениях, в изученном интервале времени молибден и рений в свою очередь, практически полностью извлекается, т.е. проявляется селективность сорбционного материала. При значениях рН 3,4- 3,6 в растворе начинается выпадать хлопьевидный осадок, с добавлением щелочи меняется цвет раствора. Это обусловлено, по-видимому, образованием гидроксидов железа и алюминия, т.к. по предварительным данным известно, что содержание алюминия и железа составляет 0,5 мг/л и 0,4 мг/л соответственно.

Для маскирования мешающих ионов в растворы добавляли комплексообразующий реагент - этилендиаминтетраацетат натрия (комплексон III). При добавлении большого количества комплексона (более 0,5 г на 100 мл) в растворе вновь появляется осадок.

Заключение

- Результаты предварительных испытаний показали возможность селективной сорбции отдельных металлов исследованными сорбентами.
- Для попутного извлечения РМ не требуются вносить изменения в технологический цикл уранового производства.
- Показано, что воздействие на экологию окружающей среды минимально.
- На сегодняшний день рыночная цена на коллективный концентрат РЗМ составляет около 45 долл./кг. Исходя из подсчитанных запасов РЗМ в технологических растворах 14 добывающих урановых предприятий АО «НАК «Казатомпром» в первом приближении чистый доход может составить свыше 50 млн. долл./год. Срок окупаемости для каждого добывающего предприятия в районе 4-5 лет в зависимости от содержания РЗМ.
- Реализация данного НИОКР в масштабе всей системы АО «НАК «Казатомпром» позволит в значительной степени увеличить стоимость компании при размещении акций на IPO.
- Успешное совместное выполнение всего объема намеченных работ позволит развить фундаментальные и технологические основы редко-металльной промышленности Казахстана, что может стать драйвером для дальнейшего развития стратегически важных секторов национальной экономики (космические технологии; нано-технология; высокотехнологичное машиностроение; производство возобновляемых источников энергии) с мультипликативным эффектом (например, совместная подготовка кадров с высокой квалификацией в области химии и технологии редких металлов; их трудоустройство в высокотехнологичных отечественных предприятиях и ряда других социальных вопросов населения нашей страны).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ:

- 1 Издание «Промышленные минералы» [Электронный ресурс] / Раздел мероприятия / Международный конгресс промышленных минералов. – Прага, 2016. –Доступ: <http://www.indmin.com/events/download.ashx/document/speaker/8915/a0ID000000Zwx8yMAB/Presentation>.
- 2 Пирматов Э.А., Пирматов О.А., Шафранов А.Г., Турко С.И. «Перспективы развития производства редкоземельных металлов в Республике Казахстан» // Сб. публикации. VIII Межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Астана, 3-5 августа 2017 г. - С. 269-270.
- 3 Кондруцкий Д.А., Востров Е.С., Третьяков В.А., Гаджиев Г.Р., Милютин В.В. и Некрасов Н.А. «Сорбционные технологии и ионообменные смолы AXIONIT для извлечения редкоземельных, драгоценных и радиоактивных металлов» // Сб. публикации. VIII Межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Астана, 3-5 августа 2017 г. - С. 273.
- 4 Татарников А.В., Михайленко М.А. «Подбор ионообменных сорбентов для различных задач в гидрометаллургии редких и редкоземельных металлов» // Сб. публикации. VIII Межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Астана, 3-5 августа 2017 г. - С. 274
- 5 Рычков В.Н., Кириллов Е.В., Кириллов С.В., Буньков Г.М., Боталов М.С., Смышляев Д.В. «Сорбционное извлечение РЗЭ из растворов подземного скважинного извлечения урана» // Сб. публикации. VIII Межд. научно-практ. конф. «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Астана, 3-5 августа 2017 г. - С. 275-276.
- 6 Тюлюбаев З.М. «Оценка технико-экономической целесообразности реализации проекта попутного извлечения рения и суммы редкоземельных элементов при добыче урана методом подземного скважинного выщелачивания» // Магистерская диссертационная работа. МОиН РФ Национальный Исследовательский Технологический Университет «МИСиС». – Москва, 2017. – 78 с.
- 7 Кутергин А.С. «Получение и свойства гранулированных сорбентов на основе природных алюмосиликатов // Диссертационная работа. МОиН РФ Уральский Государственный Технический Университет «УПИ». – Екатеринбург, 2007. – 163 с.
- 8 «Углеродные волокна и углекомполиты» / Под ред. Э.Фитцера. М.: Мир, 1988. - 336 с.

	<p>НЕКОТОРЫХ РЕДКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МАТОЧНЫХ РАСТВОРОВ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ДОЧЕРНИХ ДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ <i>Наурызбаев М.К., Косунов А.О., Тасибеков Х.С., Копбаева М.П., Бекишев Ж.Ж., Злобина Е.В., Исмаилова А.Г., Әзімхан Қ.А., Сулейменов М.Н.</i></p>	
	<p>ПОВЫШЕНИЕ ЕМКОСТИ СЛАБОКИСЛОТНОГО КАТИОНИТА ПО СКАНДИЮ ЗА СЧЕТ УВЕЛИЧЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ИСХОДНОГО РАСТВОРА <i>Копбаева М.П., Березовский А.В., Кумарбекова А.Т., Есимканова У.М., Торбеков А.К.</i></p>	186 стр.
	<p>ПОЛУЧЕНИЕ ФТОРОВОДОРОДА И ФТОРАНГИДРИТА С ПОМОЩЬЮ ФТОРСУЛЬФОНОВОЙ КИСЛОТЫ. <i>Федорчук Ю.М., Матвиенко В.В., Нарыжный Д.В., Саденова М.А.</i></p>	189 стр.
	ОГЛАВЛЕНИЕ	195 стр.