АО «НАЦИОНАЛЬНАЯ АТОМНАЯ КОМПАНИЯ «КАЗАТОМПРОМ»
АО «КАЗАХСТАНСКО-БРИТАНСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

СБОРНИК ТРУДОВ

X ЮБИЛЕЙНОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 25-ЛЕТИЮ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ» И 20-ЛЕТИЮ ТОО «ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

24–26 ноября 2022 г.

Часть 2

Алматы 2022

УДК 622.34
ББК 33.2
С 23

Редакционная коллегия:

Муканов Е.Ж. (главный редактор), Габдуллин М.Т., Айдарова С.Б., Буркурманов Б.Б., Омиргали А.К., Батрышев Д.Г., Дуйсебаев Б.О., Горкун В. И.

https://uranconference.kz

С 23 Актуальные проблемы урановой промышленности: сборник трудов X юбилейной Международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию АО «НАК «Казатомпром» и 20-летию ТОО «Институт высоких технологий». Часть 2. 24–26 ноября 2022 г. – Алматы: КБТУ, 2022. – 323 с

ISBN 978-601-269-502-1

В сборнике представлены доклады по актуальным проблемам атомной отрасли и урановой промышленности, связанным с геологией, геотехнологией и горно-подготовительными работами; технологией добычи и переработки урана; технологией и актуальными проблемами дореакторного ядерно-топливного цикла – конверсией, производством ядерного топлива; ресурсами и эффективными технологиями производства редких, редкоземельных металлов и высокотехнологичной продукции на их основе; безопасным функционированием предприятий атомной отрасли и управлением техногенными отходами; цифровизацией, автоматизацией и роботизацией в атомной отрасли, а также по вопросам устойчивого развития (ESG), связанным с правовыми, макроэкономическими и образовательными аспектами функционирования атомной отрасли. Сборник рекомендуется для специалистов атомной отрасли и урановой промышленности.

УДК 622.34
ББК 33.2

ISBN 978-601-269-502-1

© АО «НАК «Казатомпром», 2022

Құрметті конференцияға қатысушылар!

Сіздерді «Уран өнеркәсібінің өзекті мәселелері» атты X халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияда қарсы алып отырғаныма қуаныштымын.

Биылғы жылы конференциямыз «Қазатомөнеркәсіп» ҰАК» АҚ-тың 25 жылдығына және еншілес кәсіпорынымыз — «Жоғары технологиялар институты» ЖШС-ның 20 жылдығына орайластырылған.

Осы жылдар бойы Қазатомөнеркәсіп Қазақстанның тек бейбіт атомды дамыту саясатын ұстана отырып, әлемнің түкпір-түкпіріндегі әріптестерімен атом энергетикасын, білімді, ғылым және өндірісті қауіпсіз дамыту саласындағы ынтымақтастықты қолдау бойынша жұмысты жүргізіп келеді.

Конференцияның негізгі мақсаты — халықаралық қоғамдастыққа, озық материалдарды, техника мен жабдықтарды әзірлеушілер мен өндірушілерге атом саласындағы компаниялардың ғылыми-техникалық интеграциясына жәрдемдесу мақсатында - өзекті ғылыми-технологиялық мақсаттарды талқылау және оларды шешу үшін алаң ұсыну.

«Қазатомөнеркәсіп» ұлттық атом компаниясы саланың қолда бар минералдық-шикізаттық, технологиялық, зияткерлік және экономикалық әлеуетін тиімді пайдалану және ұлғайту жөніндегі жұмыстардың ауқымды бағдарламасын іске асырып жатыр.

Уран өнеркәсібінің маңызды міндеттерін шешуді ғылым мен технологиялар саласындағы белсенді халықаралық ынтымақтастықсыз елестету мүмкін емес. Атом индустриясын дамытудың жалпы жаһандық үрдісі әлемдік компанияларды, ғалымдарды және ғылыми-техникалық саладағы атом саласының жоғары білікті мамандарын кеңірек біріктіруді талап етеді.

Мәселелерді қамтудың кең ауқымы және конференциядағы өкілдіктің жоғары деңгейі оған Қазақстан және басқа елдер үшін стратегиялық маңызды сала ретінде жаһандық уран индустриясы үшін маңызды оқиға мәртебесін беретіні сөзсіз.

Сіздерге атом саласын дамыту жолында жемісті еңбек және жаңа кәсіби жетістіктер тілеймін!

Құрметпен,
«Қазатомөнеркәсіп» ҰАК» АҚ Басқарма төрағасы
Е.Ж. Муканов

Уважаемые участники конференции!

Рад приветствовать вас на X Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы урановой промышленности».

В этом году наша конференция приурочена к 25-летию АО «НАК «Казатомпром» и 20-летию нашего дочернего предприятия — ТОО «Институт высоких технологий».

На протяжении всех этих лет Казатомпром, придерживаясь политики Казахстана по развитию исключительно мирного атома, ведет работу по поддержанию сотрудничества в области безопасного развития атомной энергетики, образования, науки и производства с партнерами из разных стран мира.

Главная задача конференции — предоставить международному сообществу, разработчикам и производителям передовых материалов, техники и оборудования площадку для обсуждения и решения актуальных научно-технических задач в целях содействия научно-технической интеграции компаний атомной отрасли.

Национальная атомная компания «Казатомпром» реализует обширную программу работ по эффективному использованию и наращиванию имеющегося минерально-сырьевого, технологического, интеллектуального и экономического потенциала отрасли.

Решение важных задач урановой промышленности немыслимо без активного международного сотрудничества в сферах науки и технологий. Общемировая тенденция развития атомной индустрии требует более широкой интеграции мировых компаний, учёных и высококвалифицированных специалистов атомной индустрии в научно-технической сфере.

Несомненно, широкий масштаб охвата проблем и высокий уровень представительности на конференции придаёт ей статус значимого события для мировой урановой индустрии как стратегически важной отрасли для Казахстана и других стран.

Желаю вам плодотворной работы и новых профессиональных достижений для развития атомной отрасли!

С уважением,
Председатель Правления АО «НАК «Казатомпром»
Е.Ж. Муканов

Dear participants of the conference!

I am glad to welcome you to the IX International Conference "Actual Problems of the Uranium Industry".

This year our conference is timed to the 25th anniversary of NAC Kazatomprom JSC and the 20th anniversary of our subsidiary - Institute of High Technologies LLP.

Throughout all these years, Kazatomprom, adhering to Kazakhstan's policy of exclusively peaceful atom development, has been working to maintain cooperation in the field of safe development of nuclear energy, education, science and production with partners from around the world.

The main objective of the conference is to provide the international community, developers and manufacturers of advanced materials, machinery and equipment with a platform for discussing and solving current scientific and technical problems in order to promote the scientific and technical integration of nuclear industry companies.

Kazatomprom is implementing an extensive program of work on the effective use and enhancement of the existing mineral, technological, intellectual and economic potential of the industry.

The solution of important tasks of the uranium industry is unthinkable without active international cooperation in the fields of science and technology. The global trend in the development of the nuclear industry requires a broader integration of global companies, scientists and highly qualified specialists of the nuclear industry in the scientific and technical field.

Undoubtedly, the wide scope of the problems and the high level of representativity at the conference gives it the status of a significant event for the global uranium industry as a strategically important industry for Kazakhstan and other countries.

I wish you fruitful work and new professional achievements for the development of the nuclear industry!

Best regards,
Chair of the Management Board of NAC Kazatomprom JSC
Ye. Mukanov

РАЗДЕЛ IV

РЕСУРСЫ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕДКИХ, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОПУТНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

Карманов Е.М.[1], Кожахметов С.К.[1], Садыков М.Ж.[1], Кокумбеков Б.Б.[1, *)] Павлов А.Ю.[1], Башкирцев К.В.[2], Бобровный Е.В.[3]
[1]ТОО «АНГСТРЕМ», г. Алматы, Казахстан
[2]ТОО «Национальный центр высоких технологий и энергосбережения», г. Алматы, Казахстан
[3]ТОО «СП «Южная горно-химическая компания», г. Шымкент, Казахстан

Наблюдаемое устойчивое повышение в средне- и долгосрочной перспективе роли высокотехнологичных производств для базовых отраслей промышленности – традиционных и возобновляемых источников энергии, энергетического, транспортного и электронного машиностроения – обуславливает возрастание важности редких металлов. Это обстоятельство делает особенно актуальным научно-технологическое обоснование расширения сырьевой базы редких металлов, особенно имеющих стратегическое значение. Одним из металлов стратегического значения является рений.

Присутствие рения в качестве попутного компонента, пусть и в весьма малых концентрациях, достоверно зафиксировано в растворах подземного выщелачивания урана уранодобывающих компаний с акционерным участием АО «НАК «Казатомпром». Использование этой не имеющей мировых аналогов по масштабам производственной инфраструктуры в качестве нового вида сырьевой базы рения может позволить значительно укрепить позиции Республики Казахстан на мировом рынке производителей рения. Для реализации указанного сырьевого потенциала рения необходима разработка высокоэффективной технологии извлечения рения в качестве попутного ценного компонента, что является комплексной и очень сложной научно-технологической задачей.

Настоящая работа представляет результаты лабораторных испытаний технологических методов, выполненных в производственных условиях рудника «Акдала» ТОО «СП «ЮГХК» в обоснование создания вышеуказанного производства рения. Согласно техническому заданию проводилось извлечение накопленного на высокоосновном анионите рения. Содержание рения в смоле составило в среднем 0,4 г/дм^3. Десорбцию рения вели нитратными растворами при различной линейной скорости. Концентрация нитратов в десорбирующем растворе изменялась от 200 г/дм^3 до 400 г/дм^3, а линейная скорость пропускания растворов –от 0,5 м/ч до 1,5 м/ч. Полученные результаты представлены на рисунках 1 и 2.

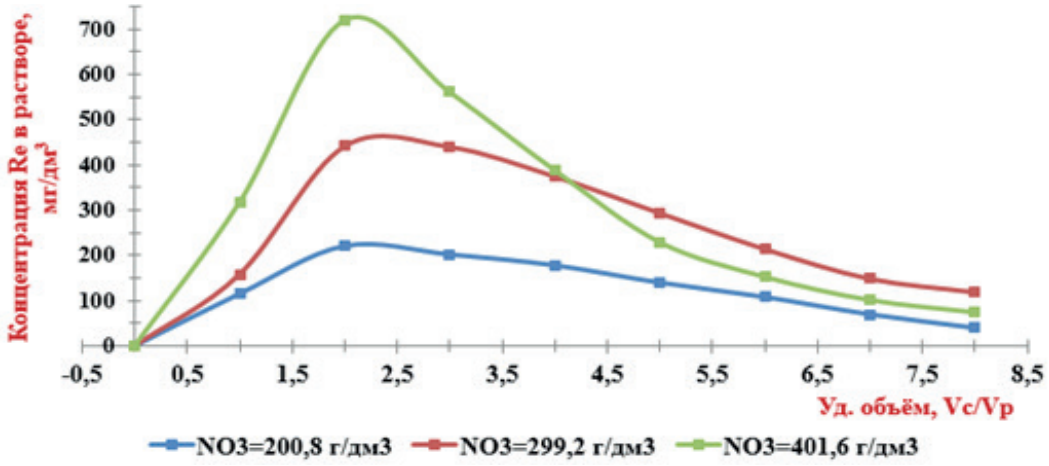


Рисунок 1 – Выходные кривые десорбции рения из фазы ионита при различных концентрациях NO_3 в десорбирующем растворе на линейной скорости 1 м/ч

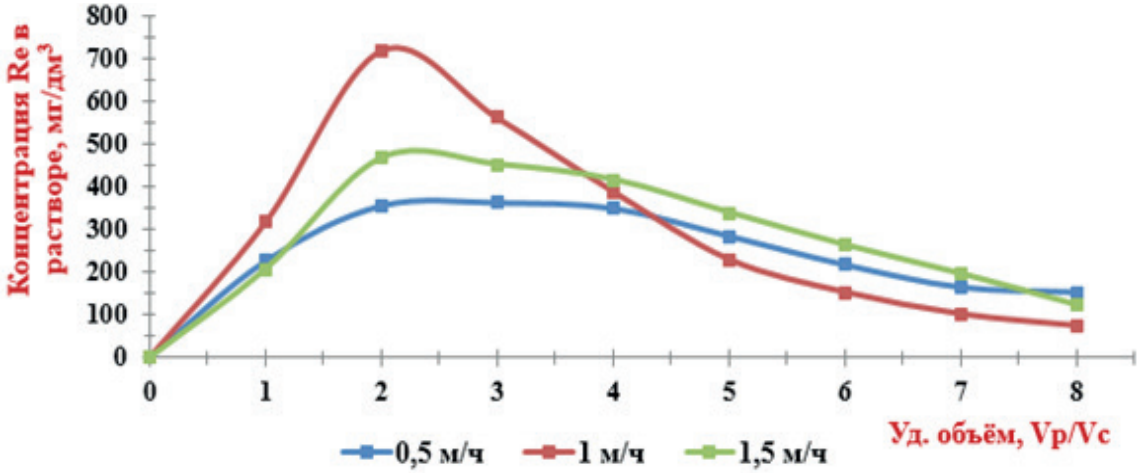


Рисунок 2 – Выходные кривые десорбции рения из фазы ионита при различных линейных скоростях (концентрация NO_3 = 401,6 г/дм^3 в ДР)

В качестве оптимальных были выбраны концентрация нитратов 400 г/л и линейная скорость 1 м/ч. При этом концентрация рения в товарном десорбате составила 718 мг/дм^3. Для определения оптимальной концентрации нитрат-ионов в дальнейшем были поставлены эксперименты по определению влияния нитрат-ионов на донасыщение рения. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели донасыщения смолы рением

Концентрация Re в растворе, мг/дм^3	Концентрация NO_3^- ионов в растворе, мг/дм^3	$V_{р\text{-}ра}$, см^3	Пропускаемые удельные объемы (остаточная концентрация рения в маточнике, мг/дм^3)		
			1	2	3
240	200	430	5	155	238
440	300	430	30	445	440
715	400	430	320	740	725

Данные экспериментов показывают, что повышенные концентрации нитратов, в частности до 400 г/дм^3, существенно ограничивают возможность донасыщения рения. Как известно, главным преимуществом колонны СДК является именно наличие в ней ветви донасыщения, что позволяет получать богатые товарные десорбаты. Соответственно, любые ограничения по повышению донасыщения будут снижать эффективность работы колонны СДК и всей технологии в целом. На рисунке 3 представлены данные по поиску оптимального содержания нитрат-иона при донасыщении рения.

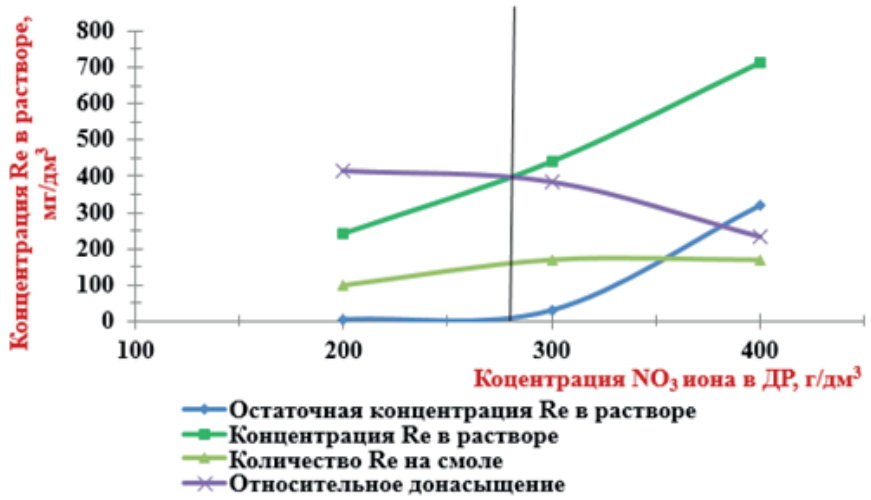


Рисунок 3 – Поиск оптимальной концентрации нитрат-иона в десорбирующем растворе

Таким образом, оптимальная концентрация нитратов является компромиссом между концентрацией рения и степенью донасыщения рения. На рисунке 3 эти кривые пересекаются в точке 285 г/дм^3 по нитрат-ионам, которая и является оптимальной концентрацией для десорбирующего раствора.

Результаты экспериментов по десорбции рения в колонне «СДК-100» показали следующее. Максимальное содержание рения получено при цикле фильтрации 1,5 ч и «Ж : Т» = 2,1 (505 ÷ 545 мг/дм^3 рения в растворе). Вместе с тем при этих условиях вывод рения в товарный десорбат оказался недостаточным по сравнению с приходом, т.е. вывод надо увеличивать. Наиболее близкими к балансу «приход – вывод» рения показали эксперименты при цикле фильтрации 2 ч и «Ж : Т» = 2,85 (среднее содержание 430 мг/дм^3 рения в растворе). Повышенная температура ДР (45 °С) на выход рения в раствор влияние не оказывает.

Основной вывод по данной серии экспериментов заключается в том, что донасыщение рения в ветви донасыщения при концентрации нитратов в ДР = 300 г/дм^3 идет незначительно. Полученный товарный рениевый десорбат направлялся на экстракцию.

На основании полученных результатов оптимальной была признана экстракционная смесь состава: ТАА – 32; УВС – 58; ТБФ – 10 % об. По данным экспериментов, требуемая продолжительность контакта водной и органической фаз составила 7 минут, а максимальный коэффициент распределения рения зафиксирован при соотношении органической и водной фаз «О:В = 1:5». Характер изотермы экстракции подтверждает возможность концентрирования рения (VII) в органической фазе. Анализ результатов показал, что при экстракции рения из раствора с концентрацией 324 мг/дм^3 за четыре теоретические ступени процесса получен экстракт с насыщением 2 660 мг/дм^3 по рению. Остаточное содержание рения в водной фазе находилось на уровне 5 мг/дм^3. Степень извлечения рения из десорбата на операции экстракции составила 98,5%.

В ходе проведенных исследований установлены технологические режимы процесса жидкофазной реэкстракции, позволившие получить реэкстракт с концентрацией рения 7647 мг/дм^3. Степень извлечения рения из экстракта в водный раствор при этом составила 97,2%, коэффициент концентрирования рения – 23,6. Остаточная концентрация рения в экстрагенте находилась на уровне 12 мг/дм^3.

Согласно результатам расчетов, для обеспечения извлечения рения из десорбата необходимое фактическое количество ступеней процесса экстракции должно быть не менее шести (исходя из четырех теоретических ступеней). В дополнение к шести экстракционным следует предусмотреть одну ступень для промывки экстракта. Число ступеней процесса реэкстракции должно включать не менее четырех единиц (при трех теоретических). Учитывая установленные в ходе исследований кинетические особенности процессов экстракции и реэкстракции, предпочтительным оборудованием для системы данного типа будут являться экстракторы ящичного исполнения.

В лабораторных условиях осадок рения получали посредством выпаривания реэкстракта. Полученный осадок рения прокаливали в муфельной печи при температуре 270 ˚С в течение 2 часов (рисунок 4).

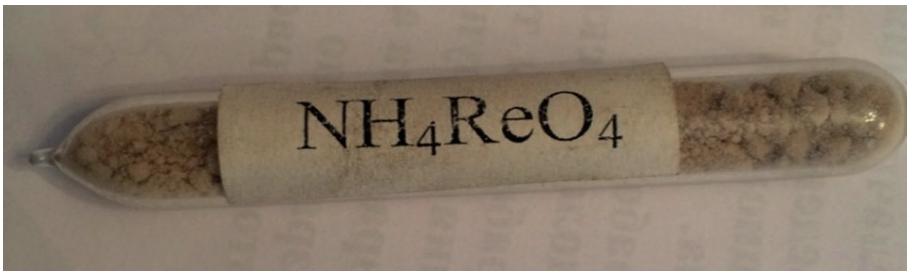


Рисунок 4 – Черновой перренат аммония

Методами РЭМ и РСМА проводилась оценка качества порошка рения. Качество полученного перрената аммония представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Качество перрената аммония

Наименование показателя	**Марка «АР–1», %**	**Марка «АР–2», %**	**Полученный в опыте перренат аммония, %**
Рений	69	69	67
Алюминий	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-4}$
Железо	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$24 \cdot 10^{-4}$
Калий	$1 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2}$	$6 \cdot 10^{-3}$
Кальций	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Кремний	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$18 \cdot 10^{-3}$
Магний	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Марганец	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$49 \cdot 10^{-3}$
Медь	$1 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$
Молибден	$1 \cdot 10^{-2}$	$1 \cdot 10^{-2}$	$2 \cdot 10^{-4}$
Натрий	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Никель	$2 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	не опред.
Сера	$5 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-2}$	$7 \cdot 10^{-2}$
Фосфор	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	не опред.

Можно видеть, что по большинству примесей за исключением кремния, марганца и серы полученный в ходе испытаний черновой перренат аммония соответствует требованиям, предъявляемым к марке «АР–2».

На основе результатов выполненных работ ТОО «СП «ЮГХК» разработало и утвердило Техническое задания (далее – ТЗ) по проведению опытно-промышленных испытаний попутного извлечения рения из растворов подземного выщелачивания урана. Реализация ТЗ позволит произвести опытные партии готовой продукции в виде технического сорта перрената аммония и провести дальнейшую сертификацию их качества и безопасности для потенциальных потребителей, а также получить необходимые данные для подготовки полномасштабного ТЭО для создания производства на руднике «Акдала» не менее 500 кг рения в год.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОПУТНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЛЛИЯ ИЗ АЛЮМО-ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ АО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА»

Карманов Е.М[1]., Кожахметов С.К.[1], Садыков М.Ж.[1], Кокумбеков Б.Б.[1], Павлов А.Ю.[1], Башкирцев К.В.[2]

[1]ТОО «АНГСТРЕМ», г. Алматы, Казахстан

[2]ТОО «Национальный центр высоких технологий и энергосбережения», г. Алматы, Казахстан

Динамичное развитие эффективных энергосберегающих устройств (светосберегающих диодов и мониторов), электронных чипов высокой производительности, новых высокоинтенсивных компактных источников рентгеновского излучения формируют долгосрочные и очень емкие секторы потребления галлия и соединений на его основе.

Технология, ранее применявшиеся в АО «Алюминий Казахстана» для производства галлия из алюмо-щелочных технологических растворов, в настоящее время, к сожалению, стала неконкурентоспособна. Вместе с тем имеющаяся сырьевая база галлия, циркулирующего в технологических растворах АО «Алюминий Казахстана», позволяет оценить годовое количество потенциально извлекаемого галлия в размере 10–12 т.

Авторами доклада накоплен значительный успешный опыт в области переработки растворов подземного выщелачивания, в которых содержание полезного компонента варьировалось в диапазоне 30…90 мг/дм^3 раствора.

В рамках настоящей работы вышеуказанный опыт был адаптирован в лабораторных исследованиях для процесса извлечения галлия из оборотных технологических растворов получения глинозема (среднее содержание галлия 140…160 мг/дм^3) с помощью селективных ионно-обменных смол.

Целью работы было исследование сорбционно-десорбционных характеристик новых ионообменных смол (ионитов). Учитывая жесткие условия работы анионитов (высокая щелочность на сорбции и высокая кислотность на десорбции), была проведена оценка физико-химических и технологических свойств последних в процессах эксплуатации (количество выдержанных циклов сорбции – десорбции). Извлечение галлия проводилось из маточных растворов ГМЦ (гидрометаллургический цех) № 3 участка «Блока обработки гидрата – 1». Концентрация галлия составляла 140 мг/дм^3, щелочи – 150 г/дм^3. Соотношение объемов раствор:смола на сорбции составляло 100:1. Данные представлены на рисунке 1. Десорбция галлия проводилась раствором серной кислоты с концентрацией 130 г/дм^3 при Ж : Т = 3 : 1.

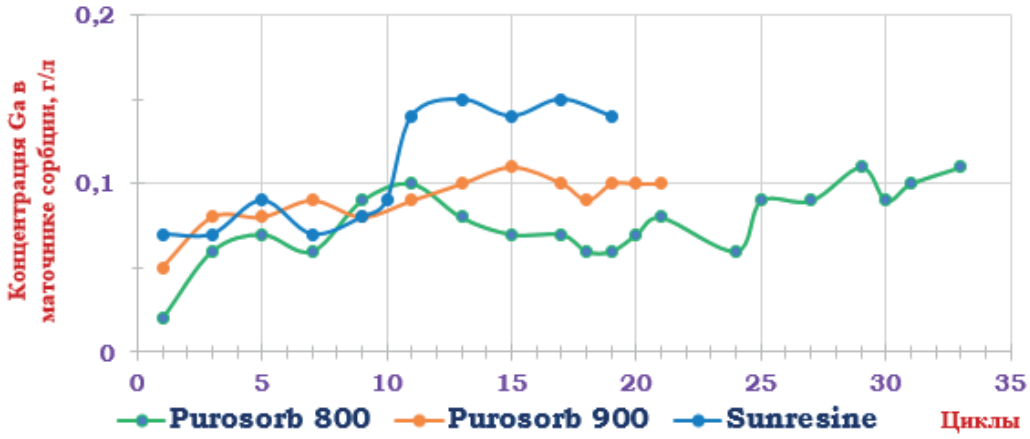


Рисунок 1 – Сравнительные данные по стойкости ионитов

Оптимальная концентрация серной кислоты на десорбции является 130 г/л. Количество рабочих циклов для анионитов можно принять следующие:

Sunresine – 13;

Purosorb 900 – 18;

Purosorb 800 – 30.

На основе полученных данных были рассчитаны основные технологические параметры и себестоимость галлия относительно ионитов. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Расчетные показатели ионитов на производительность 10 т галлия в год

Наименование анионита		Sunresine	Purosorb 800	Purosorb 900
Исходные данные		Маточный раствор (Ga = 0,14 г/дм^3); производительность = 10 т/год или 1,2 кг/ч; поток = 8,6 м^3/ч		
Оборудование		4 колонны (d = 1,5 м, h = 10 м); общая загрузка ионита 72 м^3 (18 м^3 на колонну)		
Параметры сорбции				
1	Насыщение, г/дм^3	9	9	8
2	Количество рабочих циклов	13	30	18
3	Количество галлия, кг	648	648	576
4	Объем маточного раствора, м^3	4 700	4 700	4 100
5	Время сорбции, ч	550 (23 сут.)	550 (23 сут.)	480 (20 сут.)
6	Время десорбции, ч	72 (3 сут.)	72 (3 сут.)	72 (3 сут.)
Оценка себестоимости галлия относительно ионита				
1	Количество циклов в год	13,5	13,5	15,2
2	Время работы ионита, мес.	12 (1 год)	27 (2,25 года)	14 (1,15 года)
3	Количество сорбируемого галлия за период работы ионита, кг	10 000	22 500	11 600
4	Себестоимость ионита, $/м^3	12 000	11 000	10 000
5	Себестоимость галлия относительно ионита, $/кг	86	35,2	62

Результаты проведенной работы позволяют предварительно оценить себестоимость сорбционно-десорбционного передела технологии получения галлия. Полученные данные позволяют сделать вывод о целесообразности продолжения работ на опытно-промышленной стадии. Авторами определены параметры опытно-демонстрационной установки получения галлия производительностью 20…30 дм^3/ч, включающей передел электролизного осаждения.

По итогам проведения опытно-промышленных испытаний будут получены данные по подготовке ТЭО производства 10…12 т галлия в год в АО «Алюминий Казахстана».

СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОПУТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЛЕВЫМ АНИОНИТОМ С ПИРИДИНИЕВЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ГРУППАМИ ИЗ УРАНСОДЕРЖАЩИХ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ

Барбашина С.И.[1], Вацура Ф.Я.[2], Трошкина И.Д.[1], Головко В.В.[2]
[1]ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», г. Москва, Россия
[2]АО «Ведущий проектно-изыскательский и научно-исследовательский институт промышленной технологии», г. Москва, Россия

Комплексная переработка растворов подземного выщелачивания может способствовать повышению рентабельности разработки месторождений бедных руд. Поскольку основные и эксплуатационные затраты при подземном выщелачивании относятся к стоимости главного добываемого компонента – урана, затраты на попутное извлечение рения, скандия и других сопутствующих металлов могут быть экономически оправданы, в отличие от расходов на освоение их собственных месторождений.

Извлечение целевых элементов из богатых продуктивных сернокислых растворов подземного выщелачивания реализуется методом анионообменной сорбции с использованием селективных сильноосновных анионитов.

В работе рассмотрена возможность использования гелевого сильноосновного анионита с пиридиниевыми функциональными группами для сорбции урана и попутно рения при переработке сернокислых растворов, моделирующих растворы скважинного подземного выщелачивания (СПВ). Изучено влияние кислотности раствора на сорбцию целевых компонентов. Определены емкостные характеристики ионита. Проведена реагентная десорбция целевых компонентов с насыщенного сильноосновного ионита элюентами, содержащими сульфат- и нитрат-ионы, а также их смесь.

Метод скважинного подземного выщелачивания с получением сернокислого урансодержащего продуктивного раствора (ПР) получил широкое применение в мировой практике [1]. Особенностью СПВ является его эффективность в условиях пониженного содержания урана в рудах, применение метода в промышленности привело к снижению минимального содержания урана в породах при сравнении с горным способом переработки. Технология извлечения попутных компонентов (молибден, скандий, рений и др.) также претерпела изменения в подходе к проблеме их получения, которые привели к снижению требований к содержанию попутных компонентов в рудах.

Концентрирующийся в полиметаллических урановых рудах дорогостоящий рений, представляет особый интерес, поскольку его минеральные сырьевые источники практически отсутствуют [2, 3].

Рост спроса на рений обусловливается наращиванием его применения в авиационной, ракетно-космической промышленности [4]. Рений существует в растворах СПВ в виде перренат-иона (ReO_4^-), в связи с этим аниониты, которые используют для извлечения урана, пригодны и для сорбции рения.

В работе использовали гелевый сильноосновный анионит марки Axionit VPA-G2-4 с пиридиниевыми функциональными группами, характеристики которого представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики анионита марки Axionit VPA-G2-4

Наименование показателей	Требования
Внешний вид	Зерна сферической формы
Гранулометрический состав: Дисперсность рабочей фракции, мм	0,8–2
Массовая доля влаги, %	35–65
Удельный объем набухшего ионита в дистиллированной воде, $см^3/г$	2,2
Полная обменная емкость (ПОЕ) по хлорид-иону, мг-экв/г, не менее	3,1
Механическая прочность, %, не менее	97
Форма поставки	сульфатная

Для изучения сорбционных характеристик этой гелевой ионообменной смолы необходимо выбрать диапазон pH, в котором сорбент работает с наиболее высокой эффективностью. Влияние кислотности на сорбцию урана и рения отслеживали в статическом режиме при комнатной температуре в интервале pH 0,5–4 с шагом 0,5 при соотношении фаз воздушно-сухого сорбента к раствору 1:1000 ($г:см^3$), концентрация урана и рения в растворах составляла 100 $мг/дм^3$. Данные измерений pH-зависимости по урану и рению представлены в таблицах 2 и 3, соответственно.

Таблица 2 – Сорбция урана гелевой ионообменной смолы с пиридиниевой функциональной группой при различной кислотности раствора

$pH_{исх}$	$CE_{равн}$, мг/г	Степень извлечения, %	K_d, мл/г
0,5	52,7	52,7	1110
1,0	58,7	58,7	1420
1,5	82,7	82,7	4780
2,0	83,8	83,8	5180
2,5	82,5	82,5	4710
3,0	79,4	79,4	3860
3,5	78,8	78,8	3720
4,0	76,1	76,1	3180

Таблица 3 – Сорбция рения гелевой ионообменной смолы с пиридиниевой функциональной группой при различной кислотности раствора

$pH_{исх}$	$CE_{равн}$, мг/г	Степень извлечения, %	K_d, мл/г
0,5	0	0	0
1,0	11,3	11,3	127
1,5	17,5	17,5	213
2,0	52,2	52,2	1090
2,5	68,3	68,3	2160
3,0	76,8	76,8	3310
3,5	79,8	79,8	3950
4,0	86,3	86,3	6280

Результаты эксперимента по урану отражены на рисунке 1. Они указывают на то, что емкость смолы по урану наилучшая при кислотности раствора, соответствующей значению pH 1,8–2,0. В реальных растворах присутствуют примеси, которые выпадают в осадок при значении pH>3 (например, железо) и, тем самым, могут препятствовать сорбции урана за счет блокирования пор ионита.

Рений не выпадает в осадок, емкость по рению монотонно растет (рисунок 2) с увеличением pH раствора.

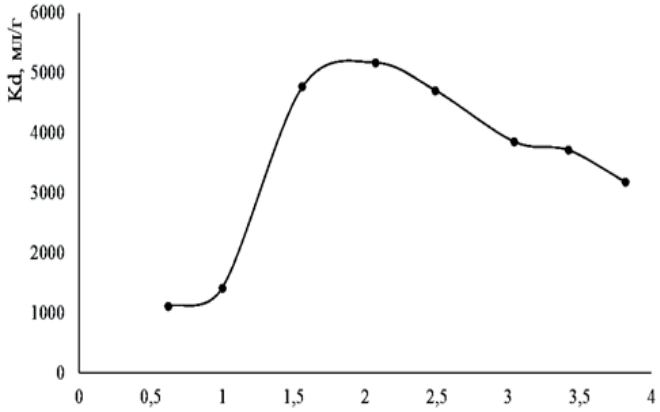


Рисунок 1 – Влияние pH раствора на коэффициент распределения урана

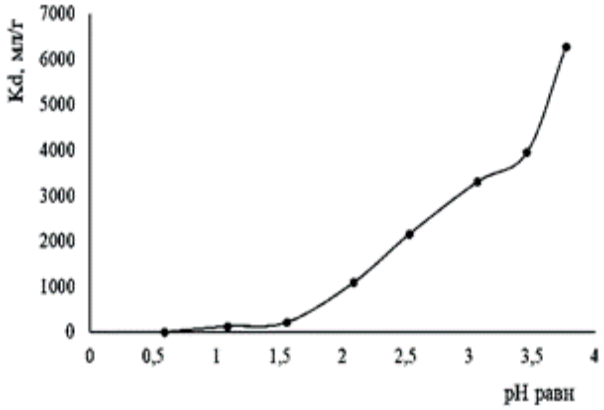


Рисунок 2 – Влияние pH раствора на коэффициент распределения рения

На основании полученных данных для дальнейших экспериментов используем растворы с концентрацией серной кислоты, соответствующей pH 2.

Поскольку одним из важнейших сопутствующих урану компонентов растворов подземного выщелачивания является скандий, оценена возможность сорбции из раствора с его концентрацией 10 мг/дм^3 при одновременном содержании урана и рения 100 мг/дм^3. Соотношение фаз сорбента к раствору составляло 1:1000 (г:см^3).

Полученные данные показали, что скандий практически не сорбируется, что подтверждает его форму нахождения в таких растворах в виде катиона Sc^{3+}. Равновесная емкость сорбента по скандию в выбранных условиях не превышает 4 мг/г. Незначительную сорбцию скандия анионитом можно объяснить его комплексообразованием – наличием в растворах комплексных анионов типа $[Sc(SO_4)_2]^-$ и $[Sc(SO_4)_3]^{3-}$, извлекаемых анионитами.

В работе изучена десорбция урана и рения с выбранного анионита. Ее реализация заключается в вытеснении целевых анионов из зерен ионообменной смолы с помощью анионов депрессоров без изменения ионной формы поглощенного компонента. При увеличении концентрации вытесняющих ионов в элюенте наблюдается возрастание скорости десорбции за счет смещения равновесия ионного обмена. В случае значительного увеличения концентрации элюента может наблюдаться падение скорости элюирования в связи с уменьшением коэффициентов диффузии ионов [5].

Насыщение ионита для последующей десорбции проводили из сернокислых растворов в статическом режиме при соотношении фаз воздушно-сухого сорбента к раствору, равному 1:2000 (г:см^3). Содержание урана (рения) в растворе составляло 100 мг/дм^3. При достижении равновесия емкость ионита по урану составила 207 мг/г, по рению – 42,6 мг/г.

Исследовано совместное элюирование урана и рения растворами серной кислоты с концентрацией в диапазоне 160÷500 г/дм^3. Оптимальной по отношению затрат на кислоту и степени извлечения целевых элементов является серная кислота с концентрацией 160 г/дм^3. Степень элюирования урана и рения в статическом режиме за два контакта длительностью 4 ч каждый, при соотношении фаз сорбента к раствору, равному 1:20 (г:см^3) составила 63,1 и 31,3 %, соответственно.

Элюенты на основе нитрата аммония оказались менее эффективны в сравнении с сернокислыми десорбирующими растворами. Степень элюирования по рению и урану в выбранных условиях при использовании нитрата аммония с концентрацией 200 г/дм^3 составила 24,0 и 51,2 %, соответственно. Элюирование же их раствором нитрата аммония (100 г/дм^3) с добавлением серной кислоты до 40 г/дм^3 улучшается: степень извлечения по урану и рению за три контакта десорбции достигла 89,5 и 88,1 %, соответственно.

Таким образом, результаты исследований показали эффективность применения гелевого анионита с пиридиниевыми функциональными группами марки Axionit VPA-G2-4 в качестве ионообменного материала для технологических процессов сорбционно-десорбционной переработки сернокислых продуктивных растворов скважинного подземного выщелачивания урана. Также применение анионита в технологии попутного извлечения рения целесообразно, учитывая емкостные характеристики сорбента в выбранной области значений кислотности продуктивных растворов.

Список использованных источников

1. Мамилов В.А., Петров Н.Н., Шушания Г.Р. Добыча урана методом подземного выщелачивания –М.: Атомиздат, 1980. – 248 с.

2. Лаверов Н.П., Абдульманов И.Г., Бровин К.Г. и др. Подземное выщелачивание полиэлементных руд/Под ред. Н.П. Лаверова. М.: Изд-во Акад. горн. наук, 1998. – 446 с.

3. Кайлачаков П.Э. Сульфидная минерализация руд уран–молибден–рениевого Брикетно–Желтухинского месторождения (Подмосковный бассейн) // Вестник РУДН. Серия: Инженерные исследования. – 2017. – № 3. – С. 353–360.

4. Каблов Е.Н, Светлов И.Л., Петрушин Н.В. Никелевые жаропрочные сплавы, легированные рутением // Авиационные материалы и технологии. 2004. № 1. С. 80–90.

5. Хужаев Ж.Э., Халимов И.У., Аликулов Ш.Ш. Метод повышения содержания товарного регенерата (элюат) в процессе регенерации // МНПК «Актуальные проблемы урановой промышленности». – Астана, 2017. – С. 185–186.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ИЗ АЗЕОТРОПНОГО И НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ЭКСТРАКЦИЕЙ

Гузеев В.В.[1], Дуйсебаев Б.О.[2], Гузеева Т.И.[1], Зеличенко Е.А.[1]
[1]Национальный исследовательский ядерный университет (МИФИ), Северский технологический институт, г. Северск, Россия
[2]ТОО «Универсальное конструкторское технологическое бюро», Алматы, Казахстан

В производстве фторсодержащих соединений урана образуются водные растворы с концентрацией фтористого водорода 5-10%, кроме этого при производстве безводного фтористого водорода образуется азеотропная смесь с содержанием фтористого водорода 38,9 %, которая не разделяется ректификацией. Фтористый водород теряется для производства фтора. При производстве диоксида урана из гексафторида урана так же образуется плавиковая кислота, с той же концентрацией. Такие производства существуют в г. Электросталь, г. Зеленогорск, г. Новосибирск, г. Усть- Каменогорск.

Основным сырьем для производства фтористого водорода является плавиковый шпат. Доступность его с каждым годом уменьшается. Поэтому возвращение в производство очищенного и концентрированного газообразного фтористого водорода является актуальной задачей.

Фтористый водород производят для получения фтора, который идет на получение гексафторида урана. Производят его разложением плавикового шпата в серной кислоте по реакции:

$$CaF_2+H_2SO_4= CaSO_4+ 2HF$$

В результате газообразный фтористый водород после ректификации направляют для производства гексафторида урана. Поскольку в процессе присутствует вода, образуется азеотропный раствор, содержащий 38,9 % фтористого водорода.

В настоящее время используются схемы получения фтористого водорода из отвального гексафторида урана, которые также приводят к образованию азеотропных растворов. Часть растворов идет на проведение реакций необходимых в технологических процессах. Использование этих растворов приводит к образованию слабо концентрированных растворов.

Если в первом случае существует проблема извлечения и возвращение в технологический процесс фтористого водорода в газообразном виде, то во втором случае необходимо исключить выброс в окружающую среду. Для нейтрализации используют реактивы – известь.

Для решения этих задач предлагается проводить извлечение фтористого водорода из водных растворов жидкостной экстракцией. Экстрагент может быть жидким или твердофазным. Для этого необходимо использовать экстрагент отвечающим определенным требованиям.

Строение и свойства перфторуглеродов. Перфторуглероды (ПФУ) – продукты исчерпывающего фторирования углеводородов, в составе которых имеется только углерод C и фтор F. В составе некоторых ПФУ дополнительно могут присутствовать кислород O, азот N, бром Br (но не хлор!) и другие элементы. В настоящее время получены ПФУ линейного, разветвленного и циклического строения. Наиболее известные из них: перфтордекалин $C_{10}F_{18}$ и перфтортриэтиламин $N(C_2F_5)_2$ В настоящее время исследовано относительно небольшое количество ПФУ, что связано с высокой стоимостью их получения. В молекулах ПФУ присутствует исключительно прочная связь C-F, благодаря которой они приобретают свойства практически полной химической инертности и устойчивости. Вместе с тем ПФУ обладают слабыми межмолекулярными связями, следствием чего является их аномально высокая способность растворять газы, кислород O_2 и углекислый газ CO_2. Так, растворимость кислорода O_2 в перфтордекалине в 20 раз выше, чем в воде. Особенностями физико-химических свойств ПФУ являются: высокая плотность (ρ~2), идеальная смачиваемость ими твердых поверхностей, малое поверхностное натяжение, диэлектрические характеристики. Температуры кипения ПФУ колеблются в широком интервале температур: от – 130 ^{0}C до +400 ^{o} C. Перфторуглероды способны выступать в качестве экстрагентов они вполне соответствуют требованиям предъявляемым к экстрагентам.

1. Экстрагент не растворяется в воде.
2. Химически не взаимодействует со фтористым водородом.
3. Не взаимодействует с веществами растворенными вместе со фтористым водородом.
4. После экстракции расслаивается с водным раствором.

5. Не образует неразделяемых растворов с фтористым водородом.

6. Экстрагент находится в жидком состоянии в интервале температур ~ -20÷150 °С.

Таким требованиям в наибольшей мере отвечают перфторорганические соединения.

Для проведения экстракции необходимо чтобы фтористый водород образовывал неустойчивые обратимые комплексы.[1-3].

Фуллерен – одна из форм существования углерода в природе [4-8]

Фуллерены – последняя из открытых аллотропных модификаций углерода (кроме известных графита, алмаза, карбина); наиболее стабильными являются шарообразные молекулы С60 или дынеобразные С70. В структуре фуллеренов может присутствовать только четное количество атомов углерода.

Строение и свойства фуллеренов. Поверхность молекул фуллеренов состоит из пяти- и шестиугольников, образованных атомами углерода (в молекуле С60 их 20, а в С70 – 30). Известны фуллерены, молекулы которых имеют более сложную форму (полых трубок – тубулены) и состоят из нескольких сотен атомов углерода. Фрагменты структуры алмаза, графита, фуллерена и углеродной нанотрубки Молекулы фуллерена полые внутри, поэтому его плотность значительно меньше, чем у графита (2,3 г/см3) и алмаза (3,5 г/см3). Для С60 она составляет 1,65 г/см3 . Фуллерен устойчив к действию высоких температур и высокого давления: не плавится при 3600 С и не разрушается при 20 ГПа. Длины углерод-углеродных связей составляют 0,143 нм и 0,139 нм. Диаметр молекулы С60 близок к 1 нм. На основе фуллерена синтезированы новые классы веществ: фуллеролы (гидрокс производные, в их структуре которых присутствуют ОН-группы); фуллераны (продукты присоединения водорода), фуллериды (продукты взаимодействия с металлами или легированные металлами); эндоэдральные комплексы фуллеренов (во внутренней полости имеется металл, неметалл или молекула). Фуллерены в конденсированном (кристаллическом) состоянии называются фуллеритами.

Поскольку в структуре фулеролов присутствуют ОН-группы они способны обмениваться анионами возможна сорбция фтористого водорода по ионообменному механизму.

Диаметр внутренней полости молекул фуллеренов позволяет разместить в ней молекулу «гостя». Оказалось, что более трети элементов Периодической системы могут образовывать с фуллереном такие соединения «включения». Соединения такого типа со щелочными металлами С60М3 обладают свойствами сверхпроводников. Сами кристаллические фуллерены и их пленки обладают свойствами полупроводников, а фуллериды – проводников и сверхпроводников (при t=19–55K). Фуллериды металлов платиновой группы дополнительно обладают ферромагнитными свойствами. С эндоэдральными комплексами фуллеренов связывают создание современных противораковых препаратов, которые в капсуле фуллерена могут быть избирательно доставлены к поврежденному органу или ткани. 15 Важным аспектом в данном случае является создание водорастворимых соединений. Растворы фуллеренов в органических растворителях способны резко снижать прозрачность при изменении интенсивности оптического излучения. Это свойство может быть использовано для создания защитных оптических затворов или фотопереключателей. Особое внимание к фуллеренам объясняется тем, что углерод является основным элементом живой материи. Многообразие его форм заставляет в ряде случаев иначе взглянуть на некоторые процессы, происходящие с участием углерода в живой и неживой природе.

Углеродные нанотрубки [9]

Области применения нанотрубок. Свойства нанотрубок открыли широкие возможности для их практического применения в качестве:

микроконтейнеров для транспортировки токсических веществ, компонентов топлива, ядовитых газов; микроконтейнеры для доставки лекарственных препаратов, способные выпускать содержимое в строго определенных количествах и определенном месте.

Молекулы, способные к нековалентным взаимодействиям

Клатраты (от clathratus – замкнутый, окруженный со всех сторон) – соединения включения. Они образуются за счет внедрения «посторонних» молекул («молекула-гость») в пустоты кристаллической решетки (или полимерной цепи) базового вещества («молекула-хозяин»). Благоприятное пространственное соответствие (комплементарность) гостевой и хозяйской подсистем приводит к тому, что клатратное соединение становится термодинамически более устойчивым, чем смесь из компонентов гостя и хозяина при тех же условиях. Клатраты классифицируют по форме полости: в форме клетки (криптато-клатраты), в форме канала (тубулато-клатраты), слоистые соединения включения (интеркалато-клатраты). Вода, например, может образовывать несколько клатратных структур в зависимости от условий и размеров «молекулы-гостя». Примером природного клатрата на основе кристаллической решетки воды является природный метангидрат, находящийся на дне Мирового океана, который рассматривается как альтернативный источник углеродной энергетики будущего. Ротаксаны – молекулы, построенные из двух частей: циклической и линейной так, что объемные группы на концах линейной молекулы препятствуют разобщению системы (колесо – ось). Катенаны – молекулы, в которых циклические макромолекулы

продеты одна в другую подобно звеньям цепи. Ротаксан и катенан молекулы соединений, построенных без химической связи, встречаются в природе: ротаксановые и катенановые формы ДНК. Молекула «хозяина» может разместить в своей внутренней полости единственную молекулу «гостя». Обе молекулы должны соответствовать друг другу как по электронной, так и пространственной структурам (принцип ключ-замок)

Области применения краун-соединений и их аналогов. Краун-соединения – это, как правило, избирательные комплексообразователи ионов определенного радиуса (чаще) или молекул. С их помощью эффективно разделяют ионы щелочных и щелочноземельных металлов. Краун-эфиры являются первыми синтетическими аналогами природных веществ (ионофоров), осуществляющих перенос ионов щелочных металлов через клеточные мембраны.[10].

Перечисленные соединения способны образовывать комплексные соединения с фтористым водородом таким образом извлекая его из водных растворов.

Экспериментальная часть

В качестве экстрагента использовали перфторорганическое соединение нерастворимое в воде.

Водные растворы:

По 20 мл водного раствора фтористого водорода

1-5%, 2-10%, 3-20% до опыта;

после смешивания органической и водной фаз отстаивания и расслоения в водном растворе осталось фтористого.

1-0.1%, 2-0,21%, 3-0.23% после опыта.

Изотермы экстракции изучаются

Вывод

Установлена возможность экстракции фтористого водорода из водного раствора перфторорганическим соединением.

Список использованных источников

1. Исикава Н., Кобаяси Ё. Фтор: химия и применение. М.: Мир, 1982.
2. Роун Ш. Озоновый кризис. М.: Мир, 1993.
3. Уранов Е.Н. Загадка озоновой дыры // Человек и стихия. 1990. № 5. С. 198–200.
5. Карцова А.А. Покорение вещества: Органическая химия. СПб.: Химиздат, 1999.
6. Хачоян А.В. Фуллерен – по-японски «фурэрэн» // Химия и жизнь: XXI век. 2001. № 12. С.18–19.
7. Золотухин И.В., Густов А.В. Анализ методов получения фуллеренов // Перспективные материалы. 2002. № 2. С. 5–11.
8. Новгородова М.И. Фуллерен на дне колодца // Химия и жизнь: XXI век. 2004. № 4. С.14–15.
9, 3. Транковский С. Алмаз, графит и углеродные трубы // Наука и жизнь. 1999. № 11. С. 23–28.
10. Хариока М. Краун-соединения: свойства и применение. М.: Мир, 1986.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО И ЭКОНОМИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ – ФОСФОГИПСА

Карманов Е.М., Кокумбеков Б.Б., Кожахметов С.К., Садыков М.Ж., Павлов А.Ю.
ТОО «АНГСТРЕМ», г. Алматы, Казахстан

В последние годы особенно актуальной становится разработка высокоэффективных технологий, позволяющих обеспечить максимально полную переработку техногенных отходов, накопленных в результате производственной деятельности энергетических, горнорудных, металлургических и химических предприятий. Данная проблема особенно остро стоит в Республике Казахстан, поскольку предприятия именно вышеуказанных отраслей активно осуществляли свою деятельность, в результате которой в стране накоплены огромные объемы техногенных отходов, которые негативным образом влияют на экологическую обстановку и здоровье людей, проживающих в регионах размещения отходов. Большое количество отходов от переработки фосфоритов (фосфогипс), расположенных в непосредственной близости от г. Тараза, представляют собой зону экологического бедствия.

В рамках настоящей работы были проведены сопоставительные испытания различных технологических схем переработки фосфогипса. Целью проведенных работ являлось определение наиболее экономически эффективного и экологически безопасного способа переработки фосфогипса, позволяющего утилизировать максимальный объем техногенных отходов в виде востребованной продукции – химических и строительных товаров.

В работе исследован химический состав фосфогипса, который приведен в таблице 1, и представлены результаты исследования процесса конверсии фосфогипса.

Таблица 1 – Физико-химический анализ ФГ (метод выполнения измерений: KZ 07.00.03613-2017, KZ.06.01.00043-2019, KZ.07.00.03513-2017)

Элементы	Содержание, %	Элементы (РЗМ)	Содержание, мкг/дм^3	Элементы (РЗМ)	Содержание, мкг/дм^3
Ca	22,9 ± 1,1	La	59,0 ± 5,9	Yb	3,0 ± 0,3
Si	3,99 ± 0,35	Nd	56,0 ± 5,6	Ho	2,52 ± 0,25
P	0,302 ± 0,023	Ce	54,6 ± 5,2	Eu	2,50 ± 0,2
Fe	0,084 ± 0,010	Gd	12,2 ± 1,2	Tb	1,81 ± 0,16
Al	< 0,1	Sm	11,0 ± 5,9	Tm	0,7 ± 0,06
Y	102,0 ± 23	Dy	9,89 ± 0,9	Sc	0,446 ± 0,4
Pr	11,8 ± 4.4	Hg	6,23 ± 0,6	Lu	0,312 ± 0,031

Основная технологическая операция – это конверсия гипса, проводится она по известному способу с получением на первом этапе карбоната кальция ($CaCO_3$) после обработки гипса карбонатом натрия (Na_2CO_3) или карбонатом аммония ($(NH_4)_2CO_3$) по реакции:

$$Na_2CO_3 + CaSO_4 \cdot 2\,H_2O + H_2O \rightarrow Na_2SO_4 + CaCO_3\downarrow + 3\,H_2O;$$

$$(NH_4)_2CO_3 + CaSO_4 \cdot 2\,H_2O + H_2O \rightarrow (NH_4)_2SO_4 + CaCO_3\downarrow + 3\,H_2O.$$

На втором этапе полученный карбонат кальция ($CaCO_3$) растворяется в азотной кислоте с получением нитрата кальция ($Ca(NO_3)_2$):

$$CaCO_3 + 2\,HNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + CO_2 + H_2O.$$

При этом растворение карбоната кальция ($CaCO_3$) проводили в две стадии. На первой стадии растворяли 90÷95% карбоната кальция. На второй стадии растворяли остаток карбоната кальция и РЗМ. РЗМ в дальнейшем осаждали в аммиачной воде (NH_4OH) с получением предварительного концентрата РЗМ (таблица 4).

Гипс получали двумя способами. По первому способу смешивали раствор нитрата кальция ($Ca(NO_3)_2$) и сульфата натрия (Na_2SO_4) с получением гипса и нитрата натрия ($NaNO_3$):

$$Ca(NO_3)_2 + Na_2SO_4 = NaNO_3 + CaSO_4\downarrow.$$

По второму способу нитрат кальция ($Ca(NO_3)_2$) смешивали с серной кислотой (H_2SO_4) с образованием гипса ($CaSO_4 \cdot 2\,H_2O$) и азотной кислоты (HNO_3):

$$Ca(NO_3)_2 + H_2SO_4 + 2\,H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2\,H_2O\downarrow + 2\,HNO_3.$$

Результаты анализа полупродуктов приведены в таблицах 2 и 3.

Таблица 2 – Элементный состав гипса (после смешивания нитрата кальция и сульфата натрия)

Элемент	Содержание, %	Элемент	Содержание, г/т
Ca	22,93	Th	< 10,00
S	18,36	U	< 10,00
P	0,45		
Fe	0,0665		
Ti	0,011		

Таблица 3 – Элементный состав гипса (после смешивания нитрата кальция и серной кислоты)

Элемент	**Содержание, %**	**Элемент**	**Содержание, г/т**
S	39,325	Th	< 10,0
Ca	27,83	U	< 10,0
P	0,00163		
Fe	0,0556		
Ti	0,0327		

Полученный после смешивания нитрата кальция и серной кислоты гипс имеет высокую степень чистоты и составляет 98%.

Таблица 4 – Содержание РЗМ в пробе осадка РЗМ

Элемент	**Y**	**Ce**	**La**	**Nd**	**Sc**
Содержание, г/т	46 320	29 100	26 900	10 790	< 100
$\Sigma_{РЗМ}$, г/т	< 134 330 ± 15 000				

Полученный концентрат РЗМ содержит 13,4% по РЗМ. Для получения концентрата с более высоким содержанием РЗМ (70 ÷ 80%) необходима его перечистка.

На основе полученных данных на рисунке 1 представлен следующий вариант переработки фосфогипса.

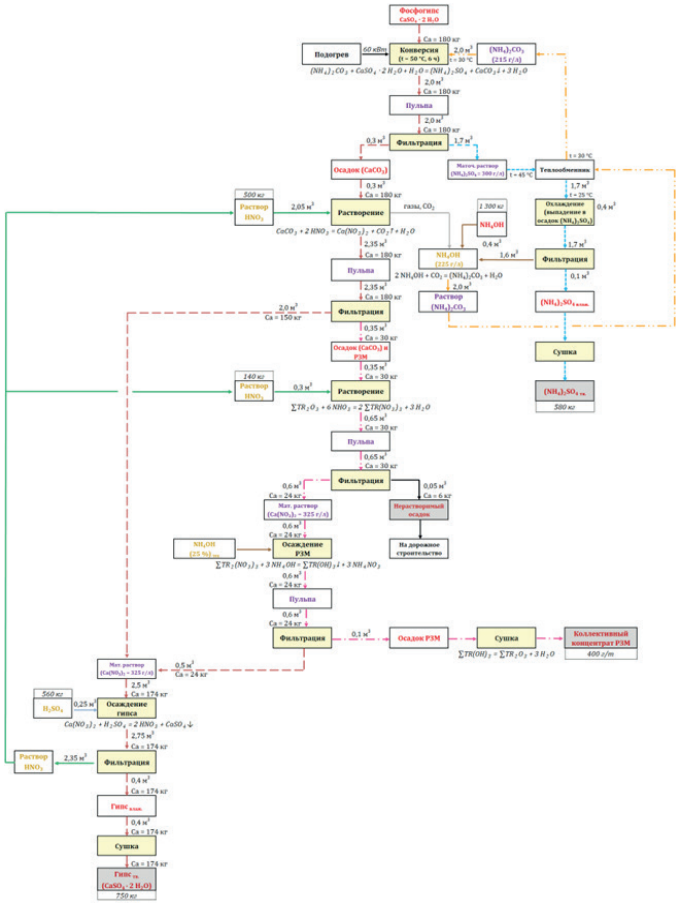


Рисунок 1 – Карбонат-аммиачная схема переработки 1 тонны фосфогипса

Представленные в докладе результаты выполненных работ позволяют создать опытно-демонстрационную установку (далее – ОДУ) переработки фосфогипса производительностью не менее 200 т в год.

Создание и испытание ОДУ позволят:

а) произвести опытные партии готовой продукции и провести дальнейшую сертификацию их качества и безопасности для потенциальных потребителей;

б) получить необходимые данные для подготовки ТЭО создания производства по переработке фосфогипса производительностью не менее 500 тыс. т в год.

PROSPECTS FOR THE USE OF CHLORINE-CONTAINING LEACHING SOLUTIONS FOR THE EXTRACTION OF ASSOCIATED USEFUL COMPONENTS FROM SPENT ORES OF URANIUM DEPOSITS

Duisebayeva T.S., Duisebayev B.O., Azhikulov A., Kulabukhova I.V.
JSC "Volkovgeologyia", Almaty, Kazakhstan

Work aimed at diversification of production through the additional extraction of associated useful components at uranium mines. The peculiarity of the work carried out is the additional processing of spent uranium mines at the existing ones using the existing production infrastructure for the extraction of associated useful components.

The technology of underground leaching is well developed for uranium deposits. The leaching of associated useful components differs from the leaching of uranium only in the reagents used, and they are fundamentally similar to the method of underground-borehole leaching. Even if there are associated components in the uranium-bearing sands with a content of less than 1 g/t, up to 0.1 g/t production can be profitable. The use of ready-made infrastructure of uranium mines on spent blocks of deposits allows us to expect positive economic profitability in the future.

Today, sodium cyanide is the main reagent in the industrial hydrometallurgical process for extracting gold from ores.

Increasing requirements for environmental protection, especially in relation to the in situ leaching method, determine the relevance of the search for less toxic reagents - gold solvents. One of these reagents can be solutions containing active chlorine, both in the form of free halogen and in the form of hypochlorites. In this work, studies have been carried out on core samples obtained during the drilling of an exploration well at the Semizbay uranium deposit.

Leaching of ores in situ, that is, by the PV method, excludes any ore preparation and imposes high environmental requirements, therefore, the use of cyanides in underground leaching is practically excluded. In the case of mining placer deposits containing large, hardly soluble in cyanides gold, the use of cyanides is also ineffective in the technological aspect.

In this regard, chlorine, iodine and bromine-containing reagents, which are environmentally safer than cyanide reagents, can be used as leaching agents. In the case of using the in situ leaching method, capital costs can be reduced by 2-4 times, therefore, the in situ leaching process can be cost effective with a higher chlorine consumption, with a duration of mining of ore deposits of several months, as well as when mining poor off-balance ores [1].

It is important to emphasize that in situ leaching of gold is carried out without cyanide, using hydrochloride technology, which makes it possible to ensure the environmental safety of the work. Potassium and sodium hypochlorite obtained by electrolysis and gaseous chlorine are used as a solvent in the Ural deposits. [2].

In work [3], the results of studies on the leaching of gold from crushed ore to a size of -12 + 0 mm are given. The use of sodium acetate as a chemical additive in leaching gold on bottle dough from crushed ore to a particle size of -12 + 0 mm increases gold recovery by ~ 4% and improves the kinetics of gold dissolution.

According to the method [4], the efficiency of leaching both gold and silver is achieved by the fact that at the first stage of gold extraction, a weak chlorine solution (0.2-0.7%) is used, having a pH> 1.8, and at the second stage, a weak solution sodium thiosulfate (0.2-0.7%), having a pH of 7.5-8.5. Oxidation and dissolution of gold thus proceeds in a weakly acidic medium at a high oxidation potential (> 1200 mV). At the same time, sulfides, oxides, carbonate minerals, feldspars, organic compounds are exposed, which contributes to both the most complete gold recovery and an increase in the filtration permeability of the formation, in particular, due to the dissolution of carbonate cement. There is also no swelling of clays, which is characteristic of the alkaline medium, which is distinguished by the cyanide method.

Simultaneously with the leaching of gold, silver is oxidized and re-precipitated in the form of chloride, which facilitates its leaching with thiosulfate at the subsequent stage of mining.

The novelty of the proposed method consists in regulating the concentration of chlorine in the solution so that pH> 3 is maintained in the evacuated solution. This ensures the purity of the productive solution from the presence of iron, aluminum, zinc, copper due to their hydrolysis and reprecipitation in the formation. The oxidation potential in this mode remains high enough and ensures the retention of gold in solution.

When leaching ore from the Tas-Yuryakh deposit under normal conditions (T = 20 ° C), with agitating the ore with chlorine water, a productive solution was obtained with pH = 6 and EMF = 1230 mV. At the same time, the degree of gold extraction was 98%. The productive solution was then treated with ammonia, as a result of which only traces of chlorine were found in it, while the pH increased and the redox potential decreased.

From productive gold-bearing solutions, gold was almost completely precipitated by cementation on zinc powder.

The method [5] includes preparing a leaching solution of hydrochloric acid and feeding it into the ore. The novelty is that immediately before feeding into the ore, the hydrochloric acid solution is neutralized by adding a solution of commercial alkaline sodium or potassium hypochlorite to it. Used sodium hypochlorite (TU-6-15-746-87) or obtained by electrolysis. A solution of sodium hypochlorite (TU-6-15-746-87) is served in an amount of 0.6 volumes with 1-4 volumes of hydrochloric acid solution.

The aim of the invention is to increase the efficiency of gold extraction, reduce the acidity of the process, ensure the selectivity of the process and eliminate the dangers associated with the preparation and use of chlorine water and the transition to arsenic solution.

This goal is achieved by the fact that gold leaching is carried out without preliminary acidification and washing of arsenic and iron with a neutral solution prepared immediately before feeding into the ore from commercial alkaline sodium hypochlorite (for example, sodium hypochlorite TU 6-15-746-87) and hydrochloric acid solution, with the following ratio of ingredients, g / l by volume.

A solution of sodium hypochlorite alkaline TU 6-15-746-87 (sodium hypochlorite 30-40) is served in an amount of 0.6 volumes with 1-4 volumes of hydrochloric acid solution.

As it was found experimentally, the decrease in the leaching efficiency with acidic chlorine chloride solutions (according to the prototype), when going into an iron solution, is due to the low redox potential of the medium: + 700-800 mV, which does not ensure the stability of complex gold ions $(AuCl_4)^-$ The decrease in efficiency is also due to the sedimentation of gold by iron.

The efficiency of leaching according to the proposed method is ensured by the fact that the neutralization of the acid solution with an alkaline solution of hypochlorite is carried out immediately before feeding into the ore. Atomic chlorine, which is released when mixing solutions and did not have time to combine into a Cl_2 molecule, is very aggressive towards gold. Excess acid is neutralized with alkali from a commercial solution of alkaline hypochlorite.

In order to increase the recovery of gold in the method [6], leaching is carried out with a solution of hydrochloric or sulfuric acid with the addition of hypochlorite at the following ratio: 0.1 n HCl + (0.02–0.1) n NaClO, prepared immediately before its injection into the ore. Preliminary acidification of ores is carried out until the level of iron concentration in the output solution decreases below 600 mg / l.

In order to increase gold recovery and eliminate the dangers associated with the preparation and use of chlorine water, the following solutions are used for leaching:

0,1n HCl + (0,02-0,10) n NaClO.

pH of the medium is 1.3-2.5, Eh = from +900 to +1300 mV.

In the claimed composition, HCl can be replaced by H_2SO_4 and other acids.

A method for extracting gold from ores, including preliminary acidification of ore with an acid solution, preparation of a leach solution and leaching with an acid solution containing active chlorine in the form of Cl_2, differs in that, in order to increase gold recovery, reduce the consumption of chemical reagents and eliminate and using chlorine water, the preparation of the leaching solution is carried out immediately before its injection into the ore, while hypochlorite is added to the acid solution at a pH of 1.3-2.5, Eh from +900 to +1300 mV.

The use of aqueous solutions of chlorine for the opening and leaching of gold (hydrochlorination) is becoming more widespread in the practice of enrichment of refractory ores and concentrates [7–13].

In [14], the leaching of the concentrate was carried out for 10 hours at a ratio of S: L = 1:10 and a current density on the electrodes of 50 A / m^2. As a result of the experiments, it was found that the rational concentration of NaCl salt in the solution is 250 g / dm^3, since a subsequent increase in its concentration to 300 g / dm^3 leads to a slight (by 1.1%) increase in gold recovery from 34.6% to 35. 7%. A flotation gold-bearing concentrate with a size class of 74 μm, containing 60–65% arsenopyrite and 52.5 g / t gold, was used as the test product.

In [15], an alternative non-cyanide method of gold leaching from oxidized ores of the Malmyzh deposit (Khabarovsk Territory) was investigated. The initial gold content in the ore is 0.8-0.95 g / t. The initial gold content in the ore is 0.8-0.95 g / t. The solution was prepared by electrolysis of a sodium chloride (NaCl) solution

with a concentration of 20 g / l with the addition of 0.1 N hydrochloric acid (HCl). The optimal conditions for obtaining a solution with the maximum concentration of active chlorine required for gold leaching have been determined. A study of gold extraction by agitation with preliminary action on the pulp by preoxidation and cavitation (ultrasound) was carried out. Analysis of samples of the liquid phase of the pulp for gold was carried out using atomic absorption spectroscopy. Direct hypochlorite leaching resulted in 23.0% gold recovery in 4 hours and 72.7% in 24 hours. After preoxidation followed by leaching with hypochlorite, gold recovery was 80.2% and 98.8% in 4 and 24 hours, respectively. After ultrasonic treatment, the yield of gold in the liquid phase of the pulp was 36.7-66.5% for 4 hours of agitation. The process of re-precipitation of the extracted gold into the solid phase and a decrease in its yield during prolonged agitation after preliminary ultrasonic treatment of both the initial hypochlorite and the pulp were revealed. Re-precipitation occurs due to the transition of the pH of the medium to the neutral region. Consequently, the process of extracting gold with a chloride-hypochlorite solution must take place in an acidic environment.

Based on the analysis of scientific sources, a chlorine-containing solution of the following composition was selected for experimental work on the leaching of associated useful components:

$Ca(ClO)_2 + HCl_{(c)}$ (hydrochloric acid with calcium hypochlorite), pH = 3.00.

Laboratory experimental work on agitational leaching was carried out on samples of core material from ores of the "Semizbay" deposit from the supra-ore, ore and sub-ore intervals.

After agitational leaching of ores, the productive solutions were analyzed to determine the concentration of associated elements by the atomic absorption method and are presented in Table 1.

Table 1 – Concentration of accompanying elements of technological solutions

No.	No. samples	Fe total, mg / dm3	Al, mg / dm³	La, mg / dm³	Sc, mg / dm³	Leaching solution concentration, g / l	Rock interval
1	AP-4-1(C)	27,79	20,74	0,063	0,00095	12	Supra-sternum interval
2	AP-5-1(C)	71,84	71,98	0,10	0,047		
3	AP-6-1(C)	514,80	50,34	0,14	0,031		
4	AP-4-2(C)	243,98	72,82	0,13	0,046	24	Ore interval
5	AP-5-2(C)	446,79	148,81	0,23	0,068		
6	AP-6-2(C)	133,79	38,48	0,077	0,021		
7	AP-4-3(C)	1,19	0,64	0,0081	0,00088	48	Breast interval
8	AP-5-3(C)	0,02	14,26	0,035	0,0013		
9	AP-6-3(C)	0,020	2,26	0,023	0,0014		

According to the data obtained, the highest yield of components into solution was achieved in the ore interval. Iron concentration - 514.80 mg / dm³, aluminum - 148.81 mg / dm³, scandium - 0.068 mg / dm³, lanthanum - 0.23 mg / dm³.

Recovery of gold (Au) in pooled technological samples.

Studies to determine the content of gold in technological samples were carried out in the laboratory "Technologies for the hydrocarbon and mining and metallurgical sectors and related service industries" of JSC "IMiO" in Almaty. Analyzes in solutions were performed according to the method (MVI reg. No. KZ 07.00.01996-2014) on a Varian AA240 atomic absorption spectrometer and the assay method was used to determine gold in core samples. The results of analyzes of technological samples for gold are presented in Tables 2 and 3.

Table 2 – The result of the chemical analysis of prefabricated core samples by the assay method for gold

No.	No. samples	Au g/t	Interval
1	A-6-1(C)	0,34	Supra-sternum
2	A-6-2(C)	0,34	Ore
3	A-6-3(C)	0,34	Breast

Table 3 – Comparison of gold recovery from ore samples at different concentrations

No.	No. samples	Au mg / dm³	Leaching solution concentration, g / l
1	A-6-1(C)	0,006	12 (Supra-sternum)
2	A-6-2(C)	0,0167	24 (Ore interval)
3	A-6-3(C)	0,046	48 (Breast spacing)

The results of X-ray phase analysis are shown in Figure 1.

In the range from 800 to 2050 nm, the decomposition spectrum exhibits pronounced fluctuations of the main peaks of uranium - U, iron-Fe, copper-Cu, manganese-Mn, zinc-Zn. Also in the decomposition spectrum there are vibrations of rare earth elements such as osmium-Os, rhenium-Re, neodymium-Nd, actinium-Ac, scandium-Sc, cesium-Ce, bismuth-Bi, etc. It is worth noting that the decomposition spectra contain spectral lines of mercury-Hg and implicit vibrations of gold-Au.

With the formation of uranium ores in chemical composition, sulfide minerals arise along with which mercury is formed, since they are genetically related in chemical nature. Mercury, in turn, forms compounds with gold in the amalgamation reaction. Therefore, the presence of implicit reflections of gold and pronounced spectra of mercury indicates the probable finding of gold.

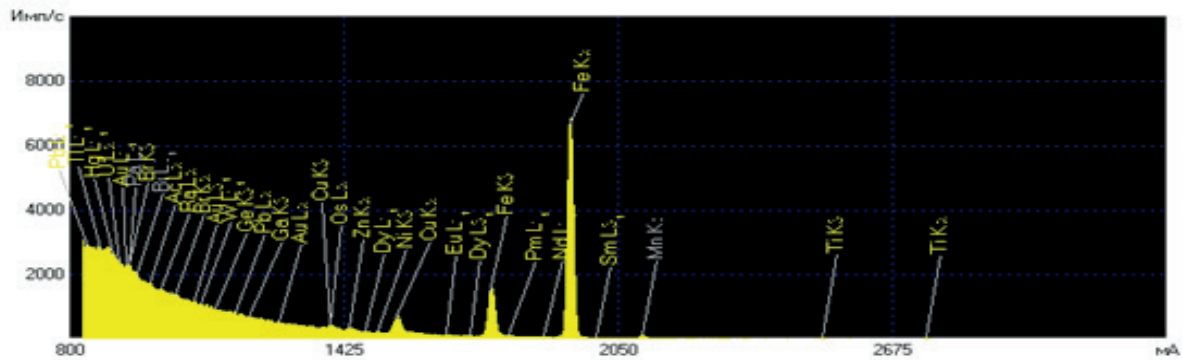


Figure 1 – Results of X-ray phase analysis of a core sample.

The Au recovery is shown in Figure 2.

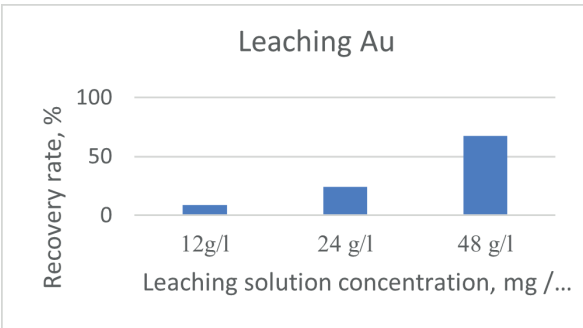


Figure 2 – The degree of extraction of Au during agitational leaching with a CaClO solution with the introduction of oxidants at various concentrations

The result obtained characterizes a solution of the composition HCl + CaClO + H_2O with a concentration of 48 g / l as more effective for Au than a solution with a concentration of 24 g / l and 12 g / l. The recovery of Au at a concentration of 48 g / l reached 67%.

The laboratory and experimental work on agitational leaching on samples of core material from ores of the Semizbay deposit of the supra-ore, ore and sub-ore intervals showed that a chlorine-containing solution of the composition Ca $(ClO)_2$+ $HCl_{(c)}$ (hydrochloric acid with calcium hypochlorite) at pH = 3.00.

The highest gold yield into solution was achieved in the under-ore interval. The gold recovery rate is 67%. The highest yield of accompanying components is observed in the ore interval. The concentration of iron - 514.80 mg / dm³, aluminum - 148.81 mg / dm³, scandium - 0.068 mg / dm³, lanthanum - 0.23 mg / dm³, which is possibly a consequence of the effect of acid treatment in the extraction of uranium.

To date, the use of the method of leaching with calcium hypochlorite in combination with hydrochloric acid has not found application in industry for the extraction of gold on an industrial scale. In this work, the experiments were carried out directly on the ore material and the result was achieved allowing the application of this method on an industrial scale.

Thus, in-situ leaching of spent uranium deposits for the extraction of associated useful components is a promising area of research.

Reference

1. Fazlullin M.I., Shatalov V.V., Gurov V.A., Avdonin G.I., Smirnova R. N., Stupin V.I. Prospects of underground borehole leaching of gold in Russia. – Non-ferrous metals. 2002, no 10.
2. Arens V.Zh. Physico-chemical geotechnologies. – M.: MGGU Publishing House, 2001.
3. Esengaraev E.K., Baimbetov B.S., Mamyachenkov S.V., Surimbaev B.N., Prozor N.G. Studying the process of gold cyanide leaching using sodium acetate at various ore sizes // Complex use of mineral raw materials (Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a = Complex Use of Mineral Resources). No. 1 (312). 2020. P. 59–68. https://doi.org/10.31643/2020/6445.08
4. Patent RU 2074958 C1, An environmentally friendly method for underground leaching of precious metals, mainly gold and silver, from ores at the site of their occurrence / Zhagin B. P., Vidusov T. E., Zabolotsky A. I.; Publ. 1996. 10. 27.
5. Patent RU 2094605 C1, A method for extracting gold from ores and an aqueous solution for leaching gold/ Blokhin N. N., Fedotov G.P., Khmelevskaya G.A., Zabelsky V.K., Avargin V.A.; Publ. 1997.10.27.
6. Patent RU 2093672 C1, Composition and method for leaching gold / Blokhin N.N., Fedotov G.P., Khmelevskaya G.A., Zabelsky V. K., Avargin V.A. /; Publ. 1997-10-20.
7. Samusev A.L., Tomskaya E.S. Modern methods of intensification of the process of leaching gold from persistent mineral raw materials // Gorny informatsionno-analiticheskiy bulletin. – 2015. – No 8. – P. 100–105.
8. Zyryanov M.N., Leonov S.B. Chloride metallurgy of gold. – M.: SP Intermet Engineering. – 1997. – 288 p.
9. Ferron C. J., Fleming C.A., Dreisinger D., O'Kane T. Chloride as an alternative to cyanide for the extraction of gold – going full curcle // SGS Minerals Services. 2003, No. 01.
10. Orozova G. T. Investigation of the process of hydrochlorination of ore waste from the Makmal deposit // Nauka, novye tekhnologii i innovatsii. – 2015. – No2. – P. 19–20.
11. Hasab M.G., Rashchi F., Raygan S. Chloride-hypochloride oxidation and leaching of refractory sulfide gold concentrate // Physicochemical Problems of Mineral Processing. 2013, vol. 49, no. 1, pp. 61–70.
12. Ghobeiti Hasab M., Rashchi F., Raygan Sh. Chloride-hypochlorite leaching and hydrochloric acid washing in multi-stages for extraction of gold from a refractory concentrate // Hydrometallurgy, 2014, vol. 142, pp. 56–59.
13. Syed S. Recovery of gold from secondary sources – A review // Hydrometallurgy, 2012, vol. 115–116, pp. 30–51.
14. Samusev A.L., Minenko V.G. Influence of chemical–electrochemical leaching parameters on gold recovery from rebellious minerals //Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. – 2016. – No. 5. – P. 301–308.
15. Prokhorov K. V., Burdonov A. E. Chloride-hypochlorite leaching of gold from oxidized ores of the Malmyzhskoye deposit // Gorny zhurnal, – 2018. – P. 62–66.

ОПЫТ АО «УМЗ» ПО РАЗРАБОТКЕ И ИСПЫТАНИЮ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БЕРИЛЛИЯ

Франц Е.В.[1], Колмаков М.Г[1]., Зорин Б.Л.[1], Кылышканов М.К.[1], Подойников М.А.[1], Ударцев С.В.[1], Вечкутов А.Н[1], Владимиров П.В.[2], Чакин В.П.[2], Гайсин Р.А.[2]
[1]АО «Ульбинский металлургический завод», г. Усть-Каменогорск, Казахстан.
[2]Технологический институт г. Карлсруэ, Германия

Аннотация

Интерметаллические соединения бериллия (бериллиды) обладают выдающимися характеристиками по жаропрочности, удельными механическими свойствами, устойчивости к окислению. По этой причине бериллиды имеют потенциал применения в ядерной и термоядерной энергетике, авиационно-космической технике, высокотемпературном приборостроении и других отраслях промышленности. Усилия по разработке и внедрению технологий в АО «УМЗ» позволили получать заготовки размером до ∅150×200 мм и изделия различной формы из них.

В настоящей статье представлена информация о результатах получения заготовок и изделий из бериллидов тантала, титана и хрома.

В АО «УМЗ» опробовали получение в промышленных условиях бинарных интерметаллических бериллийсодержащих соединений $TiBe_{12}$ и $CrBe_{12}$. Также проводились исследования по технологии получения заготовок и изделий из бериллида тантала Ta_2Be_{17}.

Интерметаллическое соединение бериллия и титана обладает плотностью 2.26 г/см3 и температурой плавления порядка 1600°С. Данное соединение с концентрацией атомов бериллия, равной 92.7% ат., может рассматриваться в качестве замедлителя/отражателя нейтронов в ядерных и термоядерных реакторах.

При разработке технологии получения изделий из данного материала были получены заготовки размером ∅150×200 мм. При этом плотность заготовок варьировалась от 2.20 до 2.23 г/см3 (от 97.3 до 98.7% от теоретической плотности). В качестве целевого изделия была выбрана шестигранная призматическая конструкция внешним размером «под ключ» 125 мм и центральным отверстием ∅80 мм блока-прототипа замедлителя нейтронов охлаждаемого гелием бланкетного модуля проектируемого термоядерного реактора DEMO.

Изображение самой заготовки и конечного изделия показано на рисунке 1. Интерметаллическое соединение $CrBe^{12}$ обладает плотностью 2.44 г/см3 и имеет температуру плавления 1337°С.

Бериллид хрома $CrBe^{12}$ может рассматриваться в качестве альтернативы бериллию в качестве замедлителя и размножителя нейтронов для ядерной и термоядерной техники, а также иметь другие области применения.

При разработке технологии получения были изготовлены плотные заготовки однородного состава CrBe12. Плотность заготовок составляла порядка 2,42 г/см3 (99,3 % от теоретической). Размер заготовок составлял ∅90×90 мм.

Одним из изделий, полученных из заготовок данного материала, является призматическая конструкция неправильной формы - трилистник, которая может служить прототипом замедлителя/отражателя нейтронов в ядерных и размножителя нейтронов термоядерных устройствах. Диаметр описывающей окружности составляет 125 мм. На рисунке 2 показана заготовка и изделие в виде призмы-трилистника.

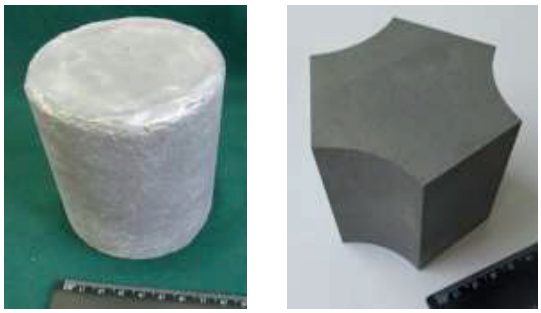
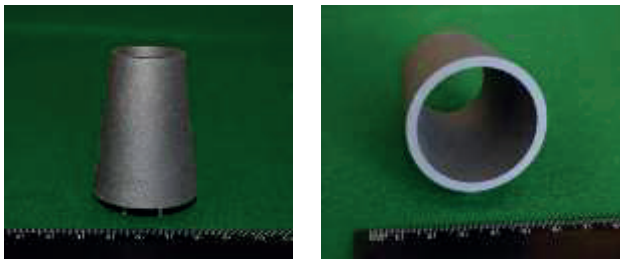


Рисунок 1 – Заготовка и готовое изделие (шестигранный блок с центральным отверстием) из бериллида титана $TiBe^{12}$



a b

Рисунок 2 – Заготовка из бериллида хрома $CrBe^{12}$ и изделие в форме трилистника

Бериллид тантала $Ta2Be^{17}$ обладает высокой температурой плавления, равной 1980°C. Работы, проведенные в АО «УМЗ», включали в себя исследование параметров синтеза исходных порошков бериллия и тантала, а также опробование различных технологических способов и режимов получения заготовок с плотностью, максимально приближенной к теоретическому значению, равному 5.05 г/см3. В результате работ были получены заготовки диаметром ∅90 мм и высотой до 90 мм. Максимальная плотность заготовок, составила 4.85 г/см3. Из полученных заготовок были изготовлены изделия, которые могут послужить прототипом для деталей, применимых в высокотемпературной технике. В частности, полые конические заготовки различного диаметра и толщины стенки с максимальным внешним диаметром 45 мм. На рисунке 3 показаны изображения некоторых изделий из бериллида тантала.

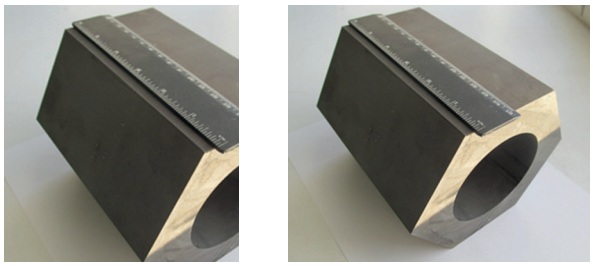


Рисунок 3 – Внешний вид изделий из бериллида тантала Ta2Be17: a) усеченный полый конус диаметром 27×37 мм толщиной стенки 3 мм; b) усеченный полый конус диаметром 35×45 мм толщиной стенки 5 мм.

Список использованных источников

1. R. Gaisina, V. Chakin, P. Vladimirov, F. Hernández, S. Udartsev, A. Vechkutov, M. Kolmakov, Industrial-scale manufacturing experience of titanium beryllide block for DEMO blanket application, Fusion Engineering and Design 161 (2020) 111862.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕРИЛЛИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.Н. Дьяченко
МИРЭА - Российский технологический университет, г. Москва, Россия

Бериллий в 1,5 раза легче алюминия и в 9 раз его твёрже, а изделия из бериллия меньше в 15 раз аналогичных изделий из алюминия. В стратегических областях применяется не более 10% произведённого бериллия. 80% бериллия идёт на производство сплавов с медью, ещё 10% - сплавы с алюминием и керамика из оксида бериллия.

Мировой рынок изделий из бериллиевых бронз составляет около 2 млрд. долларов. Всего в мире из первичного сырья производится около 300 тонн бериллия в год, с учётом рециклинга вторичного сырья – около 450 тонн в год. Только три государства в мире имеют бериллиевое производство: Казахстан, Китай и США [1].

США – основной производитель бериллия имеют долю на рынке около 70% (200 тонн) и полностью обеспечивают своё производство собственным сырьём. В 2011 году американский производитель бериллия Materion полностью обновил своё производство и запустил новый бериллиевый цех производительностью около 70 т/г. Капитальные вложения оцениваются в сумму до 100 млн. долларов, доля государственного участия – 75%.

Китай имеет долю производства бериллия около 10% (30 т/г). В 2005 году Китай полностью модернизировал своё производство и построил новый завод на производительность до 50 т/г бериллия (с учётом рециклинга). Капитальные вложения в новое производство оцениваются в 60 млн. долларов, доля государственного участия – 100%. Завод был построен компанией Fuyun Hengsheng Beryllium Industry.

Казахстан имеет долю на мировом рынке до 20%. Производство полного цикла от переработки сырья до выплавки лигатуры реализовано на Ульбинском металлургическом заводе. Основной проблемой казахстанского производства является отсутствие собственной минерально-сырьевой базы.

Технология реализованная на УМЗ основана на т.н. сернокислотном способе производства, разработанным фирмой Materion для бертрандита и усовершенствованным ВНИИХТ в 60-х годах XX века под фенакит-флюоритовое сырьё. Недостатки сернокислотного способа при переработке флюорит-фенакит-бертрандитового концентрата (ФФБК): невозможность использовать только высокофтористое сырьё; проблема утилизации фторсодержащих газов; необходимость предварительной высокотемпературной обработки 1700 °С; многостадийная очистка; невозможность коммерческого выделения флюорита [2].

Для решения этих проблем высокофтористое ермаковское сырьё шихтуют с оксидным сырьём Малышевского месторождения. В настоящее время особые проблемы возникают именно с поставками оксидного сырья.

Поскольку после распада СССР Казахстан пользовался запасами уже поставленного сырья, то и добыча нового сырья на Ермаковском месторождении была прекращена, обогатительная фабрика ликвидирована. В настоящее время добыча руды не ведётся по причине нерентабельности. Для производства 100 т/г бериллия (30% мирового рынка) необходима добыча всего около 30 000 т/г руды. Столь малое добычное предприятие не представляет интереса для бизнеса.

Основным стоп-фактором развития бериллиевого производства является разрыв бизнес-цепочки между добычным и металлургическим переделом. Производить отдельно руду (1% BeO) убыточно, производить рудный бериллиевый концентрат (1% BeO) нерентабельно.

Выгодный бизнес возможен только при полном цикле от добычи руды до производства металла. Этому способствует мировая конъюнктура цен на бериллиевую продукцию, где на каждом новом переделе цена на бериллий в продукте увеличивается многократно:

5 долл/кг - бериллий в руде;

20 долл/кг - бериллий в концентрате;

320 долл/кг - стоимость бериллия в гидроксиде;

500 долл/кг - стоимость бериллия в металле;

900 долл/кг - стоимость бериллия в бронзе.

Первый рентабельный передел: производство фтороберрилата или гидроксида бериллия.

Наиболее рациональным методом переработки высокфтористого бериллиевого сырья является фтороаммонийный способ переработки концентрата Ермаковского месторождения [3,4,5], включающий следующие стадии:

1) вскрытие бериллиевого концентрата фторидом аммония;

2) выщелачивание бериллия в раствор;
3) очистка раствора;
4) получение тетрафтороберриллата аммония (ФБА);
5) дополнительная очистка;
6) получение фторида бериллия;
7) получение металла или гидроксида бериллия.

Фторидная технология в отличие от сернокислотной позволяет перерабатывать высокофтористые руды и производить синтетический флюорит [6,7,8,9]. Технологическая схема (Рис.1) отработана в лаборатории и на полупромышленном участке.

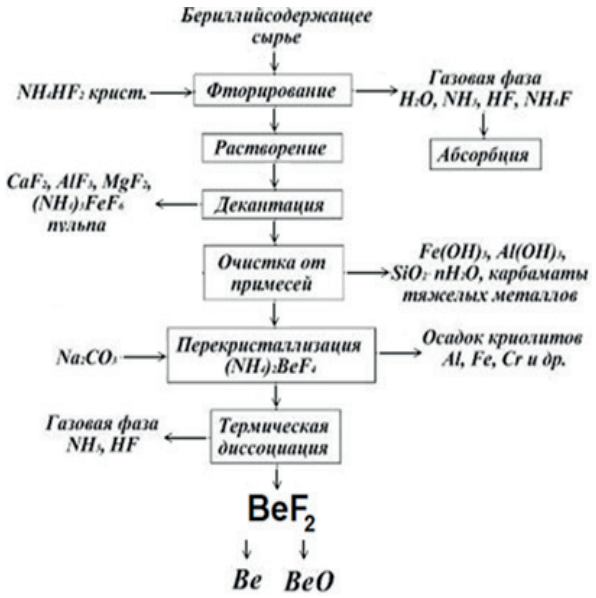


Рисунок 1 – Технологическая схема производства фтороберрилата аммония

Фтороаммонийная технология (А.Н.Дьяченко) разработанная по заказу Минпромторга России хорошо коррелирует с разработанной во ВНИИХТ (В.Е.Матясова) по заказу Минобрнауки жидкофазной фторидной технологией. В последнее время за рубежом начали активно публиковаться работы по новой фторидной технологии переработки бериллиевых концентратов, началась гонка за внедрение новой технологии в Индии и Египте [10,11].

Необходимо отметить перспективность кооперации российского бериллиевого проекта с Казатомпромом. Первичное производство фтороберрилата аммония возможно организовать в РФ на площадке ПАО «ППГХО», а производство металла и лигатуры осуществлять на АО «УМЗ» (Рис.2). Такая кооперация позволит значительно снизить капитальные затраты для российской стороны и решить проблемы первичного передела для Казахстана. Взаимовыгодное сотрудничество очевидно - остаётся договориться о цене фтороберрилата.

Рисунок 2 – Схема интеграции российского и казахстанского производства.

В итоге Россия сможет решить стратегические цели обеспечения специальных отраслей металлическим бериллием и решить проблему бериллиевого импортозамещения в гражданских отраслях промышленности (безискровой инструмент, токоразъемы, пружины). Общую бизнес-схему производительностью более 30 т/г (в пересчёте на металлический бериллий) (рис.3) можно реализовать только с привлечением международных рынков сбыта бериллиевого полупродукта (фтороберрилата аммония или гироксида).

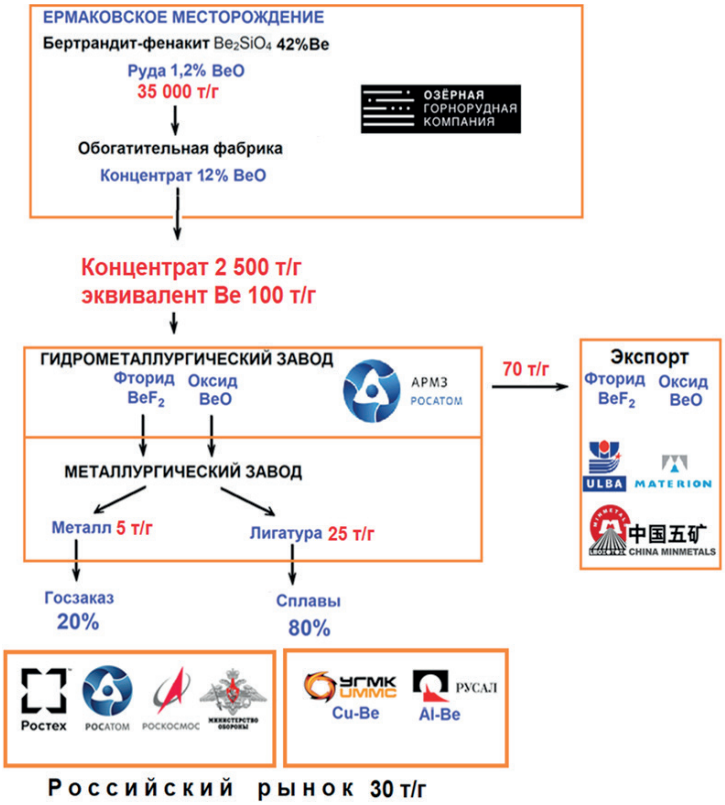


Рисунок 3 – Бизнес-схема бериллиевых переделов

Предварительный анализ прибылей и убытков (табл.1) на всём бериллиевом переделе показывает необходимость создания непрерывного бериллиевого бизнеса. Расчёты показывают, что производство только концентрата убыточно, производство фтороберрилата или гидроксида возможно организовать с прибыльностью до 15 млн. долл в год при капитальных затратах (с учётом первичной добычи и обогащения) до 60 млн. долл/год. Т.е. уже производство полупродуктов является весьма прибыльным, дальнейшие переделы ещё более экономически привлекательны.

Таблица 1 – Анализ прибылей и убытков по бериллиевым переделам.

Стадии	1	1а	2	3	4	5	6
Наименование передела	Добыча	Перевозка руды	Обогащение	Гидрометаллургия	Производство металла	Лигатура	Бронза
Предприятие	Ермаковское	РЖД	ППГХО	ППГХО	УМЗ	УМЗ	УГМК или РЕНОВА
Продукт	Руда	Руда	Концентрат	Гидроксид, фторид	Металл	Лигатура Cu-Be10	Бронза
Содержание Be, %	0,43		4,3	36	100	10	2
Объём производства, Эквивалент 100 т	35 000		2 500	280	100	1 000	5 000
Стоимость бериллия в материале, долл/кг	5		20	320	500	700	900
Стоимость продукции, экв 100 тонн в год	750 000		2 150 000	32 000 000	50 000 000	70 000 000	90 000 000 (без меди)
Прибыль, долл/год	-750 000	- 500 000	0	15 000 000	10 000 000	10 000 000	10 000 000

Несмотря на исключительную потребность в бериллии атомной и космической промышленности, невозможно создать прибыльное производство бериллия только для нужд оборонно-промышленного комплекса. Необходимо создание интегрированного производства полного цикла в том числе российско-казахстанского предприятия базирующегося на передовых технологиях и качественной рудной базе.

Выводы:

Для реализации российско-казахстанского бериллиевого проекта в концепцию необходимо заложить четыре ключевых положения:

1. Производить и продавать рудный бериллиевый концентрат нерентабельно и ведёт к полной потере РФ бериллиевого сырья.
2. Создание бериллиевого производства только для обеспечения ВПК нерентабельно. 90% бериллиевого рынка – продукция не военного назначения.
3. Промышленность должна создать комплексный полный цикл от добычи руды до выпуска медно-бериллиевой бронзы и конечных изделий (ткоразъёмных механизмов, безискрового инструмента, рессор, пружин и пр.)
4. Разработанная в РФ фтороаммонийная технология позволяет создать рентабельное производство бериллия и его полуфабрикатов с использованием в качестве сырьевой базы Ермаковское месторождение.
5. Государственные органы власти должны реализовать программу импортозамещения бериллий-содержащей продукции в машиностроении и электротехнике. Отечественную промышленность необходимо вернуть к потреблению бериллия.

Список использованных источников

1. Обзор рынка бериллия в России, СНГ и мире / ООО «ИГ «Инфомайн», 2019, 64 стр.
2. Бериллий. Технология и производство / Матясова В.Е., Москва, АО «ВНИИХТ», 2020, 320 с.
3. Способ получения металлического бериллия / Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И., Малютин Л.Н., Петлин И.В. Патент RU 2613267, 2017
4. Способ получения оксида бериллия и металлического бериллия. Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И., Малютин Л.Н., Нечаев Ю.Ю., Петлин И.В. Патент RU 2624749, 2017.
5. Способ получения металлического бериллия Дьяченко А.Н., Крайденко Р.И., Малютин Л.Н., Нечаев Ю.Ю. Патент RU 2599478. 2016
6. Fluorination of beryllium concentrates with ammonium fluorides/ A.A. Andreev, A.N. Dyachenko, R.I. Kraydenko. // Russian Journal of Applied Chemistry. 2008.V.81.№2. P.178-182.
7. The research of (NH4)2BeF4 solution purification effectiveness / Dyachenko A.N., Kraydenko R.I., Petlin I.V., Malutin L.N.// Prosedia Engineering – 2016. T.152. C.51-58.
8. Ammonium fluoride processing jf beryllium raw materials Dyachenko A., Kraydenko R., Malytin L. / IMPC 2018 - 29th International Mineral Processing Congress. - 2019. - C. 2731-2739.
9. Shevelkov A.V. Inorganic synthesis: new tendencies and new potentials. Fine Chemical Technologies. 2012;7(2):3-14.
10. Extraction equilibrium of beryllium and aluminium and recovery of beryllium from Egyptian beryl solution using CYANEX 921/ E.E. Zaki, Z.H. Ismail, J.A. Daoud, H.F. Aly. Hydrometallurgy. 2009. № 80. P. 221-231.
11. Extraction of beryllium from Indian beryl by ammonium hydrofluoride/ D.D. Thorat, B.M. Tripathi, D. Sathiyamoorthy. Hydrometallurgy. 2011. № 109.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ СОРБЦИИ УРАНА И РЕНИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

Курбанов М.А.[1], Аликулов Ш.Ш.[2], Халимов И.У.[2], Юлдашев Ш.Ш.[3]
[1]Лаборатория ЦНИЛ НГМК, Узбекистан
[2]Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан
[3]Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, Навои, Узбекистан

В работе рассмотрена совместная сорбция урана и рения из растворов подземного выщелачивания. В одном из подразделений НГМК существует технологическая схема, предусматривающая попутное извлечение рения из отрегенерированного анионита уранового производства с последующей экстракцией, электродиализом и перекристаллизацией до готовой продукции в виде перрената аммония марки АР-0.

Из мировой практики известно, что для сорбции рения применение силикагелей и минеральных сорбентов является неэффективным. Они обладают низкой механической прочностью, недостаточно селективны и имеют невысокую емкость по рению [1]. Наряду с этим имеются положительные результаты применения сорбентов на основе активированных углей, однако малая механическая прочность и невысокая емкость ограничивает их применение на практике ПВ.

Известный ученый С.Фишер одним из первых в 1952 г. использовал синтетические иониты для сорбционного извлечения. Во многих исследованиях им было испытано большое количество сильно- и слабоосновных синтетических анионитов [2]. В дальнейшем в технологии и аналитической химии рения некоторые из испытанных анионитов нашли применение. Так как количество проведенных работ по сорбции рения достаточно велико, а внедрения их в практику единичны, то в настоящем исследовании проведен анализ наиболее приемлемых работ, характеризующих общее направление исследований.

Значительная часть исследований проведена в гидрометаллургии медно-молибденового производства, где попутно извлекается рений, так как при концентрации серной кислоты до 250 г/л содержание рения в технологических растворах достигает до 1,0 г/л.

Для проведения исследований по попутному извлечению рения объектом изучения являлись технологические растворы подземного выщелачивания урана с содержанием рения менее 1,0 мг/л и концентрацией серной кислоты до 3 г/л. В мировой практике аналогичные условия не нашли промышленного внедрения ввиду того, что реализация подобных технологических схем не всегда является рентабельной.

Известно, что многие аниониты классифицируются на слабо- и сильноосновные. Ассортимент слабоосновных анионитов гораздо шире [3]. Одним из самостоятельных направлений исследований было изучение особенностей, влияющих на сорбцию рения сильноосновными анионитами.

Эффективную работу слабоосновные иониты проявляют только в узком интервале pH=2–6, в присутствии нитратов их емкость по рению сильно снижается. Вследствие этого для селективного извлечения рения из сернокислых растворов многие исследователи отдают предпочтение слабоосновным анионитам [4].

При выборе сорбента важной составляющей является то, какая анионообменная группа содержится в нем. Для большинства слабоосновных сорбентов основной базовой составляющей при сорбции рения является наличие азотсодержащей или аминогруппы [5].

В одном из подразделений НГМК существует технологическая схема, предусматривающая попутное извлечение рения из отрегенерированного анионита уранового производства с последующей экстракцией, электродиализом и перекристаллизацией до готовой продукции в виде перрената аммония марки АР-0 (рисунок 1).

Сквозное извлечение рения из растворов в существующей технологической схеме достигает в среднем до 15%. Химическая формула перрената аммония – NH4ReO4.

В процессе подземного выщелачивания рений, как и уран, переходит в раствор в виде растворимых ионов [6]. Задача извлечения и разделения рения тесно связана с формой существования ионов в растворе.

Рений может иметь любую валентность от -1 до +7, но и в растворах он присутствует, как правило, в высшей степени окисления или в виде солей [10; с. 256–261].

Состояние перренат-иона в растворах изучалось методами фотокалориметрии и спектрофотометрии. Взаимодействие ионов рения с серной кислотой представляется в следующем виде [7]:

- в растворе до 10 г/л происходит протонирование:

$ReO^{4-} + 8H3O+ = [ReO_2(H_2O)\ 4]^{3+} + 8H2O$;

- в растворах с более высокой концентрацией кислоты (до 100 г/л) предполагается образование комплексных ионов:

$ReO^{4-} + 2H+ + 2HSO4- = [ReO2(H2O)(SO42-)2]-$;

$ReO^2(OH)^{4-} + 2H^+ + 2HSO^{4-} = [ReO_2(H_2O)^4(SO_4^{2-})2]^-$;

$HReO_4 + H_2SO_4 \times 2H_2O + H_2SO_4 = H\ [ReO_2\ (SO_4^{2-})^2 \times 3H_2O]$.

Здесь можно отметить устойчивость перренат-иона и его малую склонность к комплексообразованию в растворах. Таким образом, в технологических растворах ПВ, содержащих до 100 г/л серной кислоты, рений находится в виде мономера ReO_4^-.

Используемые для сорбции урана аниониты также имеют способность сорбировать рений. Из литературы [8] известно, что по способности к поглощению рения аниониты можно расположить в ряд: АМП > АВ -17 > АВ -17х16 > АН – 21. Работ по совместной сорбции урана и рения с использованием современных анионитов в литературе не найдено.

Для сравнительной оценки сорбционных свойств некоторых современных анионитов в отношении урана и рения нами проведены исследования по совместной сорбции этих металлов из модельных сернокислых растворов состава, мг/л: рения – 10,9; урана – 17,4; железа (+3) – 100,0; сульфат-ионов – 10 000; хлорид-ионов – 1000; pH=2.

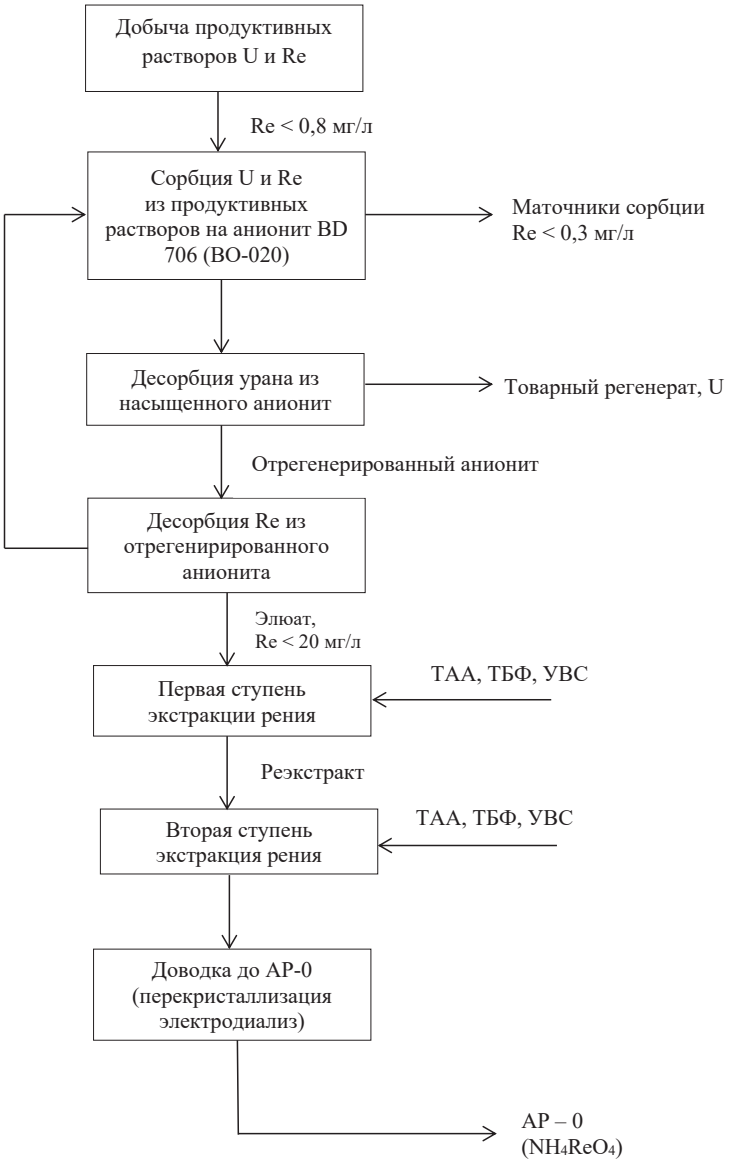


Рисунок 1 – Существующая технологическая схема попутного извлечения рения из технологических растворов уранового производства методом экстракции

Сорбцию проводили в статических условиях, в установке при перемешивании воздухом в течение 24 ч., при температуре 25 ^{0}С и в отношении $V_{СМ} : V_Р = 1 : 2500$. Результаты по совместной сорбции урана и рения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты по совместной сорбции урана и рения анионитами

Аниониты	Статическая обменная емкость (СОЕ), мг/г		Коэффициенты разделения	
	Уран	Рений	Re/U	U/Re
Сильноосновные аниониты				
Lewatit K6367	18,4	11,7	0,6	1,6
Россион - 62	21,5	11,2	0,5	1,9
Purolite A-600	18,4	13,5	0,7	1,4
Purolite A-560	33,7	11,9	0,4	2,8
B0-020	41,2	16,5	0,4	2,5
BD - 706	32,6	12,4	0,4	2,6
Слабоосновные аниониты				
Lewatit MP -62	23,8	12,7	0.5	1,9
Purolite A-170	7,5	12,2	1,6	0,6
АД-1	6,4	9,6	1,5	0,7
АМЭ-1	5,6	10,4	1,8	0,5
АН-18-8	16,2	11,3	0,7	1,4
КЭП -100	12,9	13,2	1,0	1,0
КЭП -200	2,1	14,5	6,9	0,1
RA -174	3,5	14,2	4,0	0,2

Как видно из результатов совместной сорбции, сильноосновные аниониты обладают большей обменной емкостью по урану, чем слабоосновные [9]. Лучшие результаты по совместной сорбции урана и рения получены на анионите ВО-020, где СОЕ по урану составило 41,2 мг/г и по рению – 16,5 мг/г. Из слабоосновных анионитов большей СОЕ по рению обладает КЭП-200 – 14,5 мг/г и RA-174 – 14,2 мг/г, но селективность по урану довольно низкая – 2,1 и 3,5 мг/г соответственно. Таким образом, основность функциональных групп и структура анионитов различным образом влияет на селективность ионита по рению.

Список использованных источников

1. Наумов А.В. Ритмы рения (Обзор мирового рынка) // Известия вузов. Цветная металлургия. – 2007. – № 6. – С. 36-41.
Проблемы мирового рынка рения (рус.): Информационный бюллетень МЭРТ РФ. – metaltorg.ru, 2006.
2. Палант А.А. и др. Технология рения. – М.: ООО «Таллея-Принт», 2008. – 329 с.
MinorMetals.com - Rhenium (Super Alloy Grade, Metal Grade) [Электронный ресурс] : [сайт]. URL: http://www.mmta.co.uk.
3. Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском регионе. – М.: Геоинформцентр, 2002. – С. 13–16.
4. Серебрякова М.Б. Опыт применения физико-химических методов для экспериментального определения форм нахождения металлов в подземных водах // Геохимия. – 1964. – №9. – С. 926–935.
5. Петухов О.Ф. Формы нахождения токсичных элементов в технологических растворах подземного выщелачивания // Горный вестник Узбекистана. – 2005. – №5. – С. 88–89.
6. Кременецкий А.А., Бельское А.А., Кременецкий, Н.В., Лунева, И.М. Куликова. Re-Mo-U месторождение: минералого-геохимические особенности, условия формирования, технология извлечения рения // Разведка и охрана недр. – 2011. – №6. – С. 33–41.
7. Трошкина И.Д., Шиляев А.В., Адрахманова Т.Г. и др. Рений в нетрадиционном сырье: распределение и возможность извлечения // Разведка и охрана недр. – 2011. – №6. – С. 87–90.
8. Борисова Л.В., Ермаков А.Н. Аналитическая химия рения. – М.: Химия, 1974. – 321 с.

ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Кутербеков К.А. [1], Afroze Sh. [1,2], Кабышев А.М. [1], Зейнулла Ж. [1]
[1]Евразийский институт физико-энергетических исследований и высоких технологий, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева , г. Астана, Казахстан
[2]Faculty of Integrated Technologies, University Brunei Darussalam, JalanTungku Link, Gadong, BE 1410, Brunei Darussalam

Казахстан является лидером по производству топливного урана (41% мировых поставок в 2020 году), за ним следуют Австралия (13%) и Намибия (11%).

Промышленная добыча урана в Казахстане осуществляется с помощью метода подземного скважинного выщелачивания (ПСВ) с 1998 года. Это химический способ добычи урана, где используется раствор реагента без извлечения руды на поверхность через систему скважин. Производство урана состоит из трех процессов: добыча руды, переработка до товарного десорбата (раствора) и переработка до закиси-окиси урана (ЗОУ).

Самая первая стадия уранового производства – концентрирование. Породу дробят и смешивают с водой. Тяжелые компоненты взвеси осаждаются быстрее. Если порода содержит первичные минералы урана, то они осаждаются быстро: это тяжелые минералы. Вторичные минералы урана легче, в этом случае раньше оседает тяжелая пустая порода. Впрочем, далеко не всегда она действительно пустая; в ней могут быть многие полезные элементы, в том числе и уран.

Следующая стадия – выщелачивание концентратов, перевод урана в раствор. Применяют кислотное и щелочное выщелачивание. Первое дешевле, поскольку для извлечения урана используют серную кислоту. Но если в исходном сырье, как, например, в урановой смолке, уран находится в четырехвалентном состоянии, то этот способ неприменим: четырехвалентный уран в серной кислоте практически не растворяется. В этом случае нужно либо прибегнуть к щелочному выщелачиванию, либо предварительно окислять уран до шестивалентного состояния.

В промышленности основным способом получения урана из UF_4 является его кальциетермическое или магниетермическое восстановление с выходом урана в виде слитков массой до 1,5 т. Слитки рафинируются в вакуумных печах.

Очень важным процессом в технологии урана является обогащение его изотопом ^{235}U выше естественного содержания в рудах или выделение этого изотопа в чистом виде, поскольку именно ^{235}U – основное ядерное горючее; осуществляется это методами газовой термодиффузии, центробежными и другими методами, основанными на различии масс ^{238}U и ^{235}U; в процессах разделения уран используется в виде летучего гексафторида UF_6. При получении урана высокой степени обогащения или изотопов учитываются их критические массы; наиболее удобный способ в этом случае – восстановление оксидов урана кальцием; образующийся при этом шлак CaO легко отделяется от урана растворением в кислотах. Для получения порошкообразного урана, оксида (IV), карбидов, нитридов и других тугоплавких соединений применяются методы порошковой металлургии.

Часть урана получают регенерацией отработавшего в реакторе ядерного горючего. Все операции по регенерации урана проводят дистанционно.

Обогащение урана

Урановые руды содержат обычно небольшое количество ураносодержащего минерала, так что необходимо предварительное извлечение и обогащение. Физическое разделение (гравитация, флотация, электростатика) неприменимо для урана, в дело идут методы гидрометаллургии – выщелачивание – обычный первый шаг обработки руды.

В классическом способе кислотного выщелачивания руда первоначально измельчается и обжигается для обезвоживания, удаляются углеродсодержащие фракции, сульфатируется, восстановители, которые могут быть препятствием для выщелачивания, окисляются. Затем смесь обрабатывается серной и азотной кислотами. Уран переходит в сульфат уранила, радий и другие металлы в урановой смолке оседают в виде сульфатов. С добавлением едкого натра уран осаждается в виде диураната натрия $Na_2U_2O_7.6H_2O$.

Классические методы извлечения урана из руды в настоящее время пополнены такими процедурами, как экстракция растворителями, ионным обменом, выпариванием. Во время экстракции растворителями

урановая руда удаляется из щелока от выщелачивания подкисленной породы при помощи смеси растворителей, например р-ра трибутилфосфата в керосине. В современных промышленных методах в качестве растворителей фигурируют алкил-фосфорные кислоты (например, ди(2-этилгексил)-фосфорная кислота) и вторичные и третичные алкиламины.

Как общее правило, экстракция растворителями предпочитается ионообменным методам при содержании урана в растворе после кислотного выщелачивания более 1 грамма на литр. Однако оно неприменимо для восстановления урана из карбонатных растворов.

Металлический уран получают восстановлением урановых галлогенидов (обычно тетрафторида урана) магнием в экзотермической реакции в «бомбе» – герметичном контейнере, обычно стальном, общая методика известна как «термитный процесс».

При завершении процесса обогащения урана обычно в отходах остается (0.25-0.4)% U-235, так как извлекать этот изотоп до конца экономически невыгодно (дешевле закупать большее количество сырья). В США остаточное содержание U-235 в сырье после производства возросло с 0.2531% в 1963 году до 0.30% в 70-х по причине снижения стоимости природного урана.

Разделительная способность обогатительного завода измеряется в массе переработанного вещества (МПП) за единицу времени, например МПП-кг/год или МПП-тонн/год. Выход обогащенного продукта с предприятия заданной мощности также зависит от концентрации нужного изотопа во входной породе, выходных отходах и конечном продукте. Исходное содержание полезного изотопа обычно зафиксировано природным его содержанием. Зато два остальных параметра могут меняться. Если уменьшить степень извлечения изотопа из исходного вещества, можно увеличить скорость его выхода, но платой за это будет увеличение требуемой массы сырья.

Принимая остаточную концентрацию в 0.25%, завод с производительностью 3100 МПП-кг/год произведет 15 кг 90% U-235 ежегодно из натурального урана. Если взять в качестве сырья трехпроцентный U-235 (топливо для АЭС) и концентрацию 0.7% в отходах производства, тогда достаточно мощности 886 МПП-кг/год для того же выхода.

Методы разделения. Для разделения урана в то или иное время использовались(ются) следующие технологии: электромагнитное разделение; газовая диффузия; жидкостная термодиффузия; газовое центрифугирование; аэродинамическая сепарация.

Дополнительного внимания заслуживают следующие, пока промышленно неприменяемые методы: испарение с использованием лазера; химическое разделение.

АО «Ульбинский металлургический завод» – один из признанных в мире производителей урановой, бериллиевой, танталовой и ниобиевой продукции. Предприятие входит в состав Национальной атомной компании «Казатомпром».

Работа по охране окружающей среды – одно из важнейших направлений деятельности Ульбинского металлургического завода. К решению всех экологических задач на УМЗ подходят комплексно. К тому же для выхода на мировые рынки необходимо, чтобы продукция производилась в экологически безопасных условиях и соответствовала требованиям международных стандартов экологического менеджмента.

Вводимый в действие с 1 июля 2021 года в Республике Казахстан новый Экологический кодекс вносит значительные коррективы в работу завода в направлении охраны окружающей среды. Так, в период с 2024 по 2025 годы предусмотрена выдача комплексных экологических разрешений, в противовес сегодняшней выдаче разрешения по каждому направлению отдельно. Также казахстанским компаниям, входящим в топ-50, осуществляющим 80% всех выбросов предприятий РК, предстоит комплексный технологический аудит.

Основные природоохранные мероприятия направлены на защиту воздушного бассейна от загрязнения вредными веществами. В рамках этих мероприятий в 2020 году выполнена замена 133 фильтров тонкой очистки из ткани Петрянова и 194 лавсановых фильтров на вентиляционных системах бериллиевого производства. Уровень эмиссий загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников в АО «УМЗ» не превышает установленных нормативов.

На предприятии помимо программы производственного экологического контроля разработана программа управления отходами. Так, например, демонтированное при модернизации технологических процессов оборудование уранового производства, загрязненное радиоактивными веществами, передается на переплавку. В 2020 году переработано более 113 тонн радиоактивного металла.

Работа большого предприятия, в том числе и в плане экологии, не бывает беспроблемной. В настоящее время есть актуальные вопросы, по которым идет планомерная работа. Остановимся на главных.

Один из важных проектов – это вывод из эксплуатации оборудования, содержащего полихлорированные дифенилы – ПХД-материалы (жидкости, смазки, присадки, масла в трансформаторах и конденсаторах), которые отнесены к стойким органическим загрязнителям (СОЗ). Их производство полностью прекращено во всем мире. Для скорейшего экологически безопасного обезвреживания этих веществ в 2001 году большинством стран была подписана Стокгольмская конвенция о СОЗ. Республика Казахстан, согласно соответствующему Постановлению Правительства, взяла на себя обязательства полностью обезвредить имеющиеся вещества до 2025 года. На сегодняшний день запланирована поэтапная замена порядка 2000 единиц оборудования, где применяется ПХД. Ввиду отсутствия в стране возможности по утилизации СОЗ эти опасные материалы будут отправлены на перерабатывающие предприятия за рубежом.

Водородная энергетика

Национальные программы по развитию водородных технологий и коммерциализация:

Программа «Hydrogen Posture Plan», USA;

Программа «Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project», Japan;

Программа «Европейская технологическая платформа в области водородной энергетики и топливных ячеек», Евросоюз.

Президент Касым-Жомарт Токаев (май 2021 г., совещание, вопросы развития энергетической отрасли) предложил: «В мире появляются и апробируются новые технологии генерации и хранения энергии. Учитывая скачкообразность технического прогресса, совсем скоро они могут стать реальностью. В частности, речь идет о возможном прорыве в развитии водородной энергетики. Мы должны быть готовыми к подобному сценарию. Необходимо иметь пул специалистов, способных работать с такими технологиями. Предлагаю создать Центр компетенций по новой энергетике…».

«Поручаю Министерству энергетики, НК «КазМунайГаз» определить водородную энергетику в качестве одного из приоритетов в деятельности создаваемого центра компетенции в новых технологиях. Мы продолжим активную работу по привлечению инвестиций…», – Президент РК Касым-Жомарт Токаев (Послание Президента народу Казахстана, 1 сентября 2021).

Индустриально развитые экономики мира инвестируют большие финансовые средства в технологии водородной энергетики. В апреле 2017 г. премьер-министр Японии Синдзо Абэ заявил: «Наша цель – первыми в мире построить общество, основанное на использовании водорода. К 2020 году на дорогах Японии будет около 40 тысяч автомобилей и автобусов на топливных батареях, использующих водород, а к 2030-му – до 800 тысяч».

Развитие H2-технологий в мире

Уже сегодня ряд европейских и азиатских стран стремятся активно развивать водородную энергетику с целью занять лидирующие позиции в новом перспективном направлении.

Только за 2020 год были опубликованы водородные стратегии ЕС, Германии, Франции, Бельгии, Нидерландов и Канады, дополнившие более ранние документы Японии, ЕС и Австралии. На подходе водородные дорожные карты Великобритании (на основе «10 пунктов Джонсона»), США, Испании и Италии.

В России задача по развитию водородной энергетики закреплена в актуализированной Энергетической стратегии Российской Федерации на период до 2035 года. В октябре 2020 г. правительство РФ утвердило дорожную карту по развитию водородной энергетики до 2024 года, которая направлена на увеличение производства и расширение сферы применения водорода. В 2021 г. подготовлена и принята Концепция развития водородной энергетики России.

В мае 2021 года Президент нашей страны Касым-Жомарт Токаев предложил: «В мире появляются и апробируются новые технологии генерации и хранения энергии. Учитывая скачкообразность технического прогресса, совсем скоро они могут стать реальностью. В частности, речь идет о возможном прорыве в развитии водородной энергетики. Мы должны быть готовыми к подобному сценарию. Необходимо иметь пул специалистов, способных работать с такими технологиями. Предлагаю создать Центр компетенций по новой энергетике».

Водород – низкоуглеродные технологии

В сфере производства водорода большой потенциал имеется по всем трем основным низкоуглеродным технологиям: зеленому, голубому и бирюзовому водороду.

Евросоюз опубликовал стратегию развития водородных технологий с акцентом на «зеленый» водород. Так называемый зеленый водород, который получают за счет электролиза воды с применением энергии из возобновляемых источников, считается самым чистым видом водорода.

В этом его отличие, например, от «голубого» водорода, который получают из природного газа, а при производстве побочный углекислый газ улавливается и помещается в специальные хранилища. Транспортировка «голубого» водорода возможна по существующим газопроводам, в т.ч. «Северный поток-2» и другие.

«Зеленый» водород может стать ключевым топливом «новой» энергетики, выступая накопителем избыточной энергии, генерируемой на основе ВИЭ. Такое применение «зеленого» водорода может решить проблему непостоянства выработки с помощью ВИЭ, именно в такие моменты водородные технологии способны балансировать энергосистему. Сначала используется электрическая энергия, полученная от солнца или от ветра, а когда недостаточно энергии из возобновляемых источников, используется водород.

«Голубой» водород. Производство «голубого» водорода основано на передовых технологиях с использованием природного газа в качестве исходного сырья (паровой риформинг метана). На следующем этапе происходит декарбонизация процесса путем применения технологии улавливания и хранения углерода (CCS). На данный момент это наиболее экономичная низкоуглеродная технология производства водорода со значительным потенциалом по наращиванию мощностей.

«Бирюзовый» водород. Бирюзовый водород получается из природного газа методом пиролиза. Природный газ проходит через расплавленный металл и разделяется на водород и твердый углерод, который в дальнейшем может использоваться в качестве сырья для других технологических процессов. Технология является углеродно-нейтральной.

В разработке находятся и другие технологии, а также концептуальные решения для реакторов (плазменные, каталитические и некаталитические), однако их техническая проработка не позволяет внедрить данные технологии на промышленном уровне.

Методы хранения водорода: сжижение, адсорбция в структуру металлов и сплавов, в металлогидриды; адсорбция в пористые материалы.

Важным параметром является емкость хранения H_2, которое должно удовлетворять минимальному порогу (4,5 масс. %).

Оптимально использование ультрапористого углерода, в виде аэрогелей, ввиду высокой скорости циклов сорбции-десорбции, высокой удельной площади поверхности и пористости, доступности и возможности крупномасштабного производства.

Научно-технологический задел высокого уровня:

Подготовка кадров и специалистов по альтернативной и водородной энергетике в Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева: бакалавриат – 100 чел., магистратура – 112 чел., PhD-докторантура – 12 чел.

Современная экспериментальная база: полный цикл по синтезу новых ТОТЭ и ВЭТЭМ.

Разработаны и созданы два принципиально новых испытательных стенда по топливным элементам, работающие при низких, средних и высоких температурах.

Впервые создан новый ТОТЭ – на основе синтезированных электролитов и электродов, который характеризуется удельными мощностями 1,2, 0,88 и 0,6 Вт/см^2 при температурах 900, 850 и 800 ºС, соответственно. Эти характеристики сопоставимы с лучшими мировыми достижениями.

Экспериментальная установка по исследованию низкотемпературных топливных элементов

Экспериментальная установка по исследованию средне- и высокотемпературных топливных элементов

Революция в энергетике. В настоящее время в электрических сетях происходит значительная трансформация, обусловленная быстрым ростом новых энергетических технологий:

• Сеть переходит от более статичной системы с централизованными операциями к производству и управлению электричеством к более динамичной и адаптируемой, потребители также играют роль в управлении производством и потреблением.

• В энергосистемах мира все больше предоставляется возможность потребителям, коммунальным предприятиям для производства, использования и управления энергией.

• Одной из революционных технологий, которая является частью это преобразования, является хранение энергии, которое позволяет электрическим станциям, энергосистеме, коммунальным предприятиям и потребителям хранить или отпускать электроэнергию по запросу.

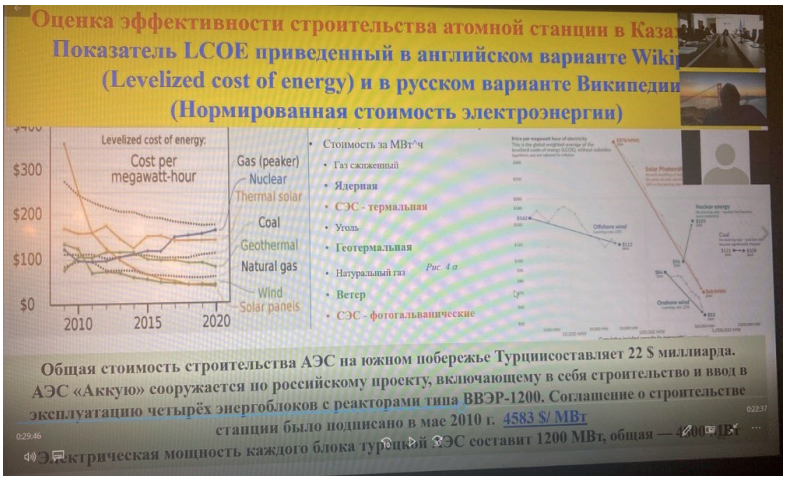
Накопители энергии, благодаря своей гибкости и способности мгновенно реагировать на сигналы оператора сети, могут предоставлять многие сетевые услуги эффективно, чем традиционные генераторы, которым требуется время для того, чтобы изменить свое производство.

Вывод по накопителям энергии

Накопление энергии в этом десятилетии будет процветать особенно как способ поддержки перебоев в использовании энергии солнца и ветра.

Фактически он уже находится на подъеме (рост на 182% кв/кв в 4 квартале 2020 года в США), и каждый новый объект становится все больше и больше.

Литий-ионная аккумуляторная батарея является лидером в настоящее время; но другие области хранения, такие как VRFBs, также имеют большой потенциал, особенно для масштабных и длительных проектов, для которых требуется энергия более 4 часов и которые могут заряжаться и разряжаться одновременно.



Синтез и аттестация исходных порошков для твердооксидных топливных элементов (ТОТЭ)

Исходные порошки выбранных материалов были получены и аттестованы с помощью рентгенофазового анализа и электронной микроскопии.

Наноразмерные порошки электролитных материалов

$Zr_{0.84}\mathbf{Y_{0.16}}O_{2-\delta}$ (YSZ),

$Zr_{0.81}\mathbf{Sc_{0.19}}O_{2-\delta}$ (ScSZ) и

$\mathbf{Ce_{0.73}Gd_{0.27}}O_{2-\delta}$ (GDC) были получены методом лазерного испарения. Порошок $\mathbf{La_{0.7}Sr_{0.3}}MnO_3$ (LSM) был получен пиролизом полимерно-солевой композиции, а порошки ферро-кобальтитов лантана стронция $\mathbf{La_{0.8}Sr_{0.2}}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF-2020) и $\mathbf{La_{0.6}Sr_{0.4}}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_{3-\delta}$ (LSCF-4020) были синтезированные методом Solution Combustion Synthesis.

Кроме того, в исследовании был использован коммерческий порошок $\mathbf{La_{0.6}Sr_{0.4}}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ (LSCF-4080) производства Kceracell Co., Ltd.

Нанопорошок NiO был получен методом электровзрыва проволоки. Показано, что все порошки, за исключением LSM, содержащего ~9 вес.% вторичной фазы, были однофазны. Также было исследовано химическое взаимодействие между LSCF и GDC при температурах 1200 и 1300 °C с выдержкой 10 ч. Формирования вторичных фаз не обнаружено.

В Казахстане, в том числе в «Казатомпроме», имеются значительные запасы редкоземельных, редких металлов, необходимых для производства материалов и комплектующих электродов ТОТЭ, а также катализаторов.

У нас имеются необходимая производственная и научная база для создания серийного производства средств хранения и доставки водорода и топливных элементов. Это можно сделать и на предприятиях «Казатомпрома».

В ЕНУ более чем 17-летний опыт развития водородной энергетики: нами впервые инициированы и выполнены ПЦФ «Развитие технологий водородной энергетики в Казахстане» (2015–2017, 2018–2020) и грантовые проекты (2011–2022) по проблемам производства, хранения водорода, высокоэффективным ТОТЭ. Нами создан научно-технологический задел высокого уровня, имеется современная экспериментальная база с установками – аналитическая аппаратура. Такого уникального специального оборудования, специалистов (молодые ученые, PhD-докторанты) не существует ни в одной организации (НИИ, университеты) Казахстана, кроме ЕНУ. Нами опубликованы обзоры, статьи в журналах с высоким импакт-фактором (Q1, Q2). Впервые создан ТОТЭ на основе синтезированных нами электродов, обладающих мощностями 1.2, 0.88, 0.6 Вт/см^2 при температурах 900, 850, 800 ºС. Эти характеристики сопоставимы с лучшими мировыми достижениями. Это служит научным заделом высокого уровня для дальнейшей реализации новых программ и их коммерциализации.

В прошлом году созданы центры компетенции по изучению водородных технологий в НК «Казмунайгаз» и открыта соответствующая лаборатория в Национальном ядерном центре. В Казахстане создан Альянс «зеленого» водорода с представителями технологических компаний Германии, Италии, Испании и Казахстана.

Хотелось бы, чтобы стратегические акценты по водородной энергетике были сделаны не только на привлечение иностранных инвесторов, но больше всего на подготовку своих научно-технических кадров, финансирование НИР казахстанских исследователей и разработчиков в области технологий водородной энергетики.

РЕНТГЕНОФАЗНЫЙ И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СВС-ПРОЦЕССА СОВМЕСТНО С ТВЧ-НАГРЕВОМ СМЕСИ AL+B_2O_3

Маликов В.Н.[1], Катасонов А.О.[1], Фадеев Д.А.[1], Ишков А.В.[2], Сагалаков А.М.[1], Дмитриев С.Ф.[1]

[1]Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия

[2]Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Как известно, в последние 3–5 лет для изготовления рабочих органов машин вместо широко применяемой стали 65Г производители все чаще используют борсодержащую сталь 30MnB5 (в основном для рабочих органов машин), а для замены этой же стали в режущих элементах (ножах) рекомендуют вольфрамсодержащую сталь 5-6ХВ2С. Вместе с тем в процессе резания в зоне высоких температур (до 620–630 ºС) на рабочих поверхностях этих материалов образуются оксиды, значительно снижающие износостойкость режущих инструментов из быстрорежущей стали. Для повышения износостойкости инструмента используют различные методы упрочнения, в том числе нанесение защитных покрытий [1].

Для упрочнения режущей кромки исследуемых деталей в современных технологиях широко используют методы нанесения различных твердых, износостойких и функциональных покрытий: газопламенная, дуговая, лазерная и плазменная наплавка, индукционная (ТВЧ) наплавка, создание биметаллических элементов на режущей кромке плакированием и пр.

Самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС) твердых химических соединений – это новый технологический процесс получения упрочняющих покрытий, основанный на проведении экзотермической химической реакции взаимодействия исходных реагентов в форме горения [1–2].

В результате этого процесса может быть получен слой с очень хорошими свойствами, такими как высокая микротвердость, хорошая износостойкость и коррозионная стойкость [3–6].

Проведение комбинированного процесса нанесения функционального покрытия на поверхности стальных деталей при совместном осуществлении СВС, ТВЧ-нагрева и развиваемого нами способа скоростного ТВЧ-борирования, как предполагается, способно обеспечить более хорошие характеристики получаемых боридных покрытий и добиться значительного повышения прочности стальной детали.

Для получения качественного результата и достаточного объема экспериментальных данных необходимо провести работы по исследованию основных характеристик СВС-процессов в модельной системе, пригодной для получения упрочняющих, преимущественно боридных покрытий (исследование условий инициирования СВС и стабильности процесса, определение скорости горения, максимальной температуры процесса, тепловой структуры волны горения, структуры и фазового состава продуктов и т.п.).

В качестве модельной системы для осуществления и исследований СВС-процессов была выбрана окислительно-восстановительная высокотемпературная реакция в системе B_2O_3 + Al. Химическое взаимодействие компонентов в указанной системе можно описать следующим стехиометрическим уравнением:

$$B_2O_3 + 2Al = 2B + Al_2O_3, \Delta Hp < 0 \qquad (1)$$

Для обезвоживания имеющийся борный ангидрид измельчался и помещался в лоток из нержавеющей стали, который закрывался крышкой с отверстиями, способной пропускать пары кристаллизационной и химически связанной воды. Лоток устанавливался в муфельную печь типа СНОЛ, нагретую до 120–150 оС, на 1–2 ч. За это время из борного ангидрида успевает выделиться вся кристаллизационная вода.

После чего температура в печи поднималась до 750–800 оС, и по ее достижении борный ангидрид выдерживался еще в течение 1–2 ч. За это время из продукта выделяется практически вся химически связанная вода.

После окончания прокаливания и остывания лоток вынимался из муфеля, где из него была извлечена полученная стеклообразная масса. Полученный продукт измельчался на щековой дробилке, а затем

перемалывался в шаровой мельнице. После просеивания был получен порошок обезвоженного борного ангидрида необходимого фракционного состава.

Для приготовления экспериментальных образцов для исследования основных параметров СВС-процессов в модельной системе использовался следующий метод: небольшое количество исходной шихты смачивают спиртом или спирто-ацетоновой смесью до кашеобразного состояния и хорошо перемешивают. Полученной влажной смесью заполнялся одноразовый инъекционный шприц на 10 мл со срезанной донной частью. Шприц помещали открытой частью на фильтровальную бумагу и постукиванием уплотняли массу, вставляли поршень и, не снимая шприц с бумаги, нагружали поршень в течение 2–3 с. Затем, приподняв шприц, аккуратно выдавливали полученный цилиндрический образец на бумагу и сушили его на воздухе до исчезновения запаха спирта. Окончательное высушивание образца происходило за 2–3 ч.

Результаты экспериментов

Продукты горения цилиндрических формованных и порошковых образцов представляют собой черный, легко крошащийся спек с размерами и формой близкими к исходному образцу. Продукты горения слабо связаны со стальной подложкой. В местах нанесения базового состава на стальных пластинах после его сгорания заметны поверхностные изменения, связанные с образованием покрытий и подплавлением основного металла.

По результатам РФА шихты были получены дифрактограммы, представленные на рисунке 1.

По рисунку1 видно, что дифрактограммы всех трех образцов совпадают, поэтому определение состава было сделано только для одного из них. Определение проводилось компьютерной программой прибора путем сопоставления наиболее интенсивных пиков и их групп со встроенной базой данных. Результаты определения состава продуктов СВС в базовой смеси при ТВЧ-нагреве представлены на рисунке 2.

Как следует из данных рисунка 2, в продуктах СВС-образцов в качестве основных компонентов присутствуют оксид алюминия, нитрид алюминия, бор (идентифицированный оператором как борид циркония), что подтверждает протекание СВС-процесса в базовом составе по уравнению реакции 1.

Следует также отметить трудности в идентификации фазового состава продуктов выбранным методом физико-химического анализа, так как основные рефлексы основных фаз совпадают. Достоверно идентифицируются только фазы: Al2O3 и AlN.

Образование значительного количества нитрида алюминия AlN объясняется протеканием при высокой температуре СВС-реакции взаимодействия части исходного алюминия с азотом воздуха по схеме:

2Al + N2 = 2AlN,

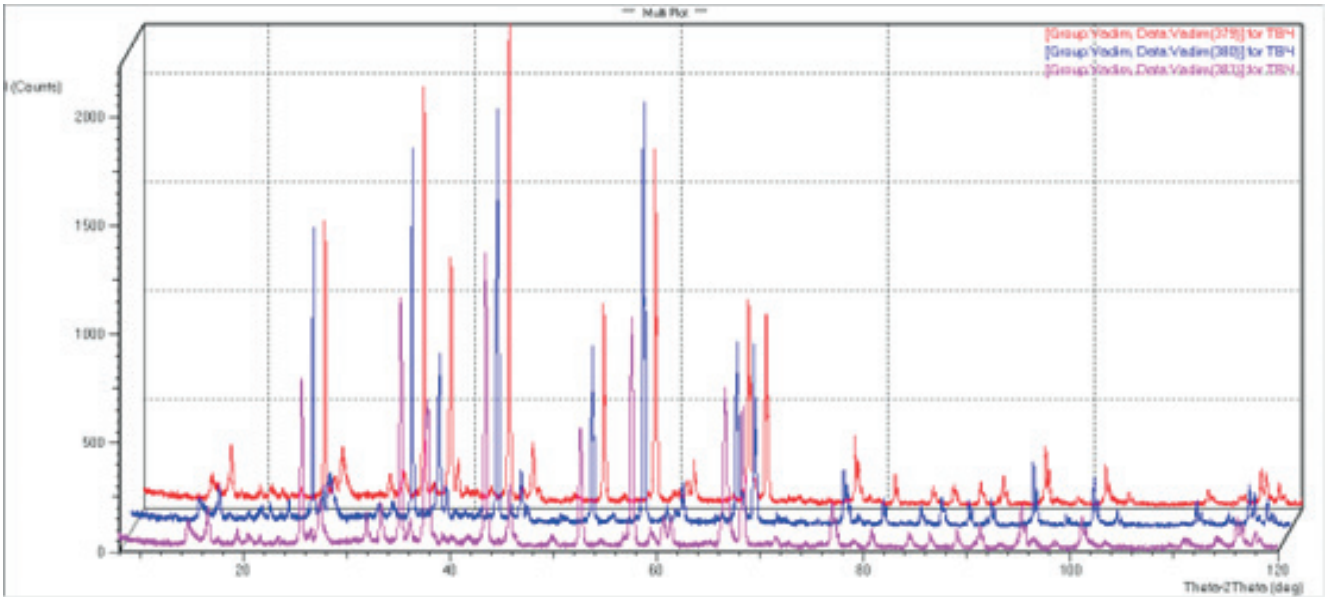


Рисунок 1 – Дифрактограммы продуктов горения образцов № 1–3.

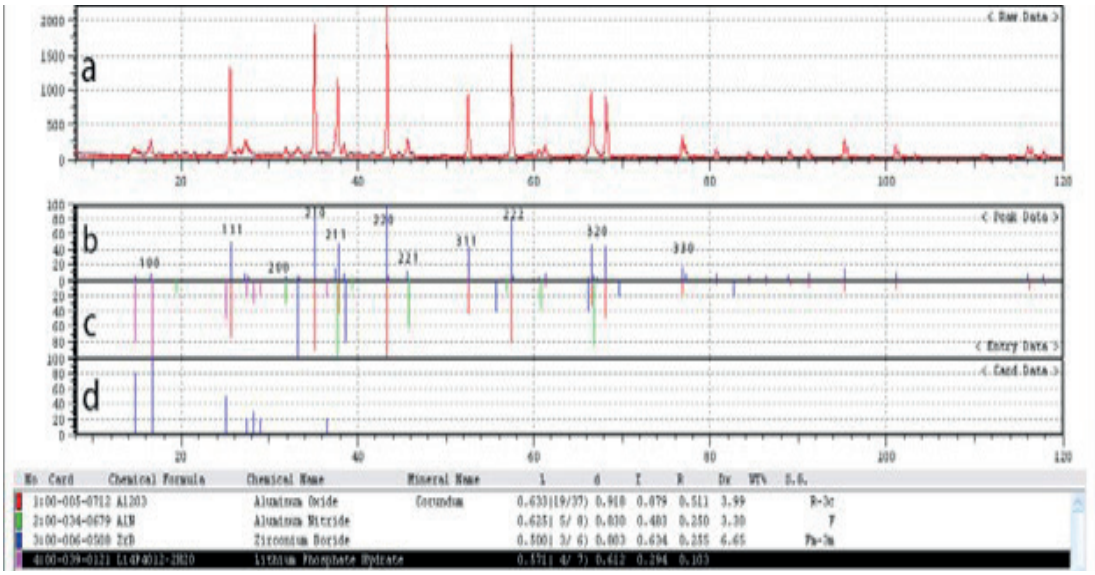


Рисунок 2 – Пример расшифровки дифрактограммы продуктов СВС образца № 1

На рисунке 2 а представлена дифрактограмма одного из исследуемых образцов (RawData) с отражением наблюдаемых рефлексов (PeakData, рисунок 2 b) и индексов Миллера. Также представлены дифракционные пики Al2O3 из базы данных ICDD (CardData, рисунок 2 d). EntryData (рисунок 2 c) отображает сравнение наблюдаемых рефлексов исследуемого образца с базой данных. Разные цвета рефлексов на графике EntryData показывают совпадение пиков с различными веществами в базе данных: Al2O3, AlN, ZrB, Li4P4O12+2H2O.

Это необходимо учитывать при расчете состава модифицированной смеси для будущей технологии нанесения покрытий, увеличивая в ней содержания алюминия.

На рисунках 3–4 приведены результаты исследования структуры покрытия, полученного при протекании СВС-процесса при ТВЧ-нагреве образца № 1, установленного на пластине из стали S355 при различных увеличениях.

Как следует из рисунка 3, при осуществлении СВС-процесса при ТВЧ-нагреве формованного цилиндрического образца № 1 из базовой смеси в месте его установки на поверхность пластины из стали S355 действительно наблюдается образование покрытия со сложной структурой переходной зоны, имеющего в своем составе несколько компонентов и обладающего пористостью. Толщина получающегося покрытия колеблется от 150 до 250 мкм.

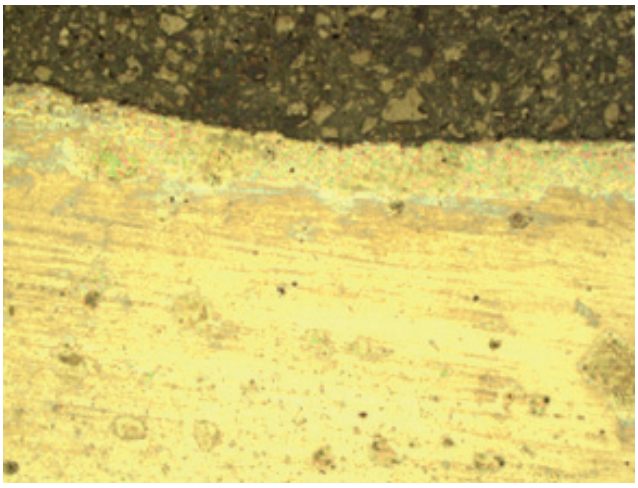


Рисунок 3 – Микроструктура покрытия, полученного на стали S355 при СВС-процессе при ТВЧ-нагреве образца № 1 (общий вид, увеличение в ×100)

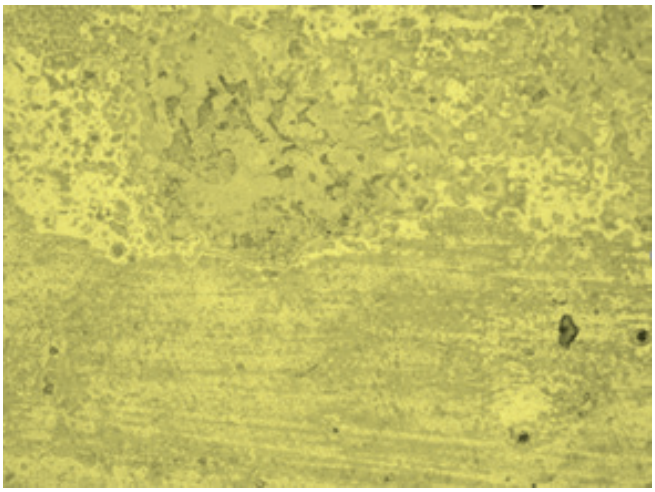


Рисунок 4 – Микроструктура покрытия, полученного на стали S355 при СВС-процессе при ТВЧ-нагреве образца № 1 (переходная зона, увеличение в ×500)

Сложная структура переходной зоны покрытие – основной металл многокомпонентность и пористость получающегося покрытия хорошо видны при большем увеличении в поляризованном свете.

Общими признаками модифицированных покрытий является подплавление их границы с основным металлом, а у немодифицированных – наличие дендритных областей (фаз) с пониженной до 500–700 HV твердостью. Основной материал на всех образцах имеет микротвердость 400–450 HV.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, можно сделать вывод о наблюдении во всех покрытиях значительного содержания алюминия, который находится в них в форме оксида. Различное содержание кремния и железа свидетельствует о прохождении поверхностных химических и металлургических процессов при осуществлении СВС-процессов при ТВЧ-нагреве образцов базовой смеси на поверхности стали S355, ликвации и перераспределении компонентов стали на поверхности.

Получение более однородных, протяженных и более твердых покрытий возможно только при модифицировании базовой смеси: увеличении содержания в ней алюминия, введении флюсов и корректировки фракционного и химического состава порошкового материала.

БЛАГОДАРНОСТИ

Экспериментальное исследование борирующих смесей проведено за счет гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых № МК-3213.2022.4. «Создание и исследование высокоэффективных композиционных упрочняющих покрытий на поверхности стальных деталей».

Список использованных источников

1. Campos I., Bautista O., Ramírez G., et al. Effect of boron paste thickness on the growth kinetics of Fe2B boride layers during the boriding process // *Appl. Surf. Sci.*, 2005, vol. 243, pp. 429–436.

2. Campos I., Palomar M., Amador A., Ganem R. and Martinez J. Evaluation of the corrosion resistance of iron boride coatings obtained by paste boriding process // *Surf. Coat. Technol.* 2006, vol. 201, pp. 2438–2442.

3. Vorob'eva G. A., Remshev E. Yu. Effect of the Parameters of Aero thermo acoustic Treatment of 40Kh Steel on the Acoustic Emission Parameters // *Russian Metallurgy*. 2016, no. 3, pp. 215–218. DOI: 10.1134/S0036029516030162.

4. Krukovich M.G., Prusakov B.A., Sizov I.G. Plasticity of Boronized Layers // *Springer Series in Materials Science*, 2016, vol. 237, ISBN 978-3-319-40012-9 (eBook).

5. Muhammad W. Boriding of high carbon high chromium cold work tool steel // *Mater. Sci. Eng.*, 2014, vol.60, pp. 1–6.

6. Calik A., Simsek M., Karakas M.S., Ucar N. Effect of boronizing on microhardness and wear resistance of steel AISI 1050 and chilled cast iron // *Met. Sci. Heat Treat.,* 2014, vol. 56, pp. 89–92.

ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ И ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Рыспанов Н.Б., Рыспанов Н.Н.
НИПИ «Казтехпроект», г. Астана, Казахстан

Сегодня на поверхности земли скопилось огромное количество техногенных минеральных образований, и количество их постоянно растет ввиду снижения содержания металлов в руде и увеличения объемов добычи вследствие этого. Так, если еще 20–30 лет назад добывали медь с содержанием от 2–3% и более, то сегодня добываем 0,3–0,5%. При этом глубина добычи постоянно увеличивается и уже перешла отметку 2 км.

Таким образом, чтобы добыть 1 тонну меди, необходимо извлечь на поверхность земли 200 т горной массы.

В Казахстане, по данным Комитета геологии МЭГПР, скопилось около 40 млрд т техногенных минеральных образований, в России, по данным Института проблем комплексного освоения недр, более 100 млрд т.

При этом, как показывают исследования химического состава этих техногенных минеральных образований, они имеют качественно другие характеристики, чем исходная руда. Мы имеем дело уже с переработанным, обогащенным сырьем. Например, в хвостах флотации сконцентрировались все металлы окисленных форм, которые не подверглись процессу флотации и ушли в отходы.

Проведенные научно-исследовательским проектным институтом «Казтехпроект» исследования хвостов флотации цинковой руды на Акжальской обогатительной фабрике показало повышенные содержания титана до 0,64 при среднем 0,56%, в то время как в исходной руде содержание окислов титана составляло всего порядка 0,06%. Окисленные формы можно перерабатывать с применением технологий выщелачивания и гидрометаллургии. Проведенные агитационные лабораторные исследования с различными реагентами и окислителями позволили довести извлечение титана в продуктивный раствор практически до 100%.

Результаты опытов по выщелачиванию цинка и титана из хвостов Акжальской ОФ

№ п/п	Выщелачивающий раствор		Твердые материалы, г		Выход кека, %	Содержание цинка, %		Извлечение цинка, %	Содержание титана, %		Извлечение титана, %
	первый	второй	Навеска руды	Кол-во полученного кека		в руде	в кеке		в руде	в кеке	
а	б	в	г	д	д:г*100	ж	з	(д*з): (г*ж)*100	к	л	м
1	Исходная руда (хвосты флотации)		30	X	X	0,406	X	X	0,529	X	X
2	Реагент1	Реагент2	30	30	100	0,406	0,171	57,8	0,529	0	**100,00**
3	NaClO -20%	X	30	29	96,67	0,406	0,298	29,1	0,529	0,503	8,08
4	NaClO3 -20%	NaOH - 100 г/л	30	27	90,00	0,406	0,286	36,4	0,529	0,68	0,00
5	NaClO3 -20%	X	30	29	96,67	0,406	0.298	29,1	0,529	0,573	0,00
6	NaClO3 -20%	шламы	30	3	10,00	0,406	0.286	29,5	0,529	0,7	0,00
7		пески		26	86,67		0,362	22,6	0,529	0,627	0,00
8	NH4Cl (7%) + NH4OH (5%)	X	30	28	93,33	0,406	0,336	22,6	0,529	0,504	11,08
9	Реагент3	X	30	4	13,33	0,406	0,096	68,4	0,529	0	**100,00**

Золошлаковые отходы (ЗШО) ТЭС

Сегодня в Казахстане накоплено порядка 500 млн т золошлаковых отходов на генерирующих мощностях. Каждый год запасы ЗШО пополняются на 10 млн т.

ЗШО представляют в реальности не отходы, а концентрат металлов, полученный в результате сжигания угля. Все металлы в зависимости от зольности угля увеличивают свое содержание в 5–10 раз.

Исследования, проведенные научно-исследовательским проектным институтом «Казтехпроект» на базе угля разреза «Богатырь» (Экибастуз), показали повышенное содержание редких, редкоземельных

и благородных металлов. Коммерческий интерес вызывают такие редкие металлы, как рубидий, цезий, титан, ванадий, галлий, скандий.

Продуктивный раствор, полученный после осаждения гидратного алюминия, подвергался оксалатному осаждению соединений редких металлов. В процессе осаждения оксалатов редких металлов в осадок выпало белое мучнистое вещество. Для разложения оксалатов редких металлов оксалат алюминия подвергся термической обработке.

В итоге был получен концентрат редких металлов.

Рисунок 1 – Концентрат редких металлов

В конечном результате при переработке золы были получены следующие конечные продукты переработки:

- алюмосиликатные сферы;
- угольный концентрат (недожог);
- магнитный концентрат черных металлов;
- гидратный концентрат черных металлов;
- глиноземный продукт;
- концентрат редких металлов;
- марганцевый концентрат;
- сырье для строительной промышленности;
- хлорид аммония.

Общераспространенные (нерудные) месторождения

Термины «нерудные месторождения» и «нерудные полезные ископаемые» являются некорректными. Если посмотреть на химический состав этой горной массы, то в ее составе можно увидеть достаточно серьезные содержания металлов. Ярким примером является минерал доломит. Его в основном используют для производства щебня и в незначительном количестве для производства доломитовой муки для дорожного строительства и как флюса в пирометаллургии. Вместе с тем анализ химического состава показывает высокое содержание магния, до 20% и выше.

Проведенные научно-исследовательским проектным институтом «Казтехпроект» исследования показали возможность получения магния из казахстанских доломитов месторождения Яны-Курганское силико-термическим методом Пинжена. В процессе обжига с последующим восстановлением ферросилициумом в вакуумной реторте был получен магний с содержанием более 98.8%.

Рисунок 2 – Формирование слоя магния на поверхности, перевернутого алундового тигля при использовании в качестве восстановителя кремния (а – перевернутый алундовый тигель над тиглем с шихтой; б – слой магния на внутренней поверхности алундового тигля; в – магниевая корка)

Результаты рентгенофазового анализа

Лаборатория металловедения
Номер темы, руководитель: Хоз.дог №05-15/15-82 от 01.09.2015г, Паничкин А.В.
Анализ проводился на дифрактометре D8 Advance (BRUKER), излучение Cu-K_α.
Заказчик: Темиргалиев С.С.

№4

Compound Name	Formula	S-Q
Magnesium	Mg	84.6
Periclase, syn	MgO	14.2
Silicon	Si	1.2

Также научно-исследовательским проектным институтом «Казтехпроект» были проведены исследования по извлечению полезных компонентов из гранодиоритов месторождения «Киндыктинское».

Как показал химический анализ, в «нерудном сырье» присутствует в существенных количествах алюминий, титан, железо, а также в определенном количестве вольфрам.

По данным полуколичественного спектрального анализа штуфных проб (12 шт.), содержания химических элементов в гранодиоритах характеризуется следующими цифрами, в %: фосфор $0{,}6\cdot10^{-1}$, марганец $3–6\cdot10^{-2}$, свинец $0{,}8\cdot10^{-3}$, титан $1{,}5\cdot10^{-1}$, мышьяк $2\cdot10^{-3}$, вольфрам $2\cdot10^{-1}$, хром $4–5\cdot10^{-3}$, никель $1{,}5–2\cdot10^{-3}$, висмут $0{,}8\cdot10^{-4}$, барий $4\cdot10^{-2}$, бериллий $15 – 20\cdot10^{-5}$, ниобий $0{,}6–0{,}8\cdot10^{-3}$, молибден $2\cdot10^{-4}$, ванадий $6\cdot10^{-3}$, литий $1\cdot10^{-3}$, медь $3–5\cdot10^{-3}$, цинк $4\cdot10^{-3}$, серебро $0{,}8\cdot10^{-5}$, кобальт $0{,}6\cdot10^{-3}$, бор $6\cdot10^{-2}$.

Экспериментируя с различными технологическими процессами, удалось с применением высокотемпературного обжига с последующим выщелачиванием концентрированной серной кислотой извлечь полезные компоненты, включая редкие тугоплавкие металлы титан и вольфрам. Результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Извлечение металлов из гранодиоритов по твердым остаткам выщелачивания огарков по данным рентгеноскопии

Извлечение металлов из гранодиоритов по твёрдым остаткам выщелачивания огарков по данным рентгеноскопии						
№ п/п	**ОПЫТ**	**Рудный материал**	**Извлечение**			
			Al2O3	**Fe2O3**	**WO3**	**TiO2**
1	Высокотемпературный обжиг с концентрированной серной кислотой	Гранодиорит	71,92	86,95	95,52	84,29

Заключение

1) Таким образом, проведенные научно-исследовательским проектным институтом «Казтехпроект» под руководством д.т.н. Рыспанова Н.Б. исследования показывают, что имеется мощная минерально-сырьевая база для производства редких, редкоземельных и благородных металлов. Необходимо активное внедрение в оборот техногенных минеральных образований (ТМО) горно-обогатительных комбинатов, металлургических предприятий, количество которых из года в год растет.

Крупной сырьевой базой являются золошлаковые отходы (ЗШО) ТЭС.

Необходимо менять и отношение, и терминологию в отношении отходов. ТМО и ЗШО представляют собой на самом деле концентраты металлов, полученные большими трудо- и энергозатратами.

Также необходимо менять отношение и терминологию в отношении «нерудных месторождений». Присутствие в составе горной массы этих месторождений металлов также определяет их как минерально-сырьевую базу для производства металлов, в том числе и редких металлов.

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ-СПУТНИКИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ БУДЕНОВСКОЕ

Умиралиева А.Т., Буркурманов Б.Ш., Ширяев В.А.
Совет ВАНЭП РК, ТОО «GlobalGeoConsult», г. Алматы, Казахстан

Урановое месторождение Буденовское является одним из крупнейших объектов пластово-инфильтрационного типа в пределах юго-западной части Шу-Сарысуйской урановорудной провинции, представляя собой естественное продолжение Мынкудук-Инкайской рудоносной зоны в южном направлении.

В водонепроницаемых породах Буденовского месторождения установлены и изучены следующие геохимические зоны:

1) неизмененных сероцветных песков;
2) уранового оруденения;
3) пластового окисления (ЗПО).

Объемы и виды опробования керна приведены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Виды анализов*	Ед. изм.	Кол-во проб	Сеть опробования, м*м
1	Минералогический анализ	проба	91	3200*100-50
2	Рентгеноспектральный анализ U	проба	366	
3	Рентгеноспектральный анализ Ta, Nb	проба	20	
4	Рентгеноспектральный анализ Re	проба	2928	
5	НАА Sc	проба	2928	
6	Рентгеноспектральный анализ Y	проба	1540	
7	Рентгеноспектральный анализ Se	проба	1540	
8	Рентгеноспектральный анализ As	проба	39	
9	Рентгеноспектральный анализ Mo	проба	42	
10	Формы Fe	проба	421	
11	Формы S	проба	421	
12	Определение U в воде	проба	124	
13	Определение Re в воде	проба	67	
14	Электронный микроскоп (ЭММА)	проба	16	
15	Дрон	проба	47	
16	Радиохимического анализа Ra	проба	366	
17	Химический редких земель (сумма) и Y	проба	421	
18	Углерода органического	проба	2928	
19	Спектральный 41 элемент	проба	4271	

**Данные анализы были проведены в советское время в Нарофоминской центральной лаборатории.*

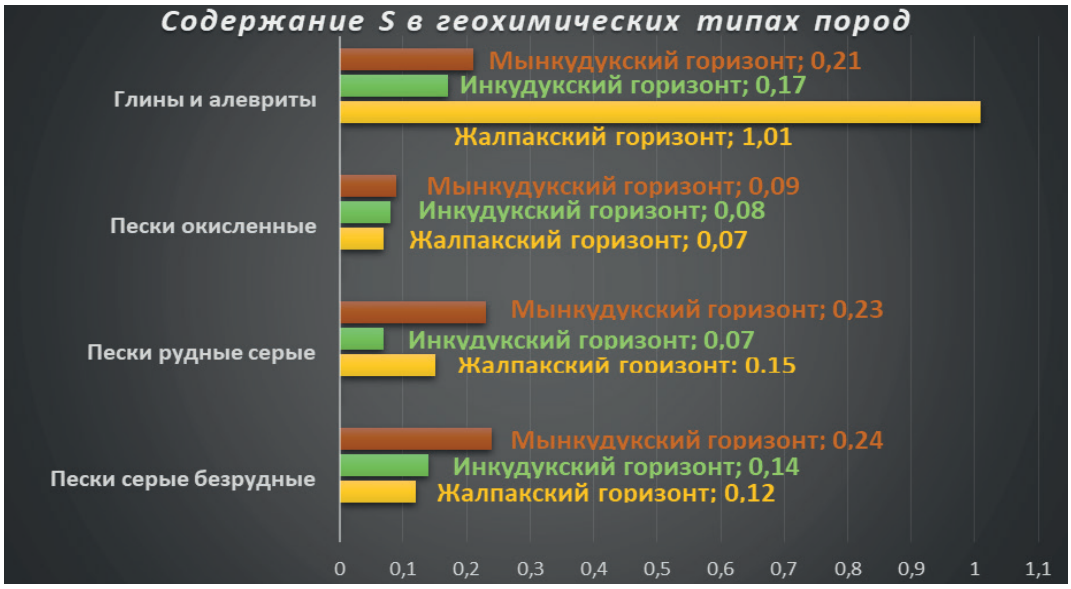
Зона уранового оруденения прослеживается извилистой полосой вдоль линии выклинивания региональной ЗПО. Основная часть урановорудных тел локализована в пределах фронтальной части ЗПО (замковая часть ролла). Урановые руды, залегающие выше и ниже окисленных песков, образуют крылья ролла. В тыловой части ЗПО встречаются рудные линзы останцовой формы, связанные с внутренней неоднородностью и различной проницаемостью отложений, слагающих продуктивный горизонт.

Характеристика элементов и соединений, прямо влияющих на свойства геохимического барьера и качества руд, приведена в таблице 2 и диаграмме 1 по селену.

Таблица 2

Геохимический тип пород	Fe^{2+}	Fe^{3+}	$Fe_{общ}$	∑Fe	S^{2-}	$C_{орг}$	CO^2
Жалпакский горизонт							
Пески серые безрудные	0,15	0,53	0,63	0,14	0,12	0,011	0,09
Пески рудные серые	0,15	0,47	0,74	0,17	0,15	0,024	0,17
Пески окисленные	0,12	0,58	0,78	0,09	0,07	0,01	-
Глины и алевриты	0,92	2,05	2,75	1,14	1,01	0,447	-
Инкудукский горизонт							
Пески серые безрудные	0,19	0,52	0,75	0,16	0,14	0,042	-
Пески рудные серые	0,17	0,58	0,8	0,1	0,07	0,02	0,51
Пески окисленные	0,13	0,55	0,73	0,12	0,08	0,011	-
Глины и алевриты	0,63	2,29	2,94	0,19	0,17	0,634	-
Мынкудукский горизонт							
Пески серые безрудные	0,26	0,85	1,33	0,28	0,24	0,027	0,09
Пески рудные серые	0,31	0,87	1,44	0,27	0,23	0,024	0,11
Пески окисленные	0,05	0,1	0,82	0,11	0,09	0,01	0,08
Глины и алевриты	1,24	2,27	2,64	0,25	0,21	0,375	-
Пермская система							
Аргиллиты красные	0,84	3,1	4,25	0,37	0,34	0,814	-

Диаграмма 1



Анализ приведенных данных показывает, что продуктивные горизонты характеризуются в одинаковой степени низким содержанием Сорг. (0,01-0,02%), причем в руде последнее превышает над окисленными песками всего в два раза. Аналогичная картина с формами железа и серы в жалпакском и инкудукском горизонтах, где окисленные, рудные и серые безрудные пески по содержанию этих элементов практически не отличаются. В этом отношении заметно выделяются мынкудукский горизонт, где содержание форм железа и серы в рудных песках по сравнению с окисленными в несколько раз выше. Из этого можно сделать два вывода:

1) слабой контрастностью геохимического барьера в жалпакском и инкудукском горизонтах можно объяснить значительную ширину, местами до 3–5 км, крыльевых частей рудных роллов;

2) ведущая роль в формировании геохимического барьера принадлежит неорганическому углероду: относительно высокие концентрации и более заметное отличие по содержанию форм железа и серы в окисленных и рудных песках мынкудукского горизонта в сочетании с незначительной шириной рудных залежей могут свидетельствовать о преобладающей роли сероводородного барьера.

Урановые руды месторождения характеризуются отсутствием устойчивых элементов-спутников. Изучение закономерностей распределения наиболее ценных с практической точки зрения элементов проведено на уровне кларковых и надкларковых содержаний.

Рений

Распределение рения в урановых рудах в целом неравномерное (таблица 3). Наибольшие концентрации (до 0,27г/т, скв 10518, рисунок 1), установлены в центральной части месторождения на участках осложнения геохимических границ.

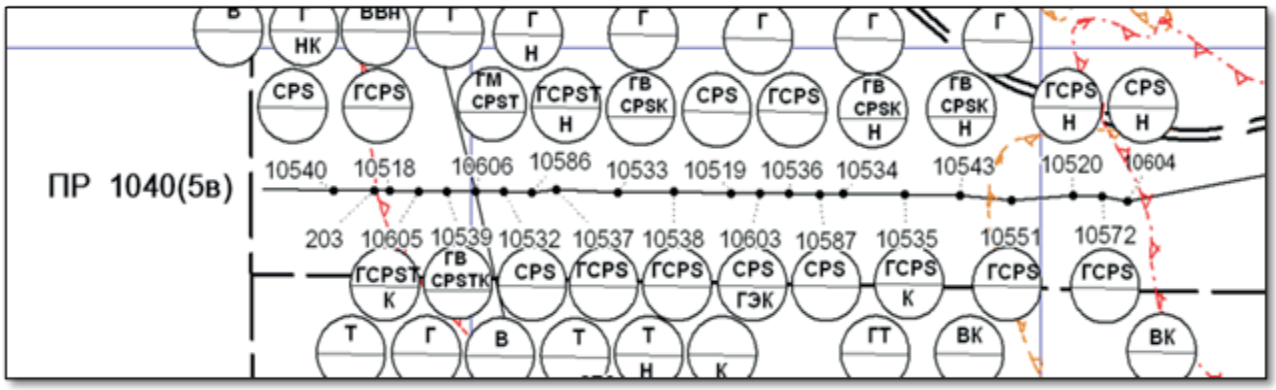


Рисунок 1 – Схема расположения разведочной скважины 10518 на профиле 1040

На участке 1 месторождения Буденовское в разведочной скважине 10 518 проведены виды опробования на грансостав и карбонатность, селен, рений и скандий.

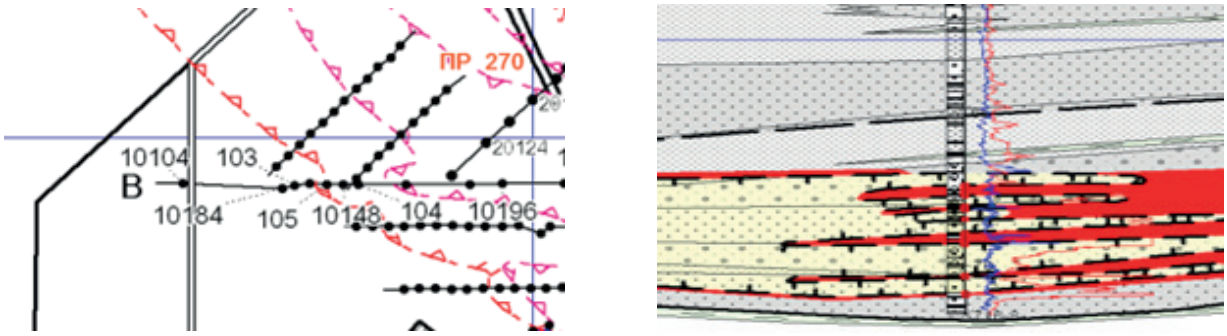


Рисунок 2 – На фактическом плане разведочная скважина 10 184 и примерный разрез

На участке 2 месторождения Буденовское в разведочной скважине 10 184 проводили несколько видов каротажей на глубине от 340 до 680 м: контрольный гамма-каротаж, контрольный электрокаротаж, каротаж нейтронного деления.

Повышенные концентрации рения образуют маломощные (до 4,00м, скв 10 184, рисунок 2) непротяженные (до 100 м) линзы, приуроченные к передовым участкам урановорудного ролла. При этом рениевые ореолы редко совмещаются с урановой рудой и чаще смещены за пределы в сторону фронтальной части потока. Урановые руды с рением представлены средне-крупнозернистыми или крупно-грубозернистыми песками (таблица 3) с горошинами или стяжениями (до 15 мм) карбонатов и сопровождаются смещением радиоактивного равновесия до 160–340%.

Самостоятельные рениевые ореолы образуют сложно построенные, многоэтажные (расположенные друг на друге) линзы. Протяженность их не превышает 200 м при мощности до 5 м (рисунок 2). Повышение содержания рения сопровождается молибденом (8,5г/т), скв 10 195), медью (до 120г/т, скв 10 192) и марганцем (до 0,8% скв 10 184), причем во всех случаях присутствуют карбонаты и реже растительный детрит.

Таблица 3

Среднестатистические значения содержания сопутствующих элементов в профиле эпигенетической зональности

Виды пород	Элементы, г/т		
	Рений	Скандий	∑РЗЭ
Жалпакский горизонт			
Пески серые безрудные	0,008	4,9	120,8
Рудные пески	0,03	4,6	142
Пески окисленные	0,00	3,1	143,3
Непроницаемые породы, глины	0,00	13,2	154,2
Инкудукский горизонт			
Пески серые безрудные	0,02	3,1	128,8
Рудные пески	0,05	3,2	137,6
Пески окисленные	0,0005	3,3	140,3
Непроницаемые породы, глины	0,027	15,7	166,3
Мынкудукский горизонт			
Пески серые безрудные	0,02	3,8	133,9
Рудные пески	0,03	3,7	147,3
Пески окисленные	0	4,6	132,8
Непроницаемые породы, глины	0,03	16,6	167,7

Концентрации рения, приуроченные к крыльевым частям (до 0,2 г/т, скв 10 584) урановорудных тел, имеют форму маломощных (до 1,75м, скв 10 585) протяженностью до 200 м линз и находятся в корелляционной связи с медью (Кк=0,44) и мышьяком (Кк=0,41), серебром (Кк=0,34), молибденом (Кк=0,37) и ванадием (Кк=0,31). В отдельных случаях повышенные концентрации рения прослеживаются до 350–400 м, пересекая их сероцветные, так и окисленные пески и сопровождаются ореолом серебра (до 2,61 г/т, скв 10 448).

Среднее содержание рения в урановых рудах на месторождении Буденовское составляет 0,04 г/т.

Скандий

Распределение скандия в урановых рудах неравномерное и определяется в основном литологическим типом пород (таблица 3). Содержание скандия в урановых рудах колеблется в узких пределах (от 3,2 г/т в инкудукском и до 4,6 г/т в жалпакском горизонте) и практически соответствует его содержаниям во вмещающих породах (от 3,1 г/т в окисленных и до 4,9 г/т в сероцветных песках жалпакского горизонта). Эпигенетические концентрации скандия возможны только для небольшой части урановых руд, в частности для руд останцового типа (до 18,7 г/т, скв 10103).

Наибольшие концентрации скандия приурочены к каолиновым корам выветривания (до 25,6 г/т, скв 10125) пермских аргиллитов.

В песках скандий тяготеет преимущественно к мелкозернистым разностям, и содержание его увеличивается пропорционально увеличению глинистой составляющей. При этом установлено отсутствие какой-либо зависимости от положения в эпигенетической зональности. Полученные данные свидетельствуют о сорбционном в основном характере скандиевых концентраций.

Среднее содержание скандия в урановых рудах Буденовского месторождения 3,4 г/т.

Редкоземельные элементы (сумма) и иттрий

Распределение РЗЭ и иттрия в урановых рудах месторождения в целом неравномерное и в известной степени зависит от литологического состава. Наибольшие концентрации (до 280 г/т, скв 10 546) установлены в центральной части месторождения в серых алевритах подзоны рассеяния урана. На разведочной скважине 10 546 провели опробования на грансостав, вещественный состав, селен, рений, скандий, калий, торий и геохимический состав. Статистические данные показывают преимущественное накопление РЗЭ в окисленных тыловых частях урановых роллов, и лишь в рудах мынкудукского горизонта совместно с ураном. При этом об эпигенетическом накоплении РЗЭ в урановых рудах можно предполагать лишь для лантана, церия, неодима и самария, содержание которых значительно превышает местный фон. При этом концентрация иттрия (до 494 г/т, скв 10 149, при среднем 29,7 г/т) составляет не более 15% от суммы РЗЭ (таблица 4).

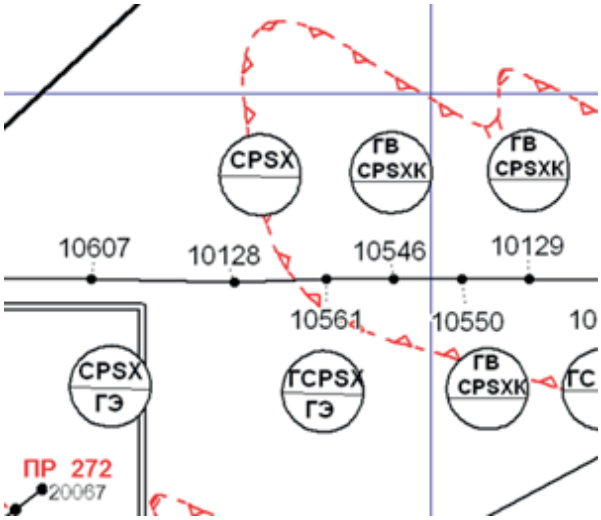


Рисунок 3 – Разведочная скважина 10 546 с видами опробования

Таблица 4

Среднестатистические содержания сопутствующих элементов в профиле эпигенетической зональности

Геохимические типы и виды пород	Элементы, г/т				
	Рений	Скандий	∑РЗЭ и Y	Итрий	Селен
Пески серые безрудные	0,02	3,7	129,9	19,9	0,003
Рудные пески	0,04	3,3	140	17,7	0,006
Пески окисленные	0,00	3,4	139,3	20,40	0,004
Алевриты и глины	0,02	15,7	161,5	34,30	0,009

Среднее содержание РЗЭ (суммы) и иттрия в рудах составляет 140г/т.

Селен

Распределение селена в урановых рудах Буденовского месторождения неравномерное. Наибольшие концентрации встречаются в окисленных оруденелых песках (до 0,102%, скв 10 103) центральной части месторождения. При относительно низких содержаниях в неизмененных породах отдельные повышения установлены в виде маломощных (до 2,7 м, скв 10 138) линз протяженностью до 200 м. При этом характерны ассоциации с серебром (до 2,6 г/т) и медью (до 0,9 г/т). В большинстве случаев в пробах обнаружен мелкокристаллический пирит, отдельные кристаллы самородного селена, умангит (Cu3Se2).

Кроме приведенных сопутствующих элементов в урановых рудах определялось содержание таких элементов, как молибден, ванадий, серебро, медь, свинец, кобальт, висмут и др. Их концентрации находятся в пределах фоновых.

Золото

С целью проверки наличия или отсутствия золота на месторождении было отобрано 18 проб из различных литологических разновидностей пород и руд в районе выклинивания ЗПО по профилям. Пробы проанализированы спектрометрическим методом с чувствительностью анализа 0,005 г/т. Знаки золота с содержанием приведены на рисунке 3.

Максимальные содержания золота 0,04–0,07 г/т приурочены к урановым рудам в слабопроницаемых алевритах в нижнем крыле и линзовидном останце среди окисленных песков. Во фронтальной части ЗПО ореолы золота встречаются как в окисленных песках с гравием (до 0,01г/т, так и в сероцветных алевритах и песках зароллoвой части (0,005–0,008г/т).

Урановые руды месторождения являются монометальными (уран). Набор элементов-спутников весьма ограничен, причем концентрации их (Re, Sc, Y, Se) очень редко достигают значимых содержаний и не устойчивы по распределению в разрезах и по латерали. Однако эти выводы следует рассматривать как предварительные из-за слабой современной изученности месторождения.

Список использованных источников

1.Аубакиров Х.Б. и др. Отчет Чулак-Курганской экспедиции № 5 за 1982–1986 гг. «Выделение перспективных площадей для поисков месторождений урана в отложениях мезозоя-кайнозоя ЮЗ части ЧСД и палеозоя хр. М. Каратау с составлением геологических карт масштаба 1:200 000». Алматы, фонды АО «Волковгеология», 1986.

2.Аубакиров Х.Б., Пятилетов В.В., Панков А.Ю. и др. Отчет о результатах поисково-оценочных работ на Буденовском месторождении за период 1988–1990 гг. с подсчетом запасов урана по состоянию на 01.01.1990 г. по геологическому заданию 5-18. Алма-Ата, фонды АО «Волковгеология»,1990.

3.Петров Н.Н., Цалюк Ю.П., Малахов А.А., Хасанов Э.Г. и др. Отчет по глубинному геологическому картированию мезозойско-кайнозойского чехла Чу-Сарысуйской депрессии в масштабе 1:200 000. Листы L-42-XXII, XXVIII, XXXII(124), XXXIII, XXXIV, K-42-III, IV(7.8). 1996-2001 гг. Алматы, фонды АО »Воковгеология», 2002.

4.Черняков В.М., Кашафутдинов И.В., Нестеров Г.П. и др. Отчет «Специализированное глубинное геологическое картирование мезозойско-кайнозойского чехла в масштабе 1:25000 (СГГК-25) в пределах Южного фланга месторождения Буденновское (лист L-42-XXVI)» по договорам № 104, 105, 106, 107 от 03.10.2006 г. с ТОО «Каратау», Алматы, 2007.

5.Черняков В.М., Нестеров Г.П., Емашов А.А., Кашафутдинов И.В. и др. Отчет о результатах детальной разведки участка 2 месторождения Буденовское с подсчетом запасов урана по состоянию на 01.01.2008 г. Договор № 54-2008 от 25.01.2008 г. с ТОО «Каратау», Алматы, 2008.

6.Шепелев С.А., Савченко В.А., Сергиенко С.В. и др. Отчет экспедиции № 7 по геол. заданию 7-18 о результатах поисковых работ масштаба 1:20 000 в пределах Северного фланга Буденовского уранового месторождения за период 1987–90 гг., Алматы, фонды АО «Волковгеология», 1990г.

СИНТЕЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ НАНОСОРБЕНТОВ ИЗ ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ

Садиева Х.Р.[1], Алпысбаева Ж.Т.[2], Кожамжарова Л.С.[3], Атенов Е.[1]
[1]Таразский региональный университет имени М. Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан
[2]НИПИ «Казтехпроект», г. Астана, Казахстан
[3]университет Есенова, г. Актау, Казахстан

Резюме

Разработан экономичный и экологичный метод получения переходных и редких элементов для синтеза цинксодержащих наносорбентов.

Синтезированные реагенты представляют собой тонкодисперсные наносорбенты с самовыраженнной структурой. Хроматографический анализ полученных образцов проведен на газовом хроматографе AutoSystem LX «Perkin-Elmer». Абсорбция свободного атома углерода на поверхности выделенных соединений проводилась методом «CN-CVD-100» в углеродной нанотрубке.

Экспериментальным путем доказано, что синтезированный цинксодержащий наносорбент снижает содержание парафинов в нефтепродуктах, а также может быть использован для очистки жидких отходов химической, нефтегазовой промышленности и для сточных вод.

Введение

По запасам и качеству фосфориты Каратау занимают лидирующие позиции в мире. Содержание фосфорного ангидрида (P_2O_5) составляет 27-37%. Однако, содержащиеся в нерегулярных рудах Каратауского месторождения, во-первых, вредные примеси и во-вторых, магний в виде доломитового соединения, очень затрудняют процесс прямой переработки этих руд в фосфорную кислоту методом экстракции. Изучив химический состав фосфоритного сырья, был разработан новый метод выделения переходных и редких элементов.

Наряду с традиционными методами синтеза цинксодержащих наносорбентов, используются дорогостоящие установки, требующие регулярную настройку и специальные условия: высокое давление и высокая температура, токсичные и вредные химикаты. Как известно, высокое потребление электроэнергии для синтеза и выброс токсичных соединений наносят урон природе и здоровью человека [1-4]. На сегодняшний день, ученые стараются использовать экологически чистые технологии. К таковым относятся технологии на основе фосфатного сырья или других отходов фосфорных производства, растворов с применением гидротермальных, микроволновых, а также химических и низкотемпературных процессов.

На основании полученных результатов исследования, разработана технология выделения цинксодержащего элемента из состава фосфоритного сырья. Предложена методика использования выделенных редкоземельных и переходных элементов для получения нанокатализаторов.

Обсуждение результатов

Разложение фосфоритов в азотной и соляной кислоте Фосфоритная мука Кокжонской, Коксуской руд стандартного помола с влажностью 0,1-0,3% по физико-химическим свойствам имеет объемную массу (т/м^3): влажность до 1,6%, после длительного хранения на складе становится 1,8-2,0%; 1,1-1,2 на ленточном транспортере, 1,45-1,5 на вновь наваленных вагонах, перевозятся по железной дороге. Сухая фосфоритная мука Кокжонской, Коксуской руд очень скользкая, разливается под углом 15-20º и растекается, как жидкость. Увлажненная до 0,75-1,5% мука теряет текучесть. Загрязнение фосфоритов Каратау доломитом, доломитированным известняком и магнезиальными силикатами создает характерную особенность их переработки в готовую продукцию [5-7]. Разложение фосфоритов серной кислотой в присутствии магниевых соединений происходит в три этапа:

- Первый этап завершается образованием растворов H_3PO_4 и $MgSO_4$. Другие компоненты испаряются или выпадают в осадок.
- Второй этап - происходит образование мономагнийфосфата. Превращение сульфата магния в хорошо растворимый мономагнийфосфат является главной особенностью распада фосфоритов.
- Третий этап заключается в разложении остаточного апатита фосфорной кислоты в присутствии мономагниевого фосфата.

На третьей стадии реакции с увеличением степени нейтрализации оксида магния фосфорной кислоты сильно уменьшается разложение фосфата. В связи с этим, наиболее предпочтительной является переработка фосфоритов Каратау P_2O_5 с содержанием 6-8% - MgO в нитрат кальция или в хлорид кальция.

При производстве комплексных удобрений, природные фосфаты могут обрабатываться азотной или соляной кислотой. В этих случаях труднорастворимые соединения в фосфорной руде или концентрате переходят в менее растворимые формы. Мы рассмотрели разложение фосфоритов Каратау (Кокжонская, Коксуская руды) в смесях соляной и азотной кислот (1:1) при температуре 85-90ºС с интенсивным

перемешиванием в течение 30 минут. После разложение, фосфориты фильтруют и разделяют твердую фазу. Берется колба емкостью 250 мл, в которую заливается 5,0 мл жидкого концентрата фосфорита, доводится до метки дистиллированной водой. Из этого раствора получают аликвот и далее определяют массовую долю (%) P_2O_5, оксидов кальция и магния (табл.1).

Таблица 1 – Химический состав фосфоритов Каратау

№ пробы	Массовая доля оксидов, %					
	P_2O_5	CaO	MgO	Al_2O_3	Fe_2O_3	ионы F
Разложение Каратауских фосфоритов в смеси $HCl:HNO_3$ (1:1)	**23,53**	24,5	3,29	0,7007	1,165	2,29
Разложение Каратауских фосфоритов в смеси $HCl:HNO_3$ (3:1)	**24,98**	28,7	3,55	0,7772	1,194	2,035

Рассмотрим процесс выделения редкоземельных элементов (РЗЭ) из фосфоритного концентрата: первоначально, из жидких фаз отбирают две различные пробы (разложенный фосфорит 2 н азотной кислотой и разложенный фосфорит 2 н соляной кислотой), в колбу наливают концентрат, который разбавляют дистиллированной водой, тщательно перемешивая, далее, из этого раствора получают аликвот и исследуют на приборе Agilent 4200 MP – AES атомно-эмиссионным спектроскопическим методом.

Исследование жидких концентратов из фосфоритного сырья Прибор Agilent 4200 MP-AES оснащен программой MPExpert с интерфейсом для управления и обработки данных. Результаты атомно-эмиссионного спектроскопического анализа фосфоритного концентрата представлены в таблицах 2,3 [8,9].

Таблица 2 – Определение переходных элементов в составе фосфоритов Каратау

Проба	Размер элемента (нм)	Концентрация	SD	%RSD
фосфорит	Se (196,026 nm)	0,38	0,11	27,74
1	Zn (213,857 nm)	0,05	0,00	5,07
2	Cd(228,802 nm)	0,02	0,00	19,50
3	Sr (407,771 nm)	0,25	0,00	1,05
4	Ba (455,403 nm)	0,12	0,00	0,74
5	Cu(324,754 nm)	0,01	0,00	0,38
6	Ni (352,454 nm)	0,00	0,00	73,51
7	As (193,695 nm)	0,84 u	1,10	> 100,00
8	Co(340,512 nm)	0,00 u	0,00	> 100,00
9	Pb (405,781 nm)	0,06	0,00	3,14
10	K (766,491 nm)	0,14	0,00	1,43
11	Mo(379,825 nm)	0,01	0,00	1,36
12	Mn(403,076 nm)	0,15	0,00	1,32
13	Cr (425,433 nm)	0,04	0,00	0,97
14	Al (396,152 nm)	1,66	0,03	1,70

Таблица 3 – Определение редкоземельных элементов в фосфоритах Каратау

№ проб	**Y**	**Yb**	**La**	**Ce**	**Gd**	**Nd**	**Sm**	**Eu**	**Tb**	**Dy**	**Ho**	**Er**	**Lu**	**Tm**	**Pr**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**
	10^{-3}	**10^{-4}**	**10^{-3}**	**10^{-3}**	**10^{-3}**	**10^{-2}**	**10^{-2}**	**10^{-3}**	**10^{-3}**	**10^{-2}**	**10^{-3}**	**10^{-2}**	**10^{-3}**	**10^{-5}**	**10^{-2}**
1	**7**	**3**	**3**	**5**	**<2**	**<5**	**<1**	**<1**	**<5**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**5**	**<2**
2	**10**	**7**	**15**	**30**	**<2**	**<5**	**<1**	**<1**	**<5**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**10**	**<2**
3	**15**	**7**	**15**	**25**	**<2**	**<5**	**<1**	**<1**	**<5**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**10**	**<2**
4	**0,1**	**0,05**	**0,5**	**1**	**<2**	**<0,04**	**<1**	**<1**	**<5**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**7**	**<2**
5	**0,2**	**0,07**	**0,4**	**0,5**	**<2**	**0,04**	**<1**	**<1**	**<5**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**15**	**<2**
6	**0,1**	**0,07**	**0,3**	**0,5**	**<2**	**0,05**	**<1**	**<1**	**<5**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**7**	**<2**

7	**0,01**	**<0,005**	**0,025**	**0,05**	**>2**	**<0,04**	**>1**	**>1**	**>5**	**>1**	**>1**	**>1**	**>1**	**>1**	**>2**
8	**0,01**	**<0,005**	**0,025**	**0,07**	**>2**	**<0,04**	**>1**	**>1**	**>5**	**>1**	**>1**	**>1**	**>1**	**>1**	**>2**

Исследование состава таблеток, изготовленных на основе фосфоритного сырья, разложенного в азотной и соляной кислоте,обогащенных $ZnSO_4$ спектральным методом

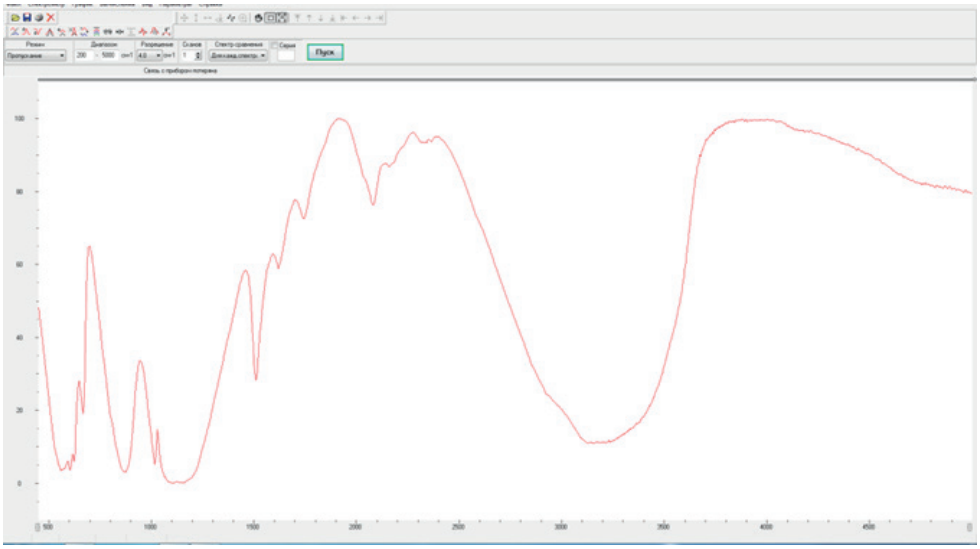


Рисунок 1 – ИК-спектр образцов вторичных концентратов фосфоритов Каратау разложенных азотной кислотой

Слабо выраженные полосы на рисунке 1 характерны для фосфорной кислоты с частотой 2395 см$^{-1}$, умеренно выраженные полосы характерны для нитратных ионов с частотами 667 см$^{-1}$, 875 см$^{-1}$. Слабая полоса соответствует силикатному иону с частотами 593 см$^{-1}$, интенсивная полоса соответствует фосфатным ионам с частотами 945 см$^{-1}$, 1018 см$^{-1}$, слабая полоса соответствует сульфатному Иону с частотами 605 см$^{-1}$, средняя полоса соответствует хлориду магния с частотами 700 см$^{-1}$, средняя полоса соответствует хлориду кальция с частотами 2160 см$^{-1}$, а средняя полоса соответствует хлориду цинка с частотами 1631 см$^{-1}$. Путем прессования фосфоритного сырья, разложенного в азотной и соляной кислоте, обогащенных раствором $ZnSO_4$ получили таблетки (рис.2), которые были исследованы растровым электронно-микроскопическим методом.

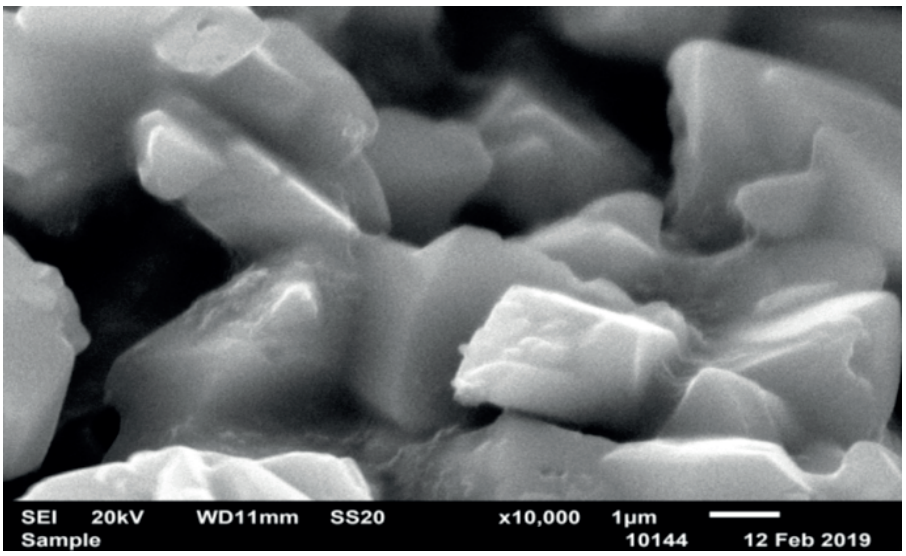


Рисунок 2 – Микроструктура, пробы фосфоритного сырья, разложенного в соляной кислоте и обогащенного раствором сульфата цинка, снятая растровым электронным микроскопом с увеличением в 10 000 раз

В таблице 4 представлен рентгентофазный состав выделенного концентрата разложенного в соляной кислоте и обогащенного раствором сульфата цинка рентгентофазным методом при исследовании под растровым электронным микроскопом.

Таблица 4 – Результаты исследования пробы фосфоритного сырья

Спектры	O	Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ca	Zn	Всего
Спектр 1	42,97	0,21	0,10	0,14	0,30	17,62	0,74	0,12	37,81	100,00
Спектр 2	43,46	0,22	0,06	0,15	0,30	17,84	0,72	0,17	37,07	100,00
Спектр 3	43,74	0,16	0,14	0,19	0,34	17,80	0,46	0,46	36,70	100,00
Среднее арифметическое	43,39	0,20	0,10	0,16	0,31	17,75	0,64	0,25	37,19	100,00

Абсорбция свободного атома углерода на поверхности выделенных соединений проводилась методом «CN-CVD-100» в углеродной нанотрубки компании «ULVAC JAPAN, Ltd». Это устройство предназначено для наращивания углеродной нанотрубки, в котором исследуемые соединения или вещества помещаются в металлическую подстилку (металлическую подложку) объемом 1 см^2 в виде таблеток (табл.5).

В ходе исследования, фосфоритное сырье и выделенные соединения анализировались спектрофотометрическим, атомно-эмиссионным, рентгенфазным методами, микроструктура исследовалась с помощью растрового электронного микроскопа.

Таблица 5 – Результаты исследования пробы фосфоритного сырья рентгенфазным методом с нанесением углеродной нанотрубки методом «CN-CVD-100»

Спектры проб №1	C	O	Al	Si	P	S	Ca	Zn	Всего
Спектр 1	13,32	36,67	0,08	0,07	0,25	15,10	0,71	33,80	100,00
Спектр 2	14,69	36,84	0,05	0,11	0,23	14,83	0,23	33,03	100,00
Спектр 3	13,52	37,07	0,06	0,09	0,29	15,04	0,25	33,68	100,00
Среднее арифметическое	13,84	36,86	0,06	0,09	0,26	14,99	0,40	33,50	100,00

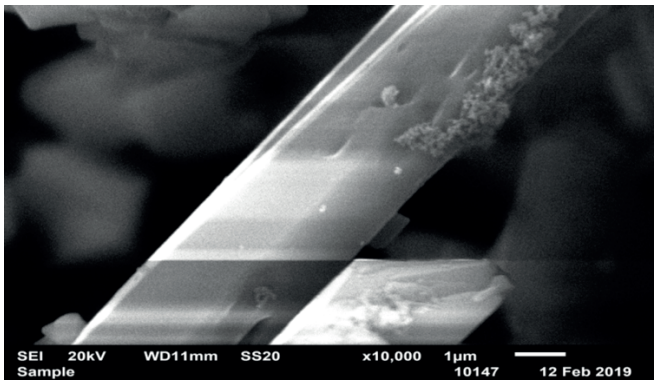


Рисунок 3 – Микроструктура пробы фосфоритного сырья снятая растровым электронным микроскопом с увеличением в 10 000 раз

Для исследования состава нанотрубки был использован ИК-спектральный метод.

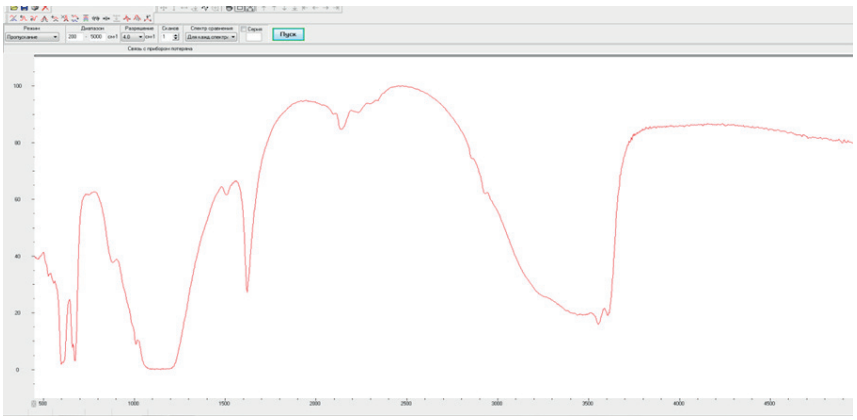


Рисунок 4 – ИК-спектр образцов пробы фосфоритного сырья

Слабо выраженные полосы на рисунке 4 характерны для фосфорной кислоты с частотой 2454 см$^{-1}$, умеренно выраженные полосы характерны для сульфатных ионов с частотой 643 см$^{-1}$. Слабая полоса с частотами 500 см$^{-1}$, 782 см$^{-1}$ соответствует силикатному иону, слабая полоса с частотами 1018 см$^{-1}$, 1053 см$^{-1}$ соответствует фосфатным ионам, слабая полоса с частотами 605 см$^{-1}$ соответствует сульфатному иону, слабая полоса с частотами 776 см$^{-1}$ соответствует хлориду железа, слабая полоса с частотами 2454 см$^{-1}$ соответствует хлориду кальция, а средняя полоса с частотами 1504 см$^{-1}$ соответствует хлориду цинка, средняя полоса с частотами 2044 см$^{-1}$, 2563 см$^{-1}$ соответствует углероду.

Таблица 6 – Результаты исследования методом «CN-CVD-100» углеродной нанотрубки на поверхности соединений, выделенных из пробы фосфоритного сырья, разложенных в азотной кислоте и обогащенных раствором сульфата цинка

Спектры проб №2	C	O	Al	Si	P	S	Ca	Fe	Zn	Всего
Спектр 1	13,61	39,10	0,07	0,20	1,60	16,56	15,85	0,60	12,40	100,00
Спектр 2	12,98	39,97	0,05	0,20	1,89	16,37	16,33	0,56	11,66	100,00
Спектр 3	12,85	40,24	0,00	0,20	1,60	16,73	16,21	0,56	11,61	100,00
Среднее арифметическое	13,14	39,77	0,04	0,20	1,70	16,56	16,13	0,57	11,89	100,00

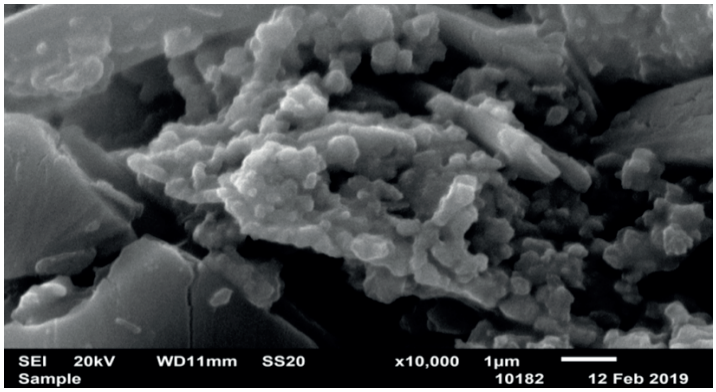


Рисунок 5 – Микроструктура пробы фосфоритного сырья, разложенного в азотной кислоте и обогащенного раствором сульфата цинка, выращенного нанотрубкой углерода методом «CN-CVD-100» с увеличением в 10 000 раз

Таблица 7 – Расчет атомного числа элементов в составе образующегося продукта

Проба №1	*Наименование элемента*	*Относит. атомная масса, г*	*Массовая доля, %*	*W/Mr, %*	*Результат арифметического вычисления*
1	*C*	*12*	*13,14*	*1,1*	*7,33*
2	*O*	*16*	*39,77*	*2,49*	*16,60*
3	*Al*	*27*	*0,04*	*0,0015*	*1*
4	*Si*	*28*	*0,20*	*0,0071*	*4,73*
5	*P*	*31*	*1,70*	*0,55*	*3,67*
6	*S*	*32*	*16,56*	*0,52*	*3,47*
7	*Fe*	*56*	*0,57*	*0,010*	*0,066*
8	*Zn*	*65*	*33,50*	*0,52*	*3,47*
Общая формула	$C_7O_{17}AlSi_4FeP_4S_3Zn_4$ *C-O-S-Fe-P-O-C-O-Zn-O-Al-C-S-O-Si-C-O-Si-O-P-O-S-O-Zn-O-C-O-Zn-O-C-Si-O-S-Zn-Si-C-O-P-O-P-O-Zn-O-*				

Синтезированные реагенты представляют собой тонкодисперсные наносорбенты с самовыраженнной структурой (рис.5). Закономерности адсорбции ионов цинка на поверхности таких наносорбентов изучены слабо, но представляют большой научный и практический интерес.

Были проведены исследования с добавлением синтезированных образцов с целью уменьшения содержания парафинов в нефти. В качестве пробы использовали нефть месторождения АО «Батыс Май» [8-12].

Заключение

Анализ состава фосфоритов показал, что содержащиеся в рудах Каратауского месторождения вредные примеси и магний в виде доломитового соединения, очень затрудняют процесс прямой переработки этих руд, фосфориты Каратау содержат различные переходные и редкоземельные элементы.

Исследуемые материалы, обогащенные ионами цинка, спрессованные в таблетки, в виде цинкосодержащей нанотрубки получены адсорбцией свободного атома углерода методом «CN-CVD-100» из углеродной нанотрубки «ULVAC JAPAN, Ltd».

Синтезированные реагенты представляют собой тонкодисперсные наносорбенты с самовыраженнной структурой.

Проведен опыт по очистке парафинов (пробы нефтепродуктов АО «Батыс май») с помощью цинксодержащих наносорбентов, содержания парафинов в пробе 7,93%. В результате эксперимента получено: в первой колбе (5,0 г) снижение содержания парафина до 6,88%, во второй колбе (10,0 г) до 5,26%, в третьей колбе (15,0 г) до 4,90%.

Также, было установлено, что наночастицы быстро поглощают различные примеси, содержащиеся в воде, активно взаимодействуя при контакте поверхностных слоев.

Таким образом, полученный продукт может быть использован в качестве сорбента при очистке жидких отходов химической и нефтегазовой промышленности, а также сточных вод.

Так как закономерности адсорбции ионов цинка на поверхности наносорбентов изучены недостаточно, настоящие исследования представляют большой научный и практический интерес. Применение цинксодержащих наносорбентов в качестве особого класса наночастиц считаем весьма перспективным.

Список использованных источников

1 Urbanczyk, L., Milde, D., Figura, M., Cholewa, J., Kurzanska, A., Ochman, M., ... & Pis, W. Possibilities of obtaining high quality solid phosphorus pentoxide from white phosphorus of Kazakh origin //Przemysl Chemiczny. – 2018. – T. 97. – №. 4. – C. 557-559.

2. U.S. Geological Survey. Mineral Commodity Summaries; U.S. Geological Survey: Reston, VA, USA. - 2018. - pp. 122–123.

3.Ruan Y., Zhang Z., Luo H., Xiao C., Zhou F., Chi R. Effects of metal ions on the flotation of apatite, dolomite and quartz. – Minerals. – 2018. – P. 141.

4. Алимов У.К., Расулов А.А и др. Оптимальный режим процесса переработки фосфоритов центральных Кызылкумов упаренной экстракционной фосфорной кислоты // Universum. 2016 г. - №8 (29). – С. 26-32.

5. Kudajbergenova N.K., Stecjura M.M., Fazylova O.S., Semashko V.A. Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehnicheskih nauk. 2017, 2, 31-36. (In Russ.).

6. Shapalov Sh.K., Arystanova S.D., Tleuov A.S., Bitemirova A.E., Kerimbaeva K.Z., Adyrbekova G.M., Kuspangalieva H.K., Mahambetov M.Zh., Kenzhalieva G.D., Altybaev Zh.M. Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehnicheskih nauk. 2017, 3, 241-244. (In Russ.).

7. Rakishev B.M. Izvestija NAN RK. Serija geologii i tehnicheskih nauk.2016, 2, 29-39. (In Russ.)

8. Садиева Х.Р., Наурызбеков Ж.К.// Исследование цинксодержащих наносорбентов, выделенного из состава фосфоритного сырья /«GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2020: CENTRAL ASIA». 29 february, 2020 in Nur-Sultan(Astana), Kazakhstan.

9. Х.Р.Садиева, Д.Г.Балтабаева, А.Елеукен, Н.Толеген, Г.Рыспаева/ Разложение фосфоритов Каратау минеральными кислотами и извлечение редкоземельных элементов из вторичных концентратов//Фонд Первого Президента РК-ЕЛБАСЫ, XI Между-я науч. конф-я, Инновационные развитие и востребованность науки в современном Казахстане, 2017 г. С.55-59

10. S. Mustapha, J. O. Tijani, M. M. Ndamitso, S. A. Abdulkareem, D. T. Shuaib, A. K. Mohammed, A. Sumaila/ The role of kaolin and kaolin/ZnO nanoadsorbents in adsorption studies for tannery wastewater treatment/DOI: 10.1039 / C4TA03540B *J. Mater. Chem. A* , 2014, **2** , 19396-19406

11.Front. Chem., 27 November 2020 | https://doi.org/10.3389/fchem.2020.571790

Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles by Ecofriendly Routes: Adsorbent for Copper Removal From Wastewater

12. Chungsying Lu., Huantsung Chiu., and Chunti Liu/ Removal of Zinc(II) from Aqueous Solution by Purified Carbon Nanotubes: Kinetics and Equilibrium Studies/ Int. J. Environmental Technology and Management, Vol. 15, No. 2, 2012 103 Copyright © 2012 Inderscience Enterprises Ltd. Divalent zinc removal from aqueous solutions by adsorption on magnetite nanoparticles: kinetics and isotherm Xue Song Wang

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОЖДЕВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Тлеукулов А.Т.[1], Айдарова С.Б.[2], Набиоллина М.С.[1], Парманов У.С.[1], Юсупова Н.[1]
[1]Казахский Национальный аграрный исследователский университет, г. Алматы, Казахстан
2 АО «КБТУ», г. Алматы, Казахстан

Введение. Возрастающий дефицит водных ресурсов в мире стимулирует к переходу во всех сферах водопотребления на водосберегающие технологии водопользования. Особенно ощутимые результаты экономии воды при этом могут быть достигнуты в орошаемом земледелии, т.к. на его долю приходится более 70% от используемых водных ресурсов.

Дальнейшее развитие орошаемого земледелия в южных областях республики в ближайшей перспективе возможно только на базе внедрения водосберегающих технологий орошения, одним из перспективных является –дождевание.

Почвенно-мелиоративные и гидрогеологические условия участков, где применялись дождевания, типичные для большинства орошаемых земель юга Казахстана. По продуктивности почвы относится к хорошим с балом бонитета от 24 до 42. Грунтовые воды на участках в предгорной зоне залегают на глубине более 3 м и в водном питании растений не участвует.

В течении всего вегетационного периода среднемесячная температура воздуха выше многолетней, в результате чего, оказалась выше теплообеспеченность и сумма эффективных температур, что позволило повышению испарения с поверхности орошаемых полей.

Количество выпавших осадков и относительная влажность воздуха за годы исследования были ниже нормы. Агротехника возделывания пропашных культур при дождеваний, по технологии орошения, значительно отличается от общепринятой при поливе по бороздам. При дождевании основная подготовка (измельчение и запашка стеблей, образование гряд) почвы производится осенью, для того, чтобы весной в оптимальные сроки произвести посев.

Исследования водосберегающей технологии нами проводились на производственных участках крестьянского хозяйства «Гамбург» Жуалинского района Жамбылской области. Агрометеорологические условия района за период вегетации были разнообразными. В первые дни третьей декады апреля наблюдалась высокая температура воздуха. В дневные времена она составляла 21-27^{0}С. Среднемесячная температура воздуха в апреле составила +12,4^{0}С, тогда как, среднемноголетняя была равна +10,4^{0}С, т.е. на 2,0^{0}С была выше. Количество атмосферных осадков с 1 по 31 апреля составило 61,6 мм и сумма выпавших осадков во второй и третьей декаде месяца составила 42,7мм.

Май месяц по температурному фактору был выше многолетних значений на 14,4^{0}С, а по осадкам на 53,1 мм ниже средней многолетней нормы. Среднесуточная температура воздуха в июне составила 22,3^{0}С, и за месяц выпало всего 18,7 мм осадков, что составило 43,3% от средней многолетней нормы. Высокие дневные температуры до 26-32°С способствовали интенсивному прохождению фаз развития растений.

Июль характеризовался жаркой погодой, сумма среднесуточных суммы температур была равна +780,7^{o}С, что выше среднемноголетней на 60,3^{o}С. Количество атмосферных осадков: в первой декаде выпало 5,7мм, во второй – 3,5 и в третьей –5,1мм.

Август характеризовался высоким тепловым режимом, т.е. на +105,4^{0}С превысив среднее многолетнее значение. Сумма осадков за месяц была на 20,3мм больше средней многолетней, что составило 50,3% от нормы.

Сентябрь был теплым: среднесуточная температура в первую-вторую декаду держалась на уровне 17-18^{0}С. Только на конец второй и в третьей декады, температура стала немного ниже – 16,8^{0}С. Сумма среднесуточных температур за вегетационной период составилв 3700,8^{0}С (с 10 апреля по 01 октября), тогда как по данным среднемноголетних она составила 3500,3^{0}С, т.е. 2020 году была выше на +200,5^{0}С.

На производственных участках крестьянского хозяйства «Гамбург» на площади 495 гектаров возделывали кормовые культуры: люцерна 2-го года посева на 280 га, 3-го года посева на 105 га, кукуруза на силос на 55 га и озимая пшеница на 50 га. Поливы проводились с применением широкозахватной дождевальной системой кругового действия «T-L Irrigation». В связи с производственными трудностями, связанные с пандемией, кукуруза была посеяна позже запланированного графика на 12-15 суток, соответственно был нарушен режим орошения, что потребовалась корректировка.

Засушливая весна корректировала сроки полива. Первый полив был произведен 16-го июня по завышенными нормами, для кукурузы 600 м^3/га и для люцерны 800 м^3/га.

За вегетационный период на участке дождевания был проведен четыре полива. Были определены слой осадков, выпавших на поле, влажность почвы и температура приземного слоя почвы до и после полива, были проведены фенологические наблюдения. Полевая всхожесть и густота кукурузы составил не более 83%, что повлияло на будущий урожай.

Методики проведения полевых исследований

Решения поставленных задач был осуществлен путем закладки и проведения полевых опытов и лабораторных исследований, мониторинга почвенно-климатических и гидротермических условий.

Влажность почвы определялся влагомером «TOKY PMS710», слой дождя беспроводным датчиком осадков с термометром и радиоуправляемыми часами-дождемером «AW011 2.7" LCD», а температура воздуха с использованием цифровой метеостанции без радио датчика «Rst 02558».

Учет густоты стояния растений проводились путем подсчета количества растений на участках 0,5 м^2 по диагонали поля, перед уборкой исследуемых культур, в трехкратной повторности. Фенологические наблюдения за ростом и развитием растений в основные фазы проводились по методике В. Балашева (1968) [...], перед уборкой урожая в трех кратной повторности отбираются растительные образцы для определения в них основных элементов структуры урожая.

Результаты полевых исследований

Почвы участка имеют типичный аллювиальный генезис, отложения которых происходило в развития лугово-болотных ландшафтов поймы реки Терс. Участок расположен в предгорной зоне горы Каратау. Верхние слои почвы малопроницаемые. В то же время подстилающие галечники обладают хорошими дренирующими свойствами и способствуют быстрому отводу из агротехнического цикла избыточного количества воды при нарушении поливных норм. Поэтому данный участок соответствует условиям применения дождевальной машины.

Севооборотными культурами являются кукуруза на силос, многолетние травы и озимая пшеница. Укрупнённые нормы и водопотребления этих культур были приняты в соответствии с рекомендациями КазНИИ водного хозяйства, утверждённым приказом МСХ РК [...]. Для условий региона применяется типичный гидромодульный режим орошения с оросительной нормой брутто для полива дождеванием. Для кукурузы она составила от 3000 до 3800м^3/га, а для многолетних трав до 4000 м^3/га. Требуемые нормы нетто значительно ниже, то есть значительная часть оросительной воды расходуется на непродуктивные глубинные и поверхностные сбросы, вследствие применения ручного способа полива по бороздам. С 2019 года на участках дождевального полива проводятся научные исследования, была отработана технология полива дождевания, обеспечивающая эффективного использования оросительной воды.

В 2020 году были продолжены гидравлические исследования машины. В начале каждой опорной тележки в местах установки крайней насадки для шлангов дождевателей, снимались дождеватели и определялись расход воды, истекающая по шлангам, собиралась в мерный сосуд. Таким образом, определяли фактический расход насадки. Коэффициент расхода насадки определялся по формуле:

$$\mu = Q_н/(\pi D_н/4)\sqrt{2gH} \qquad (1)$$

где, $Q_н$ – расход, определенный объемным методом, л/с;

$D_н$ – диаметр насадки дождевателя, мм;

g - ускорение свободного падения, м/с^2;

H - напор перед насадкой, определяется монометром, м.

Результаты определения коэффициента расхода по насадкам приведены в таблице 3.

Таблица 1 – Коэффициент расхода насадки – дождевателя

№	Показатели	Обозначение	Среднее значение
1	Объем истечения	W, л	3,0
2	Время истечения	t, с	5,05
3	Расход по объемному методу	$Q_н$, л/с	0,59
4	Напор насадки	Н,м.в.ст	18,87

5	Расход по формуле Торичели	$Q_р = F\sqrt{2gH}$, л/с	0,638
6	Коэффициент расхода дождевателя	$\mu = Q_н / Q_р$	0,925

Результаты замеров распределения напора вдоль машины и расхода по опорным тележкам показаны на рисунке 1. По рисунку видно, что уклон местности по трассам дождевальной машины, в определенной степени влияет на напор, соответственно и на расход.

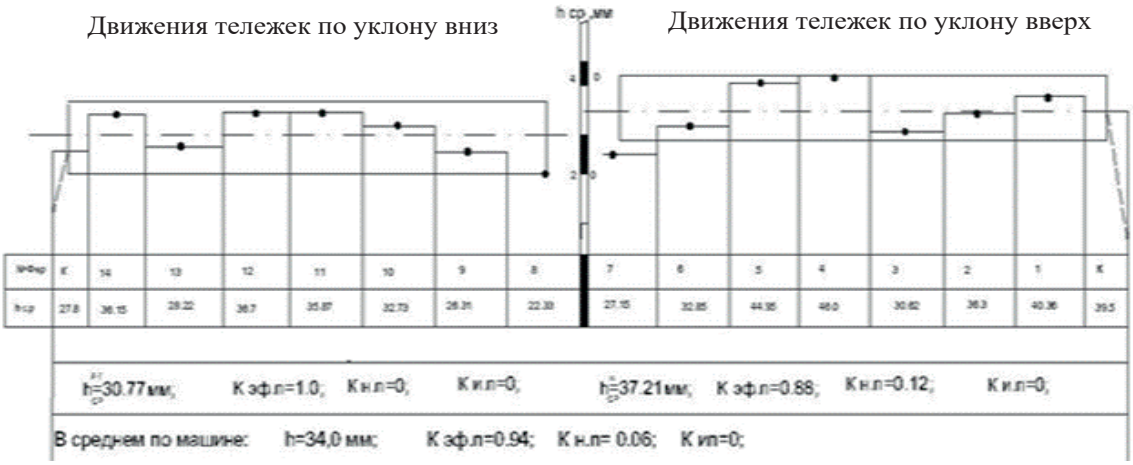


Рисунок 1 – Влияние агроландшафта на распределения напора и расхода воды по опорным тележкам

Определение ширины факеля дождя и равномерности распределения интенсивности по площади факеля

Эффективность распределения воды определяется термином «неравномерность» и она обычно возникает в результате цикличных «старт-стоп» режима дождевальной машины. Дождевальные машины с электрическим приводом останавливается и начинает движение около 3000 раз в день. В результате исследований зарубежных ученых были получены данные о том, что при работе дождевальных машин с электрическим приводом от ведущих мировых производителей, неравномерность распределения воды варьировалась от 15% до 85%. Очевидно, что следствием «неравномерности» является снижение урожайности и увеличение производственных расходов.

Только системы «T-L Irrigation» имеют гидростатический привод. Надёжный и простой принцип, который работает каждый день. И более того, плавное, и постоянное движение машины на любой скорости; стабильная работа при любой температуре; высокая скорость для внесения удобрений и других случаев.

Насадки-дождеватели, расположенные вдоль трубопровода и в шахматном порядке, направлены для повышения эффективность распределения воды по ширине факела дождя. Выпадая на землю, капли дождя смачивает определенную площадь, называемую одновременно орошаемой или площадью факела дождя. От величины площади факела и расхода машины зависит средняя интенсивность дождя под факелом, которая служит важным агротехническим показателем машины, влияющим на процесс впитывания влаги почвой. Однако, средняя интенсивность характеризует осреднённые значения, тогда как на сток влияет фактическая интенсивность в определенной точке поля.

Для определения ширины факела дождя машина устанавливалась на сухом участке поля и включалась в работу, стоя на позиции. Затем по смоченной поверхности поля, после отключения машины, определялась ширина факела дождя. Среднее значение ширины факела дождя ДМ «T-L Irrigation» колебалось от 9 до 11,5 метров.

Распределение слоя осадков под факелом дождя определяли путем установки через 0,5 м дождемеров по ширине факела. Распределение слоя осадков под факелом дождя неравномерны.

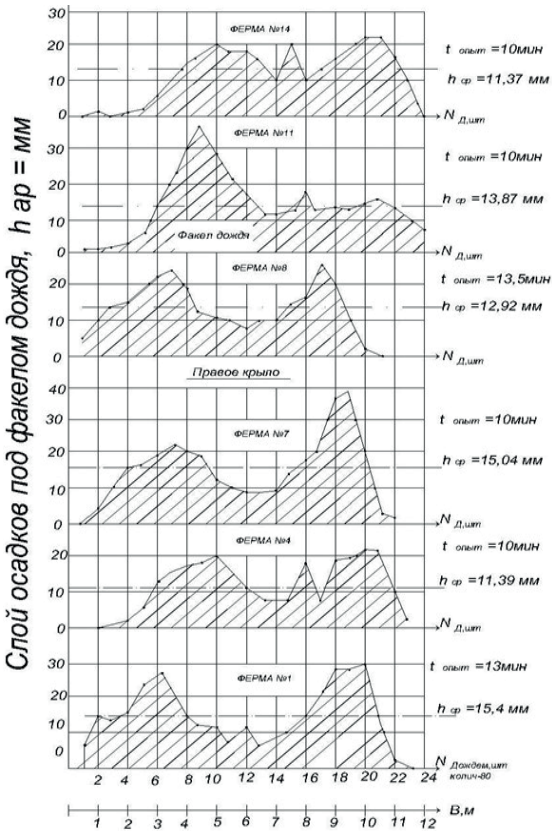


Рисунок 2 – Распределение слоя осадков по ширине факела дождя

Из рисунка видны три явно выраженные «бугры» слоя осадков. Средний «бугор» образуется в результате накладки дождевых капель, два крайних – за счет влияния ветра на направленность факелов дождя насадок-дождевателей. Поэтому выравнивание слоя осадков в факеле улучшит условия впитывания влаги в почву.

Определение равномерности распределения слоя осадков по ширине захвата машины

Как известно дождь, создаваемый дождевальными машинами, обладает неравномерной структурой. В наших опытах дождь создаваемый «T-L Irrigation» состоит из капель от 0,52 до 1,23 мм, в зависимости от напора в дождевателе. При этом наблюдается увеличение диаметра капель от начала до конца крыла. Потому что в конце установлен угловой водомет, то есть угловая система контроля для водомета. Когда дождевальная машина проходит по углам поля, концевой водомет будет включаться или выключаться при помощи соленоидного клапана, что поможет произвести полив большей территории. Клапан управляется с главной панели управления. Из-за большого диаметра сопла водомета диаметр капель увеличивается и образуется лужа, что нежелательный процесс для почвы (рисунок 3).

Рисунок 3 – Консольный угловой водомет ДМ «T-L Irrigation»

Вычисление относительных процентов погрешности анализа проводилось в соответствии с методическими указаниями. Средние погрешности анализа между повторами, разностью объемов в поливной воде, не превышали 1,5-2,0%.

Таблица 2 – Средний слой осадков по ширине захвата машины

Средний слой осадков за один проход машины, $h_{ср}$, мм, (2020 г)					
Дата и время полива	17.07, 10:32	17.07, 19:20	18.07, 12:10	19.07, 09:15	Средний
Норма полива, $m_т$ м^3/га	290	290	290	290	290
Слой осадков, h, мм	45,0	41,0	32,0	34,0	38,0
Длина прохода, L,м	8,0	14,0	13,0	18,0	20,0
Время прохода, t, мин	25	30	35	45	45
Скорость машины, V,м/мин	0,32	0,47	0,38	0,40	0,44

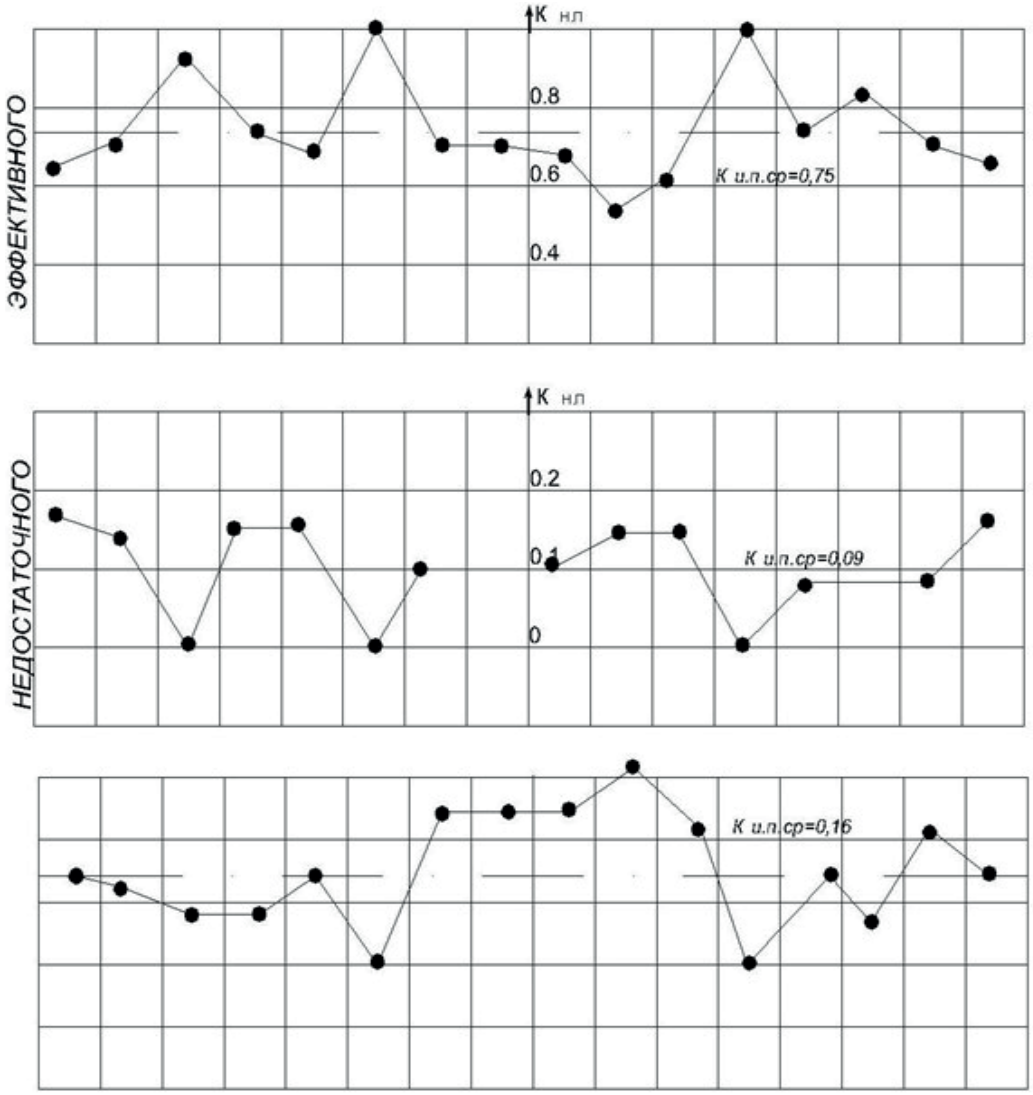


Рисунок 4 – Динамика коэффициентов полива по ширине захвата ДМ «T-L Irrigation»

Из вышеуказанных рисунков видно, что средний слой осадков по каждой ферме (тележке) отличаются, что это было связано из-за прорыва ветра ($V_в$=2,0, м/с). Анализ графиков свидетельствуют о том, что во всех случаях значения коэффициентов полива соответствуют агротехническим требованиям ($К_{эф.п}$ >070, $К_{н.п}$ <0,15) (рисунок 4). Фактические заданные значения скорости близки к паспортным. Данные, полученные в результате экспериментов были использованы для уточнения таблицы установок таймера скорости и в технологических расчетах.

Исследование глубины промачивания почвы, приращение запасов влаги и КПД дождевания

Во время производственных поливов определялась влажность почвы до и после полива, через 1-2 часа после прохода машины над контрольной точкой. Замер влажности в течение последующих дней проводились с интервалом 2-3 суток. По результатом замеров построенный график (рисунок 5) отражает картинку приращения влаги после полива в горизонтах почвы на глубине 0-80 см (сплошная линия) и изменения средней влажности по горизонтам 0-10,0-20...0-80 см (штрих-пунктирные линии). Анализ рисунка свидетельствует о том, что сразу после полива влага проникала на глубину более 50 см, т.е. дождевание обеспечило глубокое промачивание, что вполне соответствует к агротехническим требованиям.

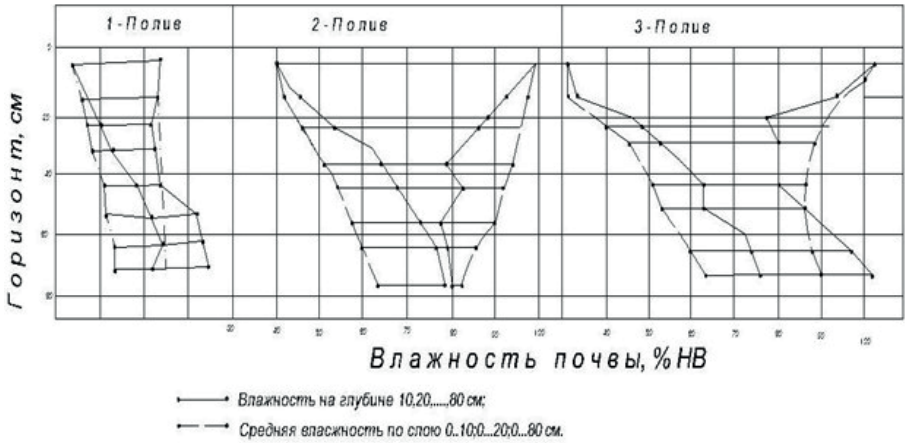


Рисунок 5 – Динамика влажности по горизонтам почвы до и после полива (1,2,3 поливы, 2020 год)

Рассматривая структуру распределения влаги по горизонтам почвы можно отметить, что во время полива в горизонте 0-20 см разместилось свыше 70% всей вылитой влаги, а на последующих поливах она снизилась до 60%. Соответственно в горизонте 0-50 см сконцентрировано более 90 % влаги.

Определяя приращение запасов влаги сразу после полива (Δm) сравнения их с нормой брутто в течении вегетационного периода, нами отмечался высокий КПД полива дождевания-0,85 и выше. Очень часто, сразу после полива в контрольных точках обнаруживали приращение влаги, превышавшее норму полива. Объяснить это можно с одной стороны тем, что влага в почве распределялась непропорционально вылитому слою. В отдельных точках ее скапливалась больше, в других меньше. С другой стороны, сразу после полива образуется увлажненный слой, который препятствует испарению с нижних слоев и происходит конденсация паров. Через сутки после полива картина распределения влаги резко менялась. КПД через сутки после полива в среднем снижалась до 0,73, это свидетельствует о том, что испарения за период прохода над контрольной точкой (в среднем 17-22 мин) почти не происходило, что отсутствии потерь в воздухе за время падения капель на землю. Вылитый слой осадков почти весь переходит в почвенную влагу. Однако после того, как вода проникает в почву, начинается ее активное испарение, которое следует относить к водопотреблению, а не к возвратным потерям.

Таблица 3 – Сводная таблица определения КПД полива дождеванием

Показатели		№ полива			Средний
		1-й	2-й	3-й	
Расчетный слой, см		0-60	0-70	0-70	-
Норма полива брутто, м^3/га		460	690	690	615
Δ m, м^3/га	Сразу после полива	-	900	1310	1105
	Через сутки после полива	291	534	1000	610
КПД	Сразу после полива	-	1,0	1,0	1,0
	Через сутки после полива	0,73	0,77	0,97	82,3

Определение потерь воды на испарение при поливе дождеванием

Потери воды на испарение при поливе дождевальной машиной происходит из дождевого облака (факела), в зависимости от метеоусловий. В опытном поле КХ «Гамбург» значения потерь на испарение колебались в зависимости от температуры воздуха в диапазоне от 4 до 9%.

Таблица 4 - Потери воды на испарение, %

Время проведения опыта, час-мин	Температура воздуха, оС	Дефицит влажности воздуха, D, мб	Скорость ветра, v, м/с	Потери воды на испарение, %	Точность опыта, $S_к$,%
07-35	19,1	6,7	2,8	4,3	0,8
10-35	24,1	18,3	4,8	14,2	1,2
11-58	27,0	25,3	4,5	20,7	0,7
13-43	27,1	25,5	6,2	28,6	1,8
15-02	27,3	25,6	6,0	27,5	1,8
16-51	27,4	25,6	4,1	18,9	1,3
18-00	26,2	24,9	3,0	13,7	0,5
19-35	23,8	20,1	3,1	12,1	0,9

Наблюдения показывают, что испарение воды в процессе полета капель, относится в основном к интервалу времени 12-16 часов, когда дефицит влажности воздуха и скорости ветра достигает своих максимальных суточных значений. Естественно, что при круглосуточной работе дождевальной машины, средние потери будут меньше.

Среднеквадратическое отклонение единичных измерений испарения дождя составило S=0,8, а средний показатель точности полевого опыта к, % S =94 %. В результате анализа опытных данных, можно сделать вывод, что изменение скорости ветра (при относительно постоянных температурах и дефицита влажности воздуха) значительно влияет на испарение воды в процессе полета капель дождя. Зная, что скорость ветра меняется по высоте, обязательно следует учитывать высоту дождевального пояса над уровнем орошаемого участка. В наших условиях высота дождевальной насадки над участком устанавливались в зависимости от высоты сельскохозяйственной культуры, для кукурузы – 1,5-2,0 м, а для многолетних культур - 1,0-1,2 м.

Выводы и рекомендации

Итак, дождевание требует строго соблюдения и проведения в полном объёме всех рекомендованных агротехнических мероприятий, только так можно получить максимальную продуктивность возделываемых культур.

Оптимальные сроки для начала поливов пропашных культур на юге Казахстана наступают в первой половине июня, а завершать их необходимо в конце августа.

После начала поливов на всех участках дождевания за счёт своевременного расчёта поливной нормы по испаряемости, оперативной подачи поливной нормы и равномерного распределения её по полю, поддерживался высокий уровень влажности почвы в корнеобитаемом слое практически приближенный к физиологическим потребностям растений. Это в дальнейшем способствовало более интенсивному развитию растений и формированию более высокого биологического урожая.

Таким образом, дождевание позволяет на протяжении всего вегетационного периода создавать оптимальный режим влажности почвы практически соответствующего физиологическим потребностям растений. При этом, по сравнению с бороздковым поливом, в 1,5-2 раза уменьшается расход оросительной воды, также увеличивается производительность труда на поливе и коренным образом меняются условия и специфика труда поливальщиков.

Работа выполнялась в рамках бюджетной программы МСХ РК 267 «Повышение доступности знаний и научных исследований» на 2018-2020 годы, по подпрограмме 101 «Программно-целевое финансирование научных исследований и мероприятий».

Тема проекта (BR06249340) «Разработка интегрированной системы управления водных ресурсов Республики Казахстан, учитывающей природно-климатические и социально-экономические условия региона»

Список использованных источников

1.В. Балашева (1968)

2. Укрупнённые нормы и водопотребления для отдельных отраслей экономики. Приказ МСХ РК №431 от 11 октября 2016 года.

STUDY ON CRUDE OIL DEMETALLIZATION ADDITIVES

[1]Raziya Sarsembekova, [1]Dias Argimbayev, [2]Wang Yanzhen, [1]Saule Aidarova
[1]Kazakh-British Technical University, [2]China University of Petroleum (East China)

Crude oil is mined from the ground without processed oil. It is an extremely important source of oil and the most harmful elements to the subsequent processing of crude oil are Na, Ca, Fe, Ni, V and so on. Amongst them are, Na, Ca and Fe elements basically energy, one of the three major fossil fuels, mainly composed of a variety of different hydrocarbons, its main components are saturated alkanes, naphthene and aromatic hydrocarbons. In addition, crude oil also contains a small number of oxygen, nitrogen, sulfur, phosphorus and other non-metallic elements and trace elements that have a huge impact on the subsequent processing of crude oil, such as Ni, V, Pb, Fe, Cu, Mg, Ca, Na, etc. Oil takes a long process of geological evolution caused by a variety of the remains of plants and animals in ancient times that produce oil, the geological environment in the process of evolution is more complex and changeable, so different oil fields, different oil fields in the same oilfield, different oil wells, Even the physical properties and chemical composition of crude oil mined at different stages of the same well may vary widely. Generally speaking, the metal elements with more content in crude exist in form of both inorganic salts or organic salts, and through the physical method of electrical desalination process, oil can be removed.

Ni and V are mostly found in the form of porphyrin compounds, which cannot be removed directly from crude oil by a physical method. Oil is a kind of non-renewable energy and with the increase of crude oil extraction, more-less high-quality crude oil, mining has become increasingly difficult to mine. The usual oil recovery technology is no longer applicable and it is hard to use new oil recovery technology, such as chemical oil flooding technology. The production ratio of inferior heavy crude oil is getting higher so is its content thus making the subsequent processing more difficult. In this procedure of crude oil processing, there is presence of metals in addition to the corrosion and scaling of equipment, because of the catalyst poisoning inactivation and product quality decline. This not only affects the economic benefits of refineries, but could lead to production accidents. Therefore, the metal removal of crude oil is of great significance. Metals like Na, Ca, Fe and other metal salt types of metallic elements due can be removed by electric desalination, in the form of porphyrin. Compounds Ni, V have unique properties that make it difficult to directly remove, and Ni, V is the poison of FCC catalyst, Catalytic cracking is the most important procedure of processing crude oil twice, hence it is necessary and important to explore the removal method of Ni and V for petroleum processing process.

Nickel and vanadium porphyrin compounds are an important non-alkaline nitrogen-containing compounds in petroleum. Nitrogen-containing compounds in petroleum can cause catalyst poisoning inactivation, affect the catalytic processing of petroleum, but also affect the performance of products, resulting in petroleum products easy to produce colloidal precipitation. Nitrogen-containing compounds in petroleum can be divided into two categories according to their acid and alkaline: alkaline nitrogen-containing compounds and non-alkaline nitrogen-containing compounds. The difference is that alkaline nitrogen-containing compounds can be measured by titration by perchloric acid in the sample solution of glacial acetate and benzene with a volume fraction of 50%, while non-alkaline nitrogen-containing compounds cannot be titrated by perchloric acid in the sample solution of glacial acetic acid. Under certain conditions, alkaline and non-alkaline nitrogen-containing compounds can be transformed into each other. Currently detected petroleum nitrogen compounds, whether alkaline nitrogen-containing compounds or non-alkaline nitrogen-containing compounds, their nitrogen atoms are in the ring structure, is a nitrogen heterocyclic compound. Non-alkaline nitrogen-containing compounds in petroleum are mainly concentrated in heavy oil fractions and residue, their properties are unstable, easy to be oxidized and polymerized, resulting in two oil processing products color darker and produce precipitation.

To sum up, in the form of metal in crude oil, especially nickel and vanadium in the form of porphyrin compounds, for the properties of porphyrin have different methods of removing metals such as nickel, vanadium and iron, this paper is to use one of the methods of demetallizaton and chelating separation method.

The aim of the study is to develop a new chelating agent so that it could effectively remove the metal from crude oil and obtain the best demetallization rate by investigating the technological conditions. The selected metal removal reagent includes more than 20 different reagents, such as nitric acid, inorganic acid of phosphoric acid, ammonium hydrogen phosphate two, ammonium fluoride and other inorganic salts, such as formic acid, propionic acid and other organic acids, as well as multiple acids, such as ethylenediaminetetraacetic acid, nitrilotriacetic acid, respectively, to investigate their nickel removal effect and vanadium removal effect.

This work is dedicated to the removal of metals from crude oil by acid treatment and chelation. The effect of five reagents on the remove the iron and eight reagents on the removal of nickel and vanadium in the petroleum were studied. Several reagents with the best effects were eventually selected for a detailed study of the best process conditions.

ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ СКАНДИЯ И ЕВРОПИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ

Джумадилов Т.К.
АО «Институт химических наук им.А.Б.Бектурова», г. Алматы, Казахстан

В настоящее время цены на редкоземельные металлы значительно выросли из-за высокого спроса в различных стратегических направлениях мировой экономики. Целью настоящей работы является поиск условий максимальной сорбции ионов европия и скандия из водных растворов с использованием эффекта дальнодействия.

Исследование направлено на исследования влияния явления дистанционного взаимодействия на рост сорбционных свойств промышленных ионообменных смол при сорбции ионов европия и скандия. В качестве объектов исследования были выбраны промышленные ионообменники Lewatit CNP LF и АВ-17-8. Расследование проводили с использованием следующих физико-химических методов анализа: кондуктометрии, pH-метрии, колориметрии, инфракрасной Фурье-спектроскопии (FTIR), термогравиметрического анализа, (ТГА) и атомно-эмиссионной спектроскопии.

Европий и скандий был выбран в качестве объекта исследования в связи с тем, что эти металлы являются самыми дорогими и обладают максимальным и минимальным ионными радиусами, соответственно.

Исследовано сорбционная активность ионов европия при их взаимодействии с компонентами интерполимерной системы Lewatit CNP LF и АВ-17-8 (рисунок 1). Высокая сорбция ионов европия наблюдается при соотношениях катионита и анионита 5:1 и 2:4. Максимальная степень извлечения ионов при 5:1 достигает 54% и при 2:4 – 46%. Эти показатели значительно лучше, чем у исходного катионита и анионита и указывают на эффективность интерполимерной системы для разделения и извлечения ионов редкоземельных металлов.

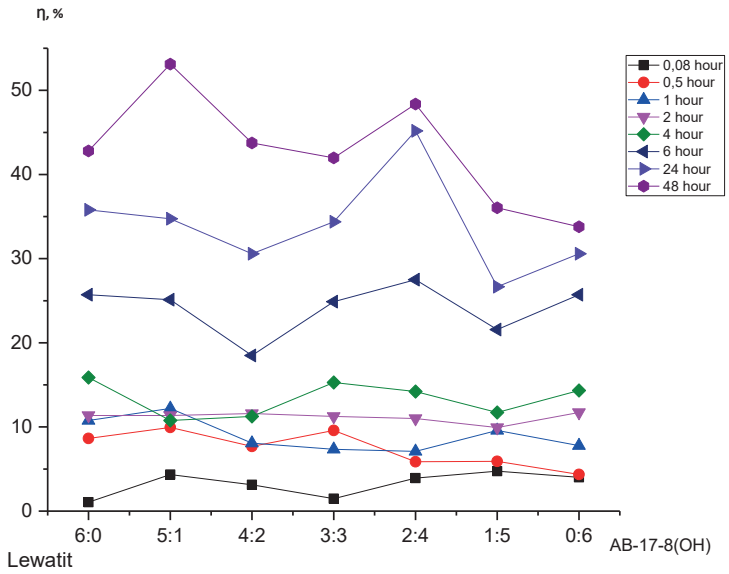


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения ионов европия от соотношения Lewatit CNP LF -АВ-17-8 от времени взаимодействия

Изучена также сорбция интерполимерной системы на основе промышленных ионообменников Lewatit CNP LF и АВ-17-8 по отношению к ионам скандия (рисунок 2). Полученные результаты показали, что максимальная степень сорбции интерполимерных систем «Lewatit CNP LF-AV-17-8» в течение 48 часов взаимодействия наблюдалась при молярных соотношениях (3:3, 2:4 и 1:5) полимеров, степени сорбции составили 26,4%; 27,9% и 26% соответственно. Как видно, значение степени сорбции является максимальным при соотношении 2:4. Значение степени сорбции в этом соотношении выше на 32,5% и 28,5% соответственно по сравнению со степенью сорбции отдельных ионообменников Lewatit CNP LF (6:0) и АВ-17-8 (0:6). Самые высокие значения степени связывания полимерной цепи через 48 часов с ионами скандия в интерполимерной системе «Lewatit CNP LF- АВ-17-8» для соотношений 3:3; 2:4 и

1:5 составили 4,87%, 5,25% и 5,01% соответственно. Значения степени связывания полимерной цепи отдельных ионообменников Lewatit CNP LF (6:0) и АВ-17-8 (0:6) через 48 часов составили 3,68% и 4,26% соответственно. Полученные результаты показывают, что взаимная активация ионообменников в интерполимерной системе приводит к значительному увеличению их сорбционной емкости.

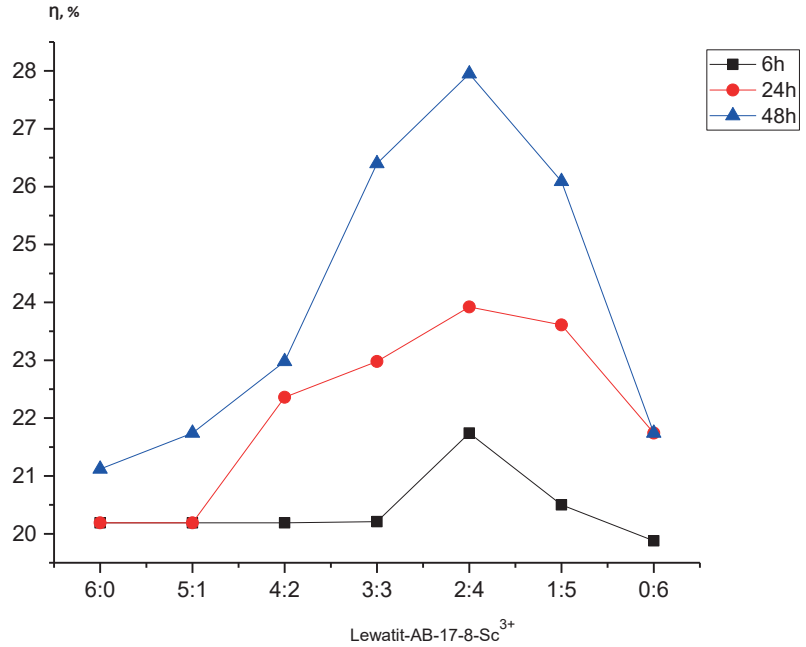


Рисунок 2 – Зависимость степени извлечения ионов скандия от соотношения Lewatit CNP LF -AB-17-8 от времени взаимодействия

Сравнительный анализов результатоы исследования сорбции двух солей позволяет определить вде отлчии в сорбционном поведении двух солей. В случае сорбции европия област максимальной сорбции находятся в левой части графика и значения степеней извлечения знасительно выше, чем у скандия. У скандия область максимальной сорбции находится в правой части графика и степени извлечения во всех соотношения катионит: анионит значительно ниже, чем у европия.

Эти данные свидетельствуют о применимости данной интерполимерной системы для разделения и извлечения рассмотренных ионов (евпроий и скандий) из различных водных систем.

Список использованных источников

1. Jumadilov, T.; Yskak, L.; Imangazy, A.; Suberlyak, O. Ion Exchange Dynamics in Cerium Nitrate Solution Regulated by Re-motely Activated Industrial Ion Exchangers. Materials 2021, 14, 3491. [CrossRef]

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КАЗАХСТАНА

Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Есимова Д.М.
АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан
НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан

Проблема извлечения урана из трудновскрываемых руд, может быть отнесена к числу наиболее важных научно-технических проблем, стоящих перед современной урандобывающей промышленностью.

Одним из направлений современного научно-технического прогресса в разработке месторождений радиоактивных руд является применение практически безотходного способа добычи урана – подземного выщелачивания (ПВ). Большой интерес к способу ПВ определяется положительным опытом его применения и высокими технико-экономическими показателями.

В Казахстане при подземном скважном выщелачивании урана в качестве выщелачивающего реагента используют серную кислоту. При этом степень перехода урана в продуктивный раствор может быть обусловлена целым рядом причин, связанных, в первую очередь, с физико-химическими свойствами урансодержащих минералов [1-3].

Так применение серной кислоты в качестве выщелачивающего реагента позволяет извлечь только соединения урана (VI), т.к. соединения урана (IV) в серной кислоте не растворяются. Для перевода урана (VI) в уран (IV) в промышленности используют окислители, чаще всего – соединения трехвалентного железа. В этой связи основная проблема повышения извлечения урана при подземном скважном выщелачивании - перевод урана (IV) в растворимое состояние.

На сегодняшний день большой интерес представляет, наряду с изучением влияния традиционных окислителей на процесс выщелачивания трудновскрываемых урансодержащих руд, также поиск новых интенсификаторов для повышения извлечения урана из упорного сырья. В этой связи было разработан катализатор и изучено выщелачивания урансодержащей руды в его присутствии в сравнении с традиционными окислителями: трехвалентным железом, надсернокислым аммонием и пероксоборатом натрия. Предварительные исследования катализатора «М-1» представлены в работе [4]. Катализатор «М-1» представляет собой смесь нитратов, сульфатов, хлоридов, бромидов и иодидов переходных металлов (Fe, V, Cu, Mn). Суммарная концентрация металлов в катализаторе составила 0,3 г/дм^3.

Исследовано сернокислотное выщелачивание урана в присутствии катализатора «М-1» в сравнении с окислителями: хлорида трехвалентного железа, надсернокислого аммония, пероксобората.

Установлено, что содержание урана в продуктивном растворе при выщелачивании без катализатора и окислителей составило 38 мг/дм^3. В случае применения традиционных окислителей также наблюдалось повышение извлечения урана при увеличении времени выщелачивания. Применение в процессе выщелачивания хлорида трехвалентного железа позволило повысить концентрацию урана в растворе от 50,8 мг/дм^3 за 12 часов выщелачивания до 58,2 мг/дм^3 за 48 часов, а надсернокислого аммония и пероксобората натрия от 48,3 и 39,2 до 51,8 и 40,9 соответственно. При использовании катализатора «М-1» после 12 часов эксперимента концентрация урана в растворе составила 84 мг/дм^3, при увеличении времени выщелачивания эта величина достигает 88 мг/дм^3.

Таким образом, наиболее высокая концентрация урана в растворе наблюдается при выщелачивании руды серной кислотой в присутствии катализатора и снижается в ряду: катализатор «М-1» - хлорид железа (III) - надсернокислый аммоний - пероксоборат натрия – серная кислота в отсутствии окислителей и катализатора.

Для извлечения урана из продуктивных растворов применяют сорбционные методы.

В последнее время исследуется возможность применения для сорбции модифицированных природных минералов – цеолита и шунгита, в частности – получения на их основе органоминералов, а также модифицирования гидроксидами меди (II) и никеля. Применяются и другие методы. Однако

общим недостатком описанных методов является сложность в исполнении, высокая себестоимость и использование дефицитных реагентов. Нами проведены исследования по выбору способа модификации природных сорбентов и оценке его сорбционной способности после модифицирования [5-6]. Предложены физические и химические методы модификации. Физические методы включают предварительную ультразвуковую обработку соляной кислоты и последующую активацию ею природных сорбентов. Установлено, что активация природных сорбентов соляной кислотой, предварительно обработанной ультразвуком, позволяет увеличить сорбционную емкость природных ионообменных материалов шунгита и цеолита до 16,0 %. Химические методы включали модифицирование цеолита и шунгита смесью ди-2-ЭГФК и ТБФ в керосине. По данным ИКС при модификации образуются так называемые «твердофазные экстрагенты», с закрепленными функциональными группами на поверхности полимерной матрицы, которые характеризуются хорошими сорбционными свойствами. Исследования сорбции урана из продуктивного раствора (U = 11,9 мг/дм^3), показало, что модифицированными сорбентами возможно извлечь уран более, чем на 90,0 % уже в первые 45-50 мин. Сорбция урана при этом сопровождается образованием комплексообразующих соединений. Способ позволяет использовать для синтеза известные экстрагенты в сравнительно небольших количествах.

Наличие в республике Казахстан урансодержащих отходов крупных провинций существенно осложняет экологическую обстановку, нанося вред почве и гидросфере за счет неконтролируемого распространения больших объемов природных вод, зараженных радионуклидами. Наиболее распространенным способом их утилизации является сорбция, для реализации которой требуется значительное количество недорогих ионообменных материалов. Высокая стоимость синтетических сорбентов и низкая обменная емкость природных сдерживает их применение. Существует много способов модифицирования природных сорбентов с целью увеличения сорбционной емкости, но все они сложны в осуществлении, основаны на применении дорогостоящих реагентов.

Исследована возможность применения для сорбции ЖРО техногенного сырья - шлаков фосфорного производства. Согласно физико-химическим исследованиям шлака - основная фаза отнесена к изотропной искусственной волластонитовой стеклофазе. В небольшом количестве присутствует кристаллические фазы карбонатов – кальцита и анкерита, фосфор присутствует в виде лазулита. Установлено, что после активации шлака в хлоридной и карбонатной средах его возможно использовать в качестве сорбента урана и железа из ЖРО.

В последнее время резко возрос спрос на редкоземельные элементы. Это связано, прежде всего, с разнообразными областями их применения.

Редкоземельные элементы применяются при производстве высокотехнологичной микроэлектронной продукции, оптики, конструкционных материалов, элементов «зеленой» энергетики, гибридных двигателей автомобилей и другой продукции, потребность в которой увеличивается с каждым годом.

Наиболее важными областями применения РЗЭ являются нефтехимия, электроника, стекольная, керамическая промышленность, металлургия.

Вместе с тем, постоянно увеличивающиеся объемы отходов переработки руд, содержащих достаточно высокие концентрации не извлеченных РЗЭ, становятся исходным сырьем для их получения. Один из видов такого сырья - техногенные минеральные образования от переработки фосфатных урановых руд, содержание в которых суммы РЗЭ составляет около 5,0 %. Данное сырье вполне может конкурировать с минеральным и являлось сырьевой базой ТОО «SARECO», основной целью которого было получение концентрата РЗЭ [7].

В период сотрудничества со специалистами ТОО «SARECO», учеными ИМиО был внесен ряд ценных предложений по усовершенствованию технологии переработки техногенных минеральных образований.

Согласно технологическому регламенту, исходная технология включала выщелачивание ТМО серной кислотой концентрации 250 г/дм3. В ходе всесторонних исследований было предложено проводить вскрытие исходного сырья сплавлением при 400^{0}С с сульфатом аммония с последующим водным выщелачиванием спека. Данный прием базировался на следующих результатах исследований:

1.Физико-химические исследования исходного сырья показали, что редкоземельные элементы находятся в виде достаточно трудновскрываемого сырья - фосфатов.

2. Средняя естественная влажность ТМО составляла 39,8%.

3.Исследование спеков синтезированных фосфатов редкоземельных элементов с сульфатом аммония в широком диапазоне температур показало, что температуре 350 – 400 ^{0}С имеем метастабильную систему, состоящую из промежуточных соединений – двойных солей, начинают формироваться также кристаллические решетки кристаллогидратов сульфатов РЗЭ - шестиводных и девятиводных, которые практически полностью формируются к 600 ^{0}С.

На основании полученных результатов были отработаны условия спекания компонентов и последующего выщелачивания спека.

Внедрение способа спекания непосредственно по месту дислокации исходного сырья позволил бы в итоге снизить расходы на транспортировку сырья к месту переработки.

Позже данный способ в несколько видоизмененном варианте был предложен для вскрытия также урансодержащего сырья - черносланцевых руд Большого Каратау.

Кроме того, было предложено осаждать редкоземельные элементы в виде концентрата смесью карбоната натрия и щавелевой кислотой в отношении 2:1, в то время как по исходной технологии предлагалась в качестве осадителя щавелевая кислота в трехкратном избытке по отношению к стехиометрически необходимому количеству. За счет использования предложенного нами реагента - осадителя удалось понизить расход щавелевой кислоты, снизив, тем самым, себестоимость конечного продукта – концентрата РЗЭ.

Таким образом данные исследования являются инновационными как в плане разработки перспективных гидрометаллургических технологий, так и в плане использования механизма извлечения урана из трудновскрываемых руд. Результаты исследования имеют важное научное и практическое значения для повышения извлечения урана из трудновскрываемых руд.

Примечание: Работа выполнена при финансировании Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по гранту № AP08856246.

Список использованных источников

1. Тураев Н.С., Жерин И.И. Химия и технология урана: Учебное пособие для вузов. - М. ЦНИИАТОМИНФОРМ, 2005. – С. 247

2. Ягодин Г.А., Чекмарев А.М. и др. Технология редких металлов в атомной технике. – М.: Атомиздат, 1974. – 344 с.

3. Болтоева М.Ю., Шилов В.П., Ананьев А.В. Каталитическое восстановление U(VI) муравьиной кислотой в кислых растворах на палладиевых катализаторах. // Радиохимия. - 2008. - Т. 50. - С. 41-46.

4. Kenzhaliyev B. K., Dosymbayeva Z. D, Berkinbayeva A.N, Suleimenov E. N, Sharipov R. KH, Zheksembiyeva B. T. Research On Uranium Recovery from Uranium-Containing Products. International Journal of Engineering and Applied Sciences (IJEAS) ISSN: 2394-3661, Volume-4, Issue-9, September 2017.

5. Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Досымбаева З.Д., Буленбаев М.Ж. Шарипов Р.Х. Исследование перевода урана (IV) в (VI) с целью повышение эффективностью урана из руд // Вестник Казахстанско-Британского технического университета. № 2,3. -2016. с. 118-129.

6. Инновационный патент "Способ выщелачивания урана и катализатор для его осуществления". Опубл. 12.08.2017.

7. Kenzhaliyev B.K., Surkova T.Yu., Azlan M.N., Yulusov S.B., Sukurov B.M, Yessimova D.M. Black shale ore of Big Karatau is a raw material source of rare and rare earth elements // Hydrometallurgy. – Vol. 205. - November 2021, 105733. (Scopus: SJR (2020) – 0,939; Q1, percentile 91). https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2021.105733.

СОСТОЯНИЕ И ПРЕСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИОНООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ

Пирматов Э.А., Пирматов А.Э. ,Хасанов А.С.
ТОО «ISLMetals Grup», ТОО ИВТ НАК «Казатомпром», АО «АГМК»

Современные аппараты в ионообменных процессах

Из литературы известно, что ионный обменный процесс может осуществляться в статических и динамических условиях.

Статический метод заключается в перемешивании раствора с определенным количеством ионита до достижения состояния ионообменного равновесия с последующим разделением фаз фильтрованием или центрифугированием. Этот метод требует многократного повторения операций в соответствии с необходимым числом ступеней ионного обмена.

Динамический метод состоит в пропускании раствора через ионообменную колонну с неподвижным слоем ионита. В этом случае ионит сначала насыщается извлекаемым компонентом в слоях при входе раствора, затем слой насыщения постепенно продвигается по направлению к выходу**.** В динамических условиях более полно используется обменная емкость ионита, так как удаление вытесняемых ионов с потоком раствора смещает равновесие ионного обмена в сторону поглощения извлекаемого иона.

На процесс сорбции в динамических условиях влияют статические факторы (параметры ионообменного равновесия), кинетические факторы (скорость обмена) и скорость движения раствора. Одновременный их учет дает динамику сорбции.

Н.А.Шилов в своих трудах (Рачинский В.В. «Хроматография в биологии») приводит теоретические основы о двух периодах сорбционных процессов в динамических условиях: 1) в периоде формирования фронта равных концентраций (работающего слоя) τ_0; 2) в периоде параллельного переноса фронта равных концентраций, $\tau_{пар}$ (рисунок.1).

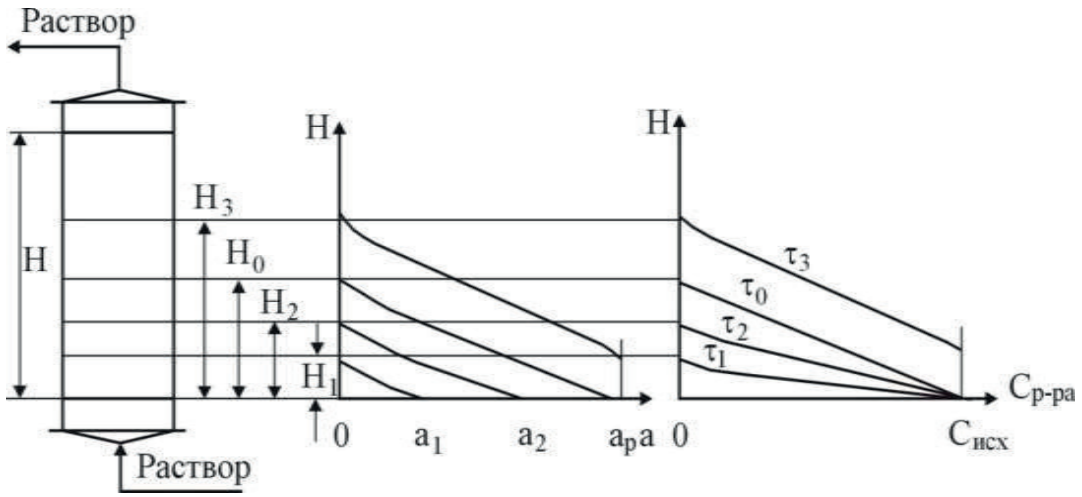


Рисунок 1. Схема формирования фронта равных концентраций в неподвижном слое ионита.

Согласно рисунку.1, в момент времени t1 начальный слой ионита насыщен поглощаемым ионом до емкости a_1, а проскок извлекаемого иона наблюдается при высоте слоя ионита менее H_1, при τ_2 начальный слой ионита насыщен до емкости a_2, проскок происходит в слое ионита менее H_2, наконец, при времени τ_3 до равновесной емкости насыщен слой ионита H_1, проскок наблюдается при высоте слоя ионита менее H_3.

Полное время (τ) работы слоя ионита высотою H будет равно сумме времени формирования фронта концентраций (τ_0) и времени параллельного переноса фронта концентраций ($\tau_{пар}$):

$$\tau = \tau_0 + \tau_{пар} = \tau_0 + (H - H_0)/\mathrm{U}$$

где, U – скорость перемещения фронта концентраций, ее величина определяется равновесной емкостью ионита, скоростью течения раствора и исходной концентрацией извлекаемого вещества в растворе.

Величина, обратная скорости параллельного передвижения фронта K=1/U называется коэффициентом защитного действия и представляет собой время, в течение которого слой ионита высотой 1м полностью насыщается извлекаемым веществом.

Для определения времени защитного действия слоя ионита нужно найти высоту рабочего слоя ионита H_0.

При внешнедиффузионной кинетике процесса скорость изменения концентрации извлекаемого вещества в растворе по высоте рабочего слоя ионита описывается уравнением:

$$dC / d\tau = -\beta_1 (C - C_{пр}),$$

где, β – кинетический коэффициент внешней диффузии, Спр – концентрация извлекаемого вещества в растворе при проскоке, близкая к нулю.

Таким образом, время защитного действия слоя ионита находят из уравнения:

$$\tau = \frac{a_p}{\omega \cdot C_{исх}} \cdot H - \frac{a_p}{\beta_1 C_{исх}} \left(\ln \frac{C_{исх}}{C_{пр}} - 1 \right),$$

Извлечение металлов из растворов может производиться как периодически, так и непрерывно.

В ионообменной колонны периодического действия (рисунке.2). в нижней части колонны в гравийной насыпке находится кольцо из перфорированной трубы, через которую отводится обедненный раствор к следующей колонне или на сброс, товарный регенерат, а также подводится вода для промывки смолы от исходного раствора перед регенерацией ее

В верхней части колонны имеется распределительное устройство для подачи исходного раствора, регенерирующего раствора, а также для отвода воды обратной промывки.

Колонна может работать только на сорбцию извлекаемых металлов из растворов и не приемлема для сорбции металлов из пульп. Основным недостатком этой системы является периодичность процесса, необходимость проведения соответствующих переключений потоков, которые производятся тем чаще, чем выше содержание извлекаемых ионов в перерабатываемых растворов.

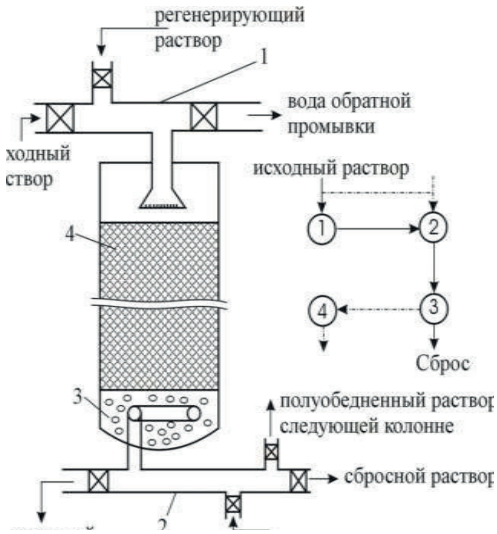


Рисунок 2. Ионообменная колонна периодического действия: 1- верхняя гребенка; 2 – нижняя гребенка; 3 – гравий; 4 – слой ионита.

Принцип работы сорбционной напорной колонны СНК (рисунок 2) заключается в следующем. Исходный раствор под давлением подается в нижнюю часть колонны и продвигается вверх навстречу потоку смолы. В верхней части колонны раствор проходит фильтрующие патроны, которые задерживают смолу, направляются на дальнейший передел переработки.

При работе колонны в ней одновременно находятся три слоя ионита. В верхней части колонны – слой свежего ионита, который обеспечивает снижение концентрации до установленного значения, в средней части колонны формируется фронт рабочих концентраций, высота фронта зависит от емкости ионита, концентрации металла в продуктивном растворе, скорости движения раствора (25–35м/час), она составляет 5–6 м. В нижней части колонны собирается слой насыщенного ионита.

Колонна работает в полу непрерывном режиме. Периодически при достижении насыщения ионита извлекаемым металлом, кратковременно прекращается подача исходного раствора в колонну сорбции, далее с включением эрлифтного насоса из колонны перегружается определенное количество насыщенного ионита в следующую колонну в каскаде, в котором проводится десорбция извлекаемого металла в товарный десорбат. Далее в колонну сорбции поступает новая порция ионита из колонны регенерации с объемом, равным с объемом перегруженной порции насыщенного ионита. В итоге общий объем ионита в колонне сорбции сохраняется, следовательно, ионообменный фронт рабочих концентраций удерживается в средней части колонны.

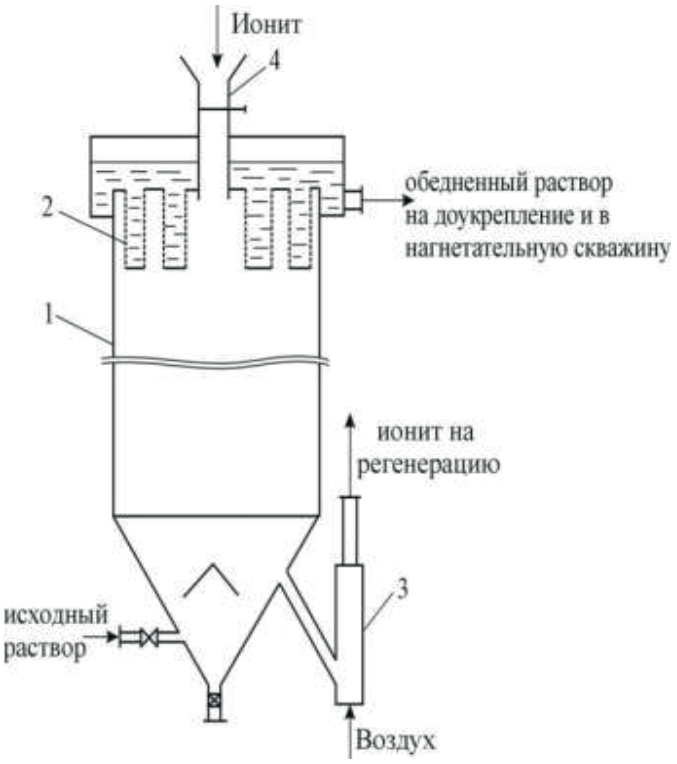


Рисунок 3. Сорбционная колонна (СНК): 1 – корпус; 2 – фильтры; 3 –эрлифт; 4 – загрузочный бункер ионита

В производстве гидрометаллургии редких металлов (молибден, вольфрам, рений) и урана внедрены технологических схемы состоящих из нескольких колон СНК. Схемы успешно работают в Карабальтинском ГМК (производств парамолибдат и паравольфрамат аммония), в Джезказганредмете (производства перрената аммония), Степногорском ГХК (производства парамолибдат аммония и концентрата РЗМ), УзКТЖМ (производства парамолибдат и паравольфрамат аммония) и НГМК (производствазакиси окиси урана).

В гидрометаллургическом производстве редких и редкоземельных металлов основным процессом является перевод извлекаемого металла в водорастворимую форму. традиционно применяют выщелачивание исходного материала разными растворами кислот и щелочей в различных температурах и условиях. Процессы ведут, в чанах с перемешивающими устройствами в обычных условиях и в специальных автоклавах при высокой температуре и давление. Результатами процессов выщелачивания

во всех вариантах являются пульпа с различными соотношениями Т:Ж (от 1:4 до 1:10-15), где в растворе находятся извлекаемый металл в различных концентрациях (от 50 мг/ л до 80 г/л). Самым трудоемким, сложным и ответственным процессом в гидрометаллургии является разделение твердой и жидкой фазы выщелачивания - фильтрация пульп. От качества проведенной фильтрации зависит извлечения металла, чистота конечной продукции и себестоимость производства.

С целью максимального уменьшения в технологических схемах гидрометаллургии, цветных металлов, передела фильтрации, процессы сорбции извлекаемых металлов непосредственно из пульп выщелачивания успешно внедрены в практику. При этом исключено разделение твердых и жидких фаз фильтрацией. Для извлечения урана из пульп автоклавно содового выщелачивания на СГХК применяется крупногабаритные сорбционные колонны СНК в виде пачука, диаметром около 3м и высотой ~10 м (рисунок .4).

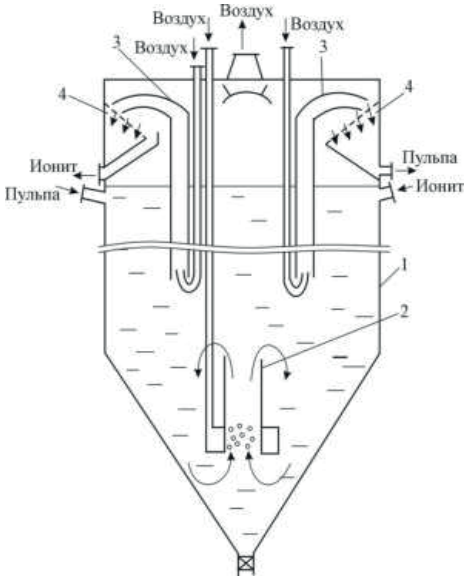


Рисунок 4. Ионообменный пачук: 1 – корпус; 2 – дефлектор; 3 – аэролифты; 4 – грохоты

.

Ионообменный пачук представляет собой цилиндрический аппарат диаметром 3–6 м и с высотой 10–20м. В нижней части находится коническое днище с углом конуса 60° для предотвращения накопления твердых частиц на днище. Для обеспечения взвешенного состояния пульпы и смолы устанавливается церкулятор с воздухораспределителем. Для перемешивания смолы и пульпы в церкулятор подается воздух. Для организации противоточного движения смолы и пульпы в верхней части пачука устанавливаются дренажные сетки, на которые с помощью эролифных насосов подается смесь смолы и пульпы. Раствор с твердыми частицами пульпы проходит через сетки в ящики, откуда самотеком перемещается в следующий аппарат.Частички смолы скатываются с сетки обратно в аппарат или в желоб, откуда перемещаются в другой аппарат навстречу потоку пульпы. В каскаде «сорбции» устанавливаются 8–12 ионообменных пачуков, в каскаде «десорбции» 2– или 4–6 пачуков меньшего размера. Между каскадами «сорбции» и «десорбции» устанавливаются промывочные колонны.

Внедрение процесса сорбции из пульп позволило на 5-10% повысить извлечение металлов, снизить в 2–3 раза энергозатраты, в 3–4 раза повысить производительность труда, сэкономить в большом количестве фильтрующие ткани и в несколько раз увеличить мощность предприятий.

Очевидно, эффективность сорбции из пульп значительно возрастает при совмещении процессов сорбции и выщелачивания. При введении ионита на стадии выщелачивания повышается извлечение ценных компонентов, существенно сокращается общее время обработки рудного материала, так как одновременно протекает перевод извлекаемого металла в раствор с дальнейшей сорбцией металла из него вионитом. После разделения ионита от пульпы рудного материала из насыщенного сорбента десорбируют металл в колоннах СНК, регенерированный сорбент возвращают в голову процесса сорбционному выщелачиванию в пульпе. Этот уникальная разработка назван академиком РАН Б.Н. Ласкорином «Без фильтрационное выщелачивание руд редких металлов и золото», авторы были лауреатами Ленинской премии Совета Министров СССР. Процесс внедрен на предприятиях «Росатома» и ЦГХК(СГХК) при переработке урановых руд, а также на ГП «Навоинский ГМК» при переработке золотых руд.

2. Совершенствование сорбционных процессов и аппаратов

Анализ и практика действующих сорбционных схем извлечение редких металлов вольфрама, молибдена и рения из промышленных и сбросных растворов с применением колонн с подвижным слоем ионитов показало, что качество конечной продукции не достигается требованиям мирового стандарта. Следовательно, необходимо провести дополнительную тонкую очистку конечной продукции от примесных металлов и элементов. Установлено, что получение чистых металлов зависит не только от выбранного метода ионного обмена или селективного ионита к извлекаемому металлу, но и от применяемого типа аппарата, где протекает тонкие химические процессы в среде фона растворенных солей и ионов примесных элементов, которые часто отрицательно влияют на селективность сорбции извлекаемого металла и в целом кинетику ионного обмена. Нами исследовано влияние солевых фонов на протекание ионообменных процессов в колоннах с подвижным слоем ионита. Выбор ионита осуществляется селективно к извлекаемому металлу, в зависимости на какой ионной форме он находится в исследуемом растворе (например, анионит или катионит, или нахождение ионита в форме SO_4, NO_3, Cl и т.д.). Режимы ведения ионообменных процессов исследуются индивидуально к каждому иону металла в статических условиях, однако результаты, полученные в динамических условиях на практике, не всегда подтверждают полученных высоких показателей статическом режиме по селективности извлекаемого металла. Часто в составе извлеченного металла содержаться сопутствующие примесные металлы или элементы. Известно, что выбранный ионит селективно сорбирует извлекаемый ион металла (если не учесть смешанных полиинов с примесными элементами), т.е. примесные ионы металлов или элементы не проникают в емкость ионита. Тогда, как проникли примесные элементы в состав десорбата? Исследованиями установлены, что поверхность насыщенного ионита облеплена ионами из исходного раствора и солей (вероятно, в силу электростатических взаимодействий), точнее насыщенный сорбент находясь в жидкости смочен исходным раствором, содержащий ионов примесных элементов и побочных солей. В процессе перегрузки насыщенной смолы в другую колонну в каскаде (десорбцию), с транспортной влагой попадает исходный раствор, который содержит ионов извлекаемого металла (пе успевший сорбироваться) и примесных металлов, а также ионы побочных солей. Данные причины загрязнение насыщенного сорбента является основным источником попадания примесных элементов в колонну десорбции и загрязняет товарный десорбат. Исходя из этого, весьма важным условием, при получении высоко качественного десорбата является необходимость глубокой очистки поверхности насыщенного ионита от облепленного примесного микро слоя и солевого фона создаваемым исходным раствором и эффективное разделение насыщенного сорбента от жидкой фазы и образующихся рассолов в процессе промывки. Тщательная промывка подвижного слоя ионита требует большого расхода дистиллированной воды (по принципу чем, больше промывки, тем выше качество продукта), что в последствии глубокой приводит к образованию большого количества промывных вод и дестабилизируют управление балансом жидких потоков сорбционной установки. В практике балансирование потоков растворов на сорбционных установках осуществляется в основном с уменьшением объемов промывных вод т.е. поверхность ионита плохо не очищается и в конечном результате, не достигается получение чистого товарного десорбата. Исходя из статических данных много летной практики и анализов исследований, Мы пришли к выводу, что несмотря на много численные преимущества в применении сорбционных колонн с подвижным слоем ионита (СНК) получение металлов высокой чистоты непосредственно из промышленных растворов невозможно. Безусловно, требуется последующий передел глубокой очистки десорбатов от примесей, что приведет к удлинению технологической схемы и снизит эффективность производства. Создание ионообменных аппаратов обеспечивающие получения селективно насыщенного ионита извлекаемым металлом с одной стороны, с глубоко очищенной поверхностью насыщенного ионита от облепленной пленки примесных элементов является весьма актуальной задачей в получение высоко чистого металла.

С целью исключения вышеназванных негативных процессов, протекающих в колоннах с подвижным слоем ионита, так же в создании стабильного фронта равных концентраций (работающего слоя) в колонне сорбции поведены исследовании по эффективной очистки поверхности ионитов от исходного раствора и присутствующего солевого фона. Для проведения исследований разработана экспериментальная ионообменная колонна по прототипу колонны фирмы «Gekko» периодического действия, которая изображена на рисунке 5.

Рисунок 5. Сорбционная колонна Gekko (GRC)

Сорбционная колонна Gekko (GRC) представляет собой многосекционную, противоточную, пульсирующую контактную емкость. Колонна состоит из 4-5 секций, заполненных ионитом и разделенных проволочными ситами 400 микрон. На базе традиционной колонны, работающей с неподвижным слоем ионита разработана и в верхней части смонтирована фильтрующая кассета, линии подачи оборотного раствора, аммиачной воды, азотной кислоты, дистиллированной воды, сжатого воздуха и коллектора для перевода растворов в следующую колонну по технологической цепочке и вывода сбросного раствора из объема колонны. В нижней части колонны смонтирован фильтрующий патрон, линии для подачи исходного раствора и коллектора для вывода растворов из объема колонны товарного десорбата и промывных и оборотных растворов. Дизайн колонны изображена на рисунке 6.

Из модернизированных колонн создана технологическая установка, каскад состоящий из четырех колонн работающих с неподвижными слоями ионита. Каскад обвязан в кольцо трубопроводами и коллекторами для подачи исходного раствора, вывода сбросного раствора, подачи сжатого воздуха, химических реагентов для десорбции зарядки ионита, воды для промывки и вывода оборотного раствора, промывных вод и вывода десорбата (товарного раствора процесс сорбции извлекаемого металла из раствора.

Установка работает в следующем алгоритме: исходный раствор насосом подается в нижнюю часть колонны 1, раствор фильтруется в нижнем патроне и проходит через слой неподвижного ионита и через верхние фильтрующие кассеты продавливается к следующим колоннам 2,3,4 и в конце выводится в коллектор сбросного раствора. При полном насыщении ионита извлекаемым металлом в колонне 1 подачу исходного раствора останавливают. Одновременно закрываются подачи раствора из колонны 1 в колонну2. Следовательно, в колонне 1 завершается сорбция извлекаемого металла из раствора. Колонна1 выводится из линии сорбционной установки в автономную работу, для проведения процессов промывки насыщенного сорбента, десорбции, промывки и зарядки ионита в периодическом режиме. После перевода колонны 1 в автономный режим работы, в колонну 2 подается исходный раствор. Аналогично, по алгоритму работы колонны 1 в колонне 2 проводятся процессы сорбции извлекаемого металла из раствора до полного насыщения ионита и вывода его на автономный режим работы. После перевода колонны 2 на автономный режим работы колонна1 включается в каскад колонн. Далее последовательно в колоннах 3 и 4 циклично повторяется алгоритмы сорбции извлекаемого металла из раствора и вывода их на автономный режим работы и возвращения в каскад колонн.

В колонне 1 при достижении полного насыщения ионита извлекаемым металлом (так же последовательно в колоннах 2,3,4), автономно проводятся технологические процессы извлечения металла из насыщенного ионита в следующем алгоритме: продувка воздухом исходного раствора из объема колонны; промывка насыщенного ионита от остатков исходного раствора и солевого фона дистиллированной водой ; продувка

воздухом промывной воды из объема колонны; подача десорбирующего раствора (возможно, много ступенчатой подачи)и проведение десорбции; продувка воздухом полученного десорбата из объема колонны; промывка очищенной водой поверхности ионита от остатков десорбата; продувка воздухом промывной воды из объеме колонны; подачи химического реагента (раствор HNO3) для регенерация ионита; продувка воздухом регенерирующего раствора из объема колонны; промывка ионита очищенной водой поверхности ионита и подготовка колонну к следующему циклу сорбции.

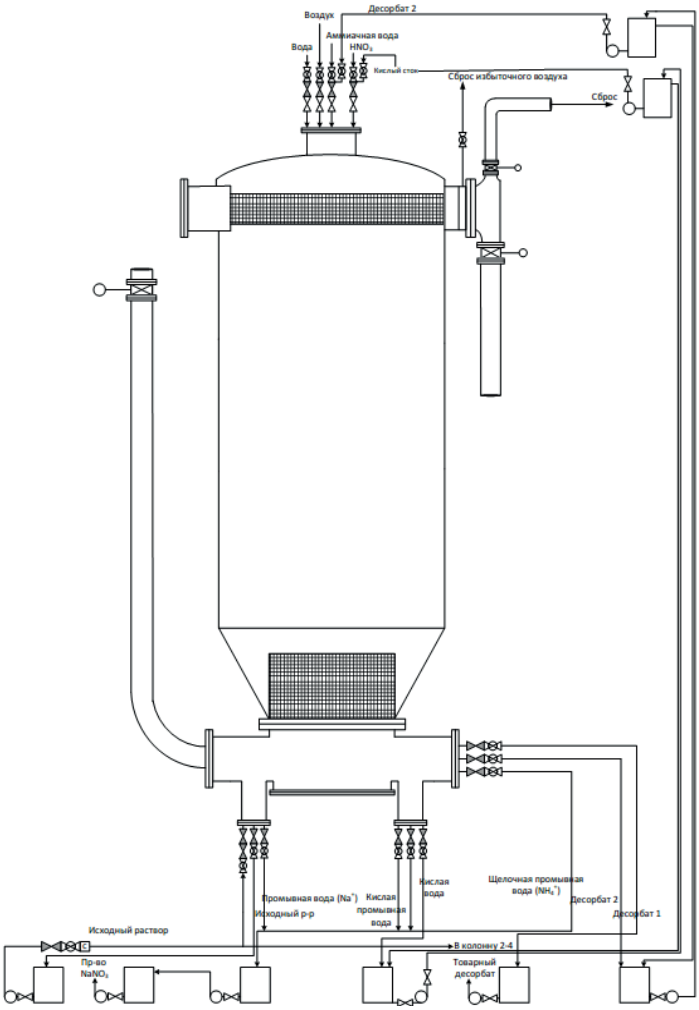


Рисунок 6. Конструкция сорбционной колонны с неподвижным слоем сорбента.

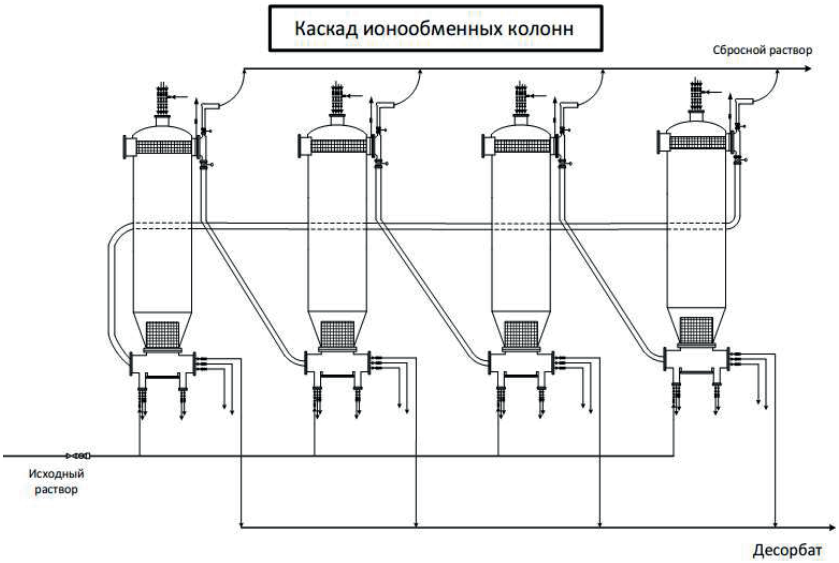


Рисунок7. Ионообменная установка из четырех колонн с неподвижным слоем ионита с новыми элементами в конструкции.

Далее колонна 1 включается в основную линию сорбционной установки, а в это время колонна 2 с насыщенным сорбентом переходит в автономный режим работы, так циклично продолжается работа каждой колонны (2,3 и 4). Таким образом, из четырех ионообменных колонн с неподвижным слоем ионита периодического режима работы создана единая линия сорбционных колонн (каскад) с кольцевой обвязкой технологических трубопроводов, обеспечивающая работу установки в непрерывном режиме. При этом колонны из установки с насыщенным сорбентом последовательно будут находится в автономном режиме работы, где проводятся технологические операции: удаление из колонн остатков исходного раствора продувкой воздухом, промывка поверхности ионита от следов технологических растворов и солевого фона , много ступенчатая десорбция извлекаемого металла соответствующими химическими реагентами, промывка поверхности ионита от примесных ионов и солевого фона, регенерация ионита выбранными химическим реагентам , промывка ионита и подготовка сорбента к новому циклу сорбции. Алгоритм работы колонн 1,2,3,4 и установки в целом управляется системой АСУТП, специально разработанной программой

Установлено, что кинетики сорбции извлекаемого металла из растворов в сорбционной установки состоящей из последовательно соедененных четырех колонн с неподвижным ионитом, в момент достижения полной степени насыщения ионита в колонне1, степень насыщения ионита в колонне 2 достигнет 40,0-50,0% от обменной емкости, в колонне 3 до 15,0-20,0%, а в колонне 4 до 5,0%. В колонне 4 обеспечивается установленная сбросная концентрация извлекаемого металла. Скорость насыщения сорбента зависит от выбранного ионита, содержание извлекаемого металла в растворе, скорость подачи раствора и требования к остаточному содержанию извлекаемого металла в сбросном растворе.

Особенностью работы разработанной колонны с неподвижным слоем ионита является то, что после каждой технологической операции жидкая фаза (исходный раствор, промежуточные растворы) и промывные воды из колонны выдавливаются воздухом, тем самым обеспечивает удаление с поверхности насыщенного ионита остатки технологических растворов и остатки солевого фона, возможно, так же полиионов - сопутствующих примесных элементов. Создаются весьма важные технологические условия для получения товарного десорбата высокой чистоты непосредственно из промышленных и продуктивных растворов.

Созданная линия из четырех сорбционных колонн с неподвижным слоем достигнута более эффективным использованием ионита в процессах сорбции и десорбции. Стабильное создание фронта равных концентраций (работающий слой) обеспечивает получение дасорбата, необходимой концентрации по извлекаемому металлу. Из технологических режимов исключена, так называемая стадия «ожидания ионита» рабочего слоя, т.е. ионит работает в непрерывном режиме. В результате достигнуто кратное сокращение количества ионита участвующего в процессе, достигается от 6 до 8 раз в перерасчете на выпуск единицу продукции. Данное преимущество сокращает операционные затраты сорбционного передела производства на 30-40%. Применение колонны с не подвижным слоем сорбента исключает процесс транспортировки ионита из одной колонны в другую, тем самым минимизирует механические повреждения ионита и увеличивает срок службы ионита и в конечном счете снижает удельную расходную норму ионита на единицу выпускаемой готовой продукции.

Разработанная и изготовленная сорбционная опытно промышленная установка прошла испытание на промышленных растворах на УзКТЖМ (НПО ПРМ и ТС АО АГМК), получен высоко чистый соли парамолибдата аммония соответствующей требованиям мирового стандарта. Дизайн разработанной колонны и каскада сорбционной установки включен в проект строительства нового цеха по переработке обожженного молибденового концентрата МПЗ «АО «Алмалыкский ГМК» содово – сорбционной технологией. В данное время на промышленной базе ИМЕТ АН РК завершается строительство опытно-промышленной сорбционной установки по извлечению никеля и кобальта из продуктивных растворов ПСВ месторождений РК с применением разработанной установки.

РАЗДЕЛ V
БЕЗОПАСНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМИ ОТХОДАМИ

ЯДЕРНЫЙ МИР: ВЧЕРА. СЕГОДНЯ.ЗАВТРА

Д. Ниханова, А. Давлетиярова
Департамент учета и контроля ядерных материалов, АО «НАК «Казатомпром»,
Астана, Казахстан

Широко известно, что первое применение ядерного оружия произошло 6 августа 1945 года против японского города Хиросима. Все, кто когда-либо слышал об этих испытаниях или знал людей, переживших атомные бомбардировки Хиросимы и Нагасаки, — вправе задать вопрос: почему ядерное оружие не только не было запрещено сразу после тех событий, но и заняло такое важное место в военно-политическом планировании государств, а его обретение стало заветной целью нескольких членов мирового сообщества?

Итак, ядерная эпоха началась в 1945 году, когда Соединенные Штаты Америки (США) испытали и применили ядерное оружие в первый раз на живых густонаселенных городах Японии. В 1949 году Союз Советских Социалистических Республик (СССР) последовали за США и испытали ядерное взрывное устройство. Далее на протяжении 12 лет ядерное оружие было создано в Великобритании в 1952 году, в 1960 году во Франции и в 1964 году в Китае. С нарастанием интереса к ядерному оружию и распространению его развития в крупных государствах встал вопрос о предотвращении ядерной войны, ведь последствия первого использования ядерного оружия в качестве способа одержания победы в военных действиях было настолько ужасно, чтобы относится к ядерному оружию как к просто очередному военному средству.

Однако, в 1950-е годы казалось, что мир избрал путь нарастания ядерного арсенала. Страны, в которых наука и экономика были на пути развития или уже являлись развитыми, развернули свои ядерные программы, в том числе Австралия, Швеция, Швейцария, Египет. Но уже в начале 1960-х годов главы государств начали осознавать последствия применения ядерного оружия, а также то, что данный вид оружия малоприменим в традиционных военных целях при тех расходах, которые должны быть затрачены на его разработку.

Страны, которые успели овладеть ядерным оружием были готовы воспрепятствовать распространению и возникновению новых государств, обладающих ядерным оружием. Все больше государств готовы были остановить или не начинать ядерные программы при условии гарантий того, что соседние государства также откажутся от развития атомной энергетики в военных целях.

Таким образом сложилась противоречивая ситуация, с одной стороны наличие ядерного оружия у небольшой группы стран способствовало его распространению, с другой- подавляющее большинство было заинтересовано в запрещении ядерного оружия, в том числе с целью предотвращения его распространения.

В итоге длительных официальных переговоров в 1968 году был разработан Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО), согласно которому только пять государств, имевших ядерное оружие к моменту заключения вышеуказанного договора и осуществившие ядерный взрыв до 1 января 1967 года, оставляли за собой право официально им владеть, в то время как подавляющее большинство других стран добровольно отказывались от этого права. Ядерными державами были признаны США, СССР, Великобритания, Франция и Китай.

В тоже время пятерка стран обладателей ядерным оружием обязались в рамках ДНЯО осуществлять программы по ядерному разоружению. Это обязательство и оказалось самым слабым звеном в цепочке

нераспространения ядерного оружия, ведь сам по себе процесс разоружения является длительным, тяжелым и весьма дорогостоящим.

На сегодняшний день имеется 4 государства, которые не входят в режим. Это Индия, Израиль, Пакистан и КНДР. Три страны, а именно Индия, Пакистан и КНДР провели свои испытания после подписания ДНЯО, а Израиль не признает наличия ядерных разработок и ядерного оружия. Таким образом, все вышеуказанные страны являются ядерными. Вступление новых нелегитимных «ядерных» государств в ДНЯО возможно только в качестве неядерных, т.е. в том случае, если они согласятся уничтожить свой ядерный потенциал.

Первым государством, выступившим против ДНЯО является Индия, которая считает, что ДНЯО носит дискриминационный характер. Перед мировым сообществом они задались вопросом, почему только пять государств оставили за собой право быть ядерными исключив из списка другие страны, которые также наработали ядерные мощности, которые могут обеспечить их национальную безопасность. Это стало одной из причин почему Индия не присоединилась к Договору.

Индия впервые провела испытания ядерного оружия в 1974 году, заявив, что эти разработки преследовали мирные цели. На протяжении 20 лет Индия продолжала разворачивать ядерную программу, но провела следующие испытания лишь в 1997 году. Пакистан в ответ развернул свою программу.

После проведения испытаний ядерного оружия Индией и Пакистаном против них были введены санкции на международном уровне, однако позже они были частично сняты, в том числе для того чтобы эти государства не распространяли ядерное оружие или технологии. Таким образом сегодня Индия и Пакистан имеют статус официально непризнанных ядерных государств.

В этом смысле Пакистан наиболее «опасен», т.к. в 2004 году Пакистан был уличен в незаконной передаче ядерных технологий в Северную Корею, Ливию и Иран. Позже доказательства передачи технологий были обнаружены благодаря ливийскому лидеру Муамару Кадафи, когда тот решил прекратить разработку военной ядерной программы и предоставил инспекторам Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) всю документацию. Там и обнаружился компромат на пакистанских ядерщиков. А Индия представила мировому сообществу достаточно эффективный национальный механизм экспортного контроля, заключив ряд международных договоров с отдельными государствами и взяв на себя обязательства по контролю перемещения ядерных технологий.

Тогда возникла интересная ситуация. Фактически Индия и Пакистан являются ядерными государствами, а юридически не имеют права вступить в ДНЯО на законных основаниях. При этом научные разработки, развитие ядерных программ этих государств и их желание стать ядерными державами со всеми обязательствами по ДНЯО не поддерживают не только пятерка признанных обладателей ядерного оружия, но и большинство остальных членов Договора.

Израиль также не хочет быть участников ДНЯО в статусе не обладателя ядерного оружия. В отличии от Северной Кореи Израиль никогда не заявлял о существовании ядерной программы или попытках проведения испытания ядерного оружия, но экспертами не раз публиковалась информация о том, что Израилю удалось довести уровень развития ядерных технологий до мощности, которая может позволить создать порядка пятидесяти плутониевых бомб. На известные ядерные объекты, работающие на мирное использование атомной энергии, Израиль никогда и никого не пускал. На сегодняшний день Израиль хотел бы вступить в ДНЯО, но как неядерное государство оно должно будет заключить соответствующие международные соглашения, которые повлекут за собой обязательства по обеспечению доступа на действующие объекты, а значит рассекретить разработку ядерного оружия. Израиль не раз заявлял о готовности вступления в ДНЯО, в случае урегулирования существующего конфликта на Ближнем Востоке и получения гарантий безопасности без обладания ядерным оружием.

Официально Израиль не производил испытаний ядерного оружия. Однако, по информации экспертов, такие испытания могли быть произведены в 1970-х годах совместно с ЮАР.

Надо понимать, что вышеуказанные государства являются неядерными и признать их ядерными невозможно, потому что для целей ДНЯО ядерными державами признаются государства, осуществившие ядерный взрыв до 1 января 1967 года. Изменить условия действия Договора не представляется возможным, так как данное решение должны принять и ратифицировать все участники Договора.

Вместе с тем, следует отметить, что в большинстве случаев разработка ядерной программы государств,

которые в дальнейшем отказались от ее разработки и вступили в ДНЯО и четверки непризнанных ядерных стран, носила характер обеспечения региональной безопасности во взаимоотношениях с соседями, так, израильская программа изначально была связана в основном с урегулированием региональной ситуации, в частности, в следствии возникновения угрозы со стороны арабских стран, а Египетская ядерная программа была спровоцирована ощущением угрозы со стороны Израиля.

Четвертым и самым «ярким» государством, которое сначала поддержало режим действия ДНЯО, а затем оказалось вне режима является КНДР. Развитие ядерных технологий глава КНДР объясняет потребностями безопасности не только на региональном уровне.

Начало атомной программы КНДР датируется серединой 1950-х годов, когда отношения с СССР позволяли развивать ядерные технологии настолько, что была запущена ядерная программа. Став в 1974 году членом МАГАТЭ, КНДР получила доступ к материалам по ядерно-топливному циклу, что дало мощный толчок в освоении ядерных технологий и разработки собственного ядерного оружия. Для продолжения сотрудничества в развитии атомной энергетики в 1985 году КНДР подписала ДНЯО. Первые инспекции МАГАТЭ прошли в 1992 году, и сразу были установлены факты производства плутония в "меньшем количестве, чем это требуется для создания ядерного оружия, но в большем, чем КНДР утверждала ранее". В 1993 году КНДР заявило о начале процедуры выхода из ДНЯО. До 2017 года КНДР провело ряд испытаний ядерного оружия, в том числе термоядерные, в 2018 году лидер государства заявил о приостановке проведения дальнейших испытаний, однако в 2020 году в одностороннем порядке мораторий прекращен.

В настоящее время отсутствует единая точка зрения положения КНДР как участника ДНЯО, считается, что государство не полностью выполнило необходимые процедуры, связанные с выходом из Договора. Неготовность КНДР к компромиссам, а также отсутствие доступа к имеющимся ядерным ресурсам государства делает ядерную программу КНДР самой серьезной угрозой для политической стабильности в регионе.

Распределение положения Израиля, Индии, Пакистана и КНДР в международном режиме нераспространения ядерного оружия приведены на рисунок 1.

Рисунок 1

При этом, Статья VI ДНЯО – «Каждый Участник настоящего Договора обязуется в духе доброй воли вести переговоры об эффективных мерах по прекращению гонки ядерных вооружений в ближайшем будущем и ядерному разоружению, а также о договоре о всеобщем и полном разоружении под строгим и эффективным международным контролем.»

ДНЯО стал самым универсальным договором за всю историю дипломатии, а Статья VI Договора стала международно-правовым основанием для движения к безъядерному миру.

С момента подписания Договора важной функцией МАГАТЭ стало осуществление контроля исполнения гарантий и нераспространения исходного или специального расщепляющегося материала, а также оборудования любому государству, не обладающему ядерным оружием, для мирных целей, если на этот материал не распространяются гарантии в соответствии со Статьей III Договора.

МАГАТЭ является единственным в мире международным инспектором по вопросам ядерных гарантий и контроля за мерами в области гражданских ядерных программ. Организация была создана в рамках Организации Объединенных Наций (ООН) в 1957 году и призвана контролировать атомную энергию и содействовать ее использованию.

Как упоминалось выше одним из обязательств по исполнению ДНЯО при подписании Договора ядерными державами стало ядерное разоружение.

На протяжении почти полувека вся работа по практическому контролю, сокращению и уничтожению ядерного оружия в основном велась двумя ядерными державами – СССР и США.

Несмотря на прогресс в сокращении арсеналов ядерного оружия со времен холодной войны, совокупный мировой запас ядерных боеголовок остается на очень высоком уровне: по состоянию на начало 2022 года девять стран обладали примерно 12 700 боеголовками.

Примерно 90 процентов всех ядерных боеголовок принадлежат России и Соединенным Штатам, у каждого из которых в военных запасах имеется около 4000 боеголовок; ни одно другое государство, обладающее ядерным оружием, не видит необходимости в более чем нескольких сотнях единиц ядерного оружия для национальной безопасности.

Во всем мире общий запас ядерного оружия сокращается, но темпы сокращений замедляются по сравнению с прошлыми 30 годами. В отличие от общего запаса ядерного оружия, количество боеголовок в глобальных военных запасах, которые включают боеголовки, предназначенные для оперативных сил, снова увеличивается. Соединенные Штаты по-прежнему медленно сокращают свои ядерные запасы. Франция и Израиль имеют относительно стабильные запасы. Но считается, что Китай, Индия, Северная Корея, Пакистан и Соединенное Королевство, а также, возможно, Россия увеличивают свои запасы (рисунок 2).

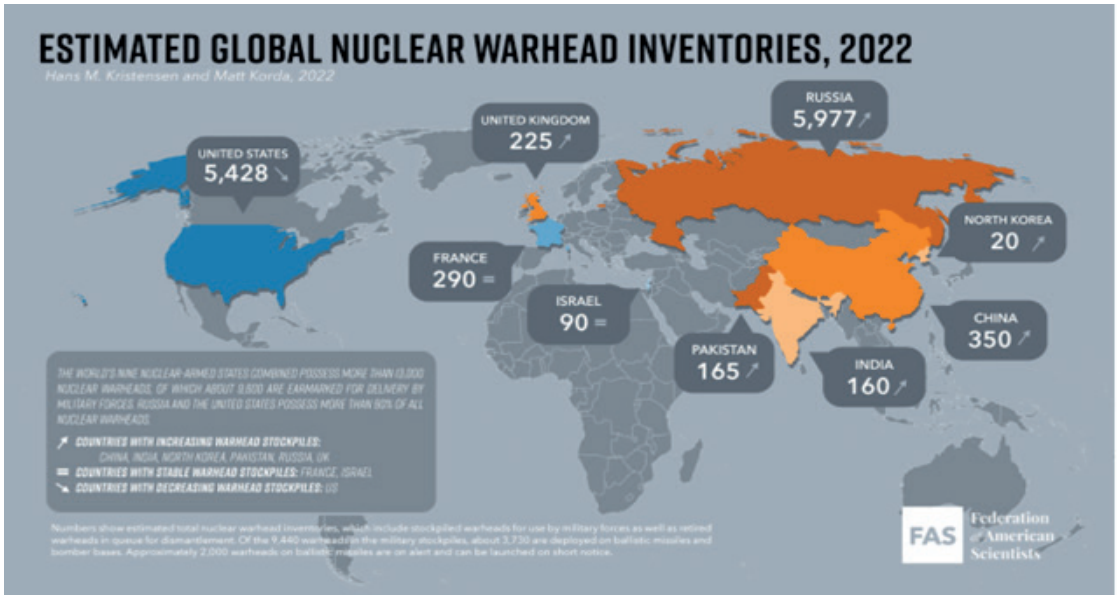


Рисунок 2

Точное количество ядерного оружия, имеющегося в распоряжении каждой страны, является тщательно охраняемой национальной тайной. Большинство государств, обладающих ядерным оружием, практически не предоставляют информации о размерах своих ядерных запасов. Однако степень секретности значительно варьируется от страны к стране.

В историческом контексте количество ядерного оружия в мире значительно сократилось со времен холодной войны: с пика примерно в 70 300 единиц в 1986 году до примерно 12 700 единиц в начале 2022 года. Правительственные чиновники часто характеризуют это достижение как результат действующих или

недавних соглашений о контроле над вооружениями, но на самом деле подавляющая часть сокращения произошла в 1990-х годах. Некоторые также сравнивают сегодняшние цифры с показателями 1950-х годов; сегодняшние силы гораздо более боеспособны.

Темпы сокращения значительно замедлились по сравнению с 1990-ми годами и, по-видимому, продолжаются только из-за демонтажа списанного оружия; тенденция такова, что военные запасы (пригодное для использования ядерное оружие) снова увеличиваются.

Вместо планирования ядерного разоружения государства, обладающие ядерным оружием, по-видимому, планируют сохранить большие арсеналы на неопределенное будущее. Как таковые, они противоречат цели и духу ДНЯО.

Все они продолжают модернизировать свои оставшиеся ядерные силы значительными темпами, некоторые добавляют новые типы и/или повышают роль, которую они играют в национальной стратегии и публичных заявлениях, и все, похоже, привержены сохранению ядерного оружия на неопределенное будущее.

Действующий международно-правовой режим нераспространения ядерного оружия, сложившийся вокруг ДНЯО, сумел замедлить распространение ядерного оружия в мире. Более десятка государств, располагающих техническими возможностями по созданию ядерного оружия, добровольно отказалось от приобретения ядерного статуса. Имеется прецедент, когда одна из стран, ЮАР, пошла на ликвидацию уже созданного ядерного потенциала. Этот режим оказал сдерживающее воздействие и на государства, не присоединившиеся к ДНЯО. Они были вынуждены пойти на самоограничения при проведении ядерных испытаний, а также предпринять меры по предотвращению утечек своих ядерных технологий. Даже наиболее проблемный случай КНДР, создававшей ядерное оружие в нарушение обязательств по Договору, все же свидетельствует о том, что факт нарушения мобилизовал международное сообщество на активные действия, направленные на ликвидацию ядерной программы этой страны и ее возвращение в ДНЯО. При этом созданный в рамках МАГАТЭ режим инспекций выявил факты нарушений и был вновь задействован в целях мониторинга за выполнением денуклеаризации этой страны.

Механизм регулярного обсуждения действия пунктов ДНЯО дает перспективу быстрого реагирования на распространение научно-технических знаний для развития ядерных технологий вне режима

Скорость распространения информации и технологий в современном мире и требует от международного сообщества интенсивных усилий по укреплению режима нераспространения – как в рамках имеющегося комплекса мер, так и путем выработки новых решений.

В августе 2022 года в Нью-Йорке прошла десятая конференция по рассмотрению действия ДНЯО, и в ней приняли участие все государства-участники, государства-наблюдатели и межправительственные организации. На этом собрании состоялись интенсивные обсуждения всех аспектов ДНЯО и ядерной архитектуры в целом, таких как ядерное нераспространение, разоружение и мирное использование ядерной энергии. Однако до принятия консенсуса/заключительного документа так и не дошло.

Необходимость рассмотрения «Новых прорывных технологий на ДНЯО была давней проблемой, особенно с наступлением третьего ядерного века (три десятилетия после окончания Холодной войны в академической литературе). Технологические достижения, включая искусственный интеллект (ИИ) и гиперзвуковое оружие, влекут за собой неблагоприятные последствия для оружия массового уничтожения, но и для обычных и гибридных войн. Существует множество исследований о том, как системы искусственного интеллекта в сочетании с ядерными возможностями могут сократить время принятия решений для реагирования на потенциальные угрозы. При передовом машинном обучении скорость становится критическим фактором и в сочетании с отсутствием вмешательства человека может привести к непреднамеренной эскалации. Точно так же другие угрозы, такие как кибератака, могут нанести такой же ущерб без применения ядерного оружия.

ДНЯО, разработанный в 1968 году, был основан на принципе сдерживания, чтобы помочь смягчить сценарии взаимного гарантированного уничтожения (MAD). Однако с учетом упомянутых выше технологических достижений само понимание понятий «сдерживание» и «стабильность» требует пересмотра. Однако в настоящее время ДНЯО все еще глубоко укоренен в разговорном языке времен Холодной войны, и ему не хватает надежных структур, позволяющих отслеживать быстро меняющуюся ситуацию в области безопасности и реагировать на нее. Сегодня большинство государств, будь то

государства, обладающие или не обладающие ядерным оружием, или даже государства, не являющиеся участниками ДНЯО, такие как Израиль, обладающие ядерным потенциалом, имеют средства для нанесения непоправимого ущерба противнику, не нарушая действующие ядерно-правовые документы, такие как ДНЯО.

Проект итогового документа, хотя и не был принят, признавал существующие и возникающие угрозы ядерной безопасности и призывал государства-участники реагировать на такие угрозы. В документе упоминается о необходимости для государств, обладающих ядерным оружием, вести диалог с государствами, не обладающими ядерным оружием. Тем не менее, предметные дискуссии по EDT, дорожной карте по устранению этих угроз и, что наиболее важно, ее последствиям для вековых представлений о ядерном сдерживании остаются труднодостижимыми в рамках ДНЯО, поэтому существует риск того, что в ближайшем будущем он станет излишним.

Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш в своем вступительном слове на RevCon подчеркнул, что «Мир не может быть достигнут в отсутствие доверия и взаимного уважения». Доверие между государствами-участниками составляет основу, на которой зиждется ДНЯО. Истоки глобального ядерного порядка, основополагающей опорой которого был этот Договор, были основаны на определенном консенсусе между великими державами, обладающими потенциалом ядерного оружия, и государствами, не обладающими ядерным оружием, и который проявился в форме большой сделки, на которую согласились последние.

С момента принятия ДНЯО в 1968 году как минимум четыре государства разработали потенциал ядерного оружия, ни одно из которых не является участником договора. Ни для кого не секрет, что эти государства не собираются ни отказываться от своего ядерного оружия, ни присоединяться к договору в качестве государств, не обладающих ядерным оружием, о чем ясно свидетельствуют заявления глав государств на протяжении последних десятилетий. В проекте заключительного документа содержался громкий призыв к «Индии, Израилю и Пакистану присоединиться к Договору в качестве государств, обладающих ядерным оружием, безотлагательно и безоговорочно».

Будущее ДНЯО и глобального ядерного порядка в целом зависит от возрождения консенсуса. Такие рекомендации, как предложение ассоциированного членства в ДНЯО таким государствам, как Индия и Пакистан, а также государствам, таким как Иран и Северная Корея, или создание структуры ДНЯО-плюс, которая предоставила бы этим государствам признание и статус, которые они желают. Но пока ни одно из этих предложений не дошло до переговоров. На каждой конференции по ДНЯО подчеркивается универсальность договора, фактически не вникая в детали того, как добиться универсальности в истинном смысле, учитывая, что почти половина государств с заявленным потенциалом ядерного оружия продолжают денонсировать договор и остаются вне его рамок. Такие переговоры необходимо провести, чтобы устранить препятствия на пути к достижению прогресса в области разоружения и нераспространения.

Сегодня необходимо признать, что в целом мировому сообществу удается сдерживать незаконное распространение ядерного оружия, ведь несмотря на всю историю становления действующего режима, на все попытки разными странами в тот или иной период завладеть притягательными ядерными технологиями и разработать ядерное оружие в качестве сдерживающего фактора для обеспечения безопасности или способа влияния на региональном уровне, лишь девять государств в настоящий момент обладают ядерным оружием, при чем пять из них совершено законно. Однако нельзя упускать из виду тот факт, что возросший уровень террористических угроз, развитие ядерных технологий, нарастание напряженности политических взаимоотношений между отдельными государствами ставят перед существующим режимом нераспространения ядерного оружия новые вызовы.

События быстроменяющего мира заставили задуматься о необходимости пересмотра старых шаблонов и сценариев действия для сохранения режима нераспространения незаконных ядерных технологий, в то время как ядерное оружие может стать не только рычагом влияния на политической арене, но и потенциальным средством нарушения безопасности. Вместе с тем лидеры всех государств должны понимать, что реформы в существующем режиме контроля и сдерживания ядерного вооружения возможны только при коллективном сплочении всех участников Договора. Ядерные державы должны запустить механизм реорганизации действующих норм на основе опыта и знаний в работе с атомной энергией, а остальные государства на основе доброй воли принять факт того, что только ограничение и соблюдение утвержденных требований международных соглашений могут обеспечить стабильность режима нераспространения ядерного оружия, а значит безопасность всего мира в целом.

РАДИАЦИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ БЕТОНА НЕЙТРОНАМИ

Чеботарев К.Р., Ван Ц.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В значительной части конструкции легководных реакторов используется бетон, включая конструкции, связанные с безопасностью, такие как строения биологической защиты и защитной оболочки. Бетон – это сложный материал. Свойства бетонных конструкций изменяются в зависимости от их срока службы из-за внутренней природы бетона и влияния окружающей среды. При длительном воздействии радиационного облучения на бетонные конструкции в ходе эксплуатации возникают вредные последствия, такие как потеря механической прочности за счет радиационного набухания агрегатов. Это приводит к объемному расширению бетона. Влияние этого явления возрастает ближе к концу срока службы биологического щита.

Бетон является наиболее распространенным и преобладающим материалом, используемым в строительстве легководных реакторов. Основанными конструкциями, выполненными из бетона, являются: фундаменты, опоры, биологическая защита и защитная оболочка. Многие из этих конструкций большие и незаменимые; следовательно, долговечность конкретного ядерного объекта может зависеть от долговечности этих бетонных конструкций. Микроструктура и, следовательно, свойства бетона со временем изменяются из-за медленной гидратации, кристаллизации аморфных компонентов и реакции между цементным раствором и заполнителями, а также влияние местные условия, такие как влажность, температура, радиационное и/или химическое воздействие.

Прогнозируется, что по мере старения конструкции на бетонной основе вредное воздействие местной окружающей среды будет увеличиваться.

Увеличение срока эксплуатации легководных реакторов возобновил изучение радиационного воздействия на бетон. Особый интерес представляют ожидаемые радиационное воздействие (флюенс или доза) на бетонные конструкции в типичных конфигурациях реакторов и возникающие в результате изменения механических и физических свойств.

Биологическая защита. Радиационное воздействие

Как уже отмечалось, бетон используется в самых разных конструкциях типичных легководных реакторов.

Облучение бетонных конструкций на установках по отношению к общему радиационное воздействие, стены биологической защиты представляют первостепенный интерес, поскольку они связанны с безопасностью конструкции ограждают реактор и обеспечивают необходимую радиационную защиту. Биологический экран представляет собой бетонную конструкцию в непосредственной близости от активной зоны реактора и, как ожидается, наблюдаются самые высокие уровни радиационного облучения за весь срок службы легководного реактора.

Бетон, обычно используемый в конструкциях, связанных с ядерной безопасностью, таких как биологический щит, состоит из цемента, песка, воды, различных минеральных или химических добавок для улучшения свойств или характеристик бетона. Для защиты от биологического излучения используются тяжелые или плотные заполнители, такие как бариты, лимониты, магнетиты и др. для уменьшения толщины и удовлетворения требований по затуханию. Толщина биологического экрана может достигать нескольких метров в глубину, в зависимости от проекта. Поля излучения, потенциально воздействующие на материалы экрана, обычно описываются в терминах флюенс нейтронов и доза гамма-излучения. Хильсдорф и др. предположили, что флюенс нейтронов, превышающий $1{,}0 \times 10^{19}$ н/см^2, может отрицательно сказаться на прочности и модуле упругости бетона. Контани и др. предположили, что эффекты нейтронного и гамма-излучения могут быть подразделены по воздействию на водные/гидратированные/кристаллические фазы с гамма-излучением. Излучение, касающиеся взаимодействий нейтронов с бетоном потенциально значительно влияет на кристаллические фазы. Эксперименты с гамма-излучением, проведенные Контани и др. указали на ограниченное разложение воды исключительно под воздействием гамма-излучения и предположили незначительное влияние на прочность бетона. В данной работе обзор влияния сосредоточен на пагубном влиянии нейтронов.

Ожидаемые уровни флюенса и максимальный флюенс нейтронов до разрушения бетона обсуждается как $1{,}0 \times 10^{20}$ н/см^2 для быстрых нейтронов и $2{,}0 \times 10^{10}$н/см^2 рад для гамма-облучения было предложено Маруяма и др. в качестве пороговых уровней. В то время как Комитет ACI цитирует компиляцию Хильсдорф и предлагает $1{,}0 \times 10^{21}$ н/см^2. где потеря механических свойств бетона устанавливается по консервативным пределам плотности энергии на уровне $1{,}0 \times 10^{13}$ н/см^2. Для предотвращения деградации, вызванной радиацией в течении всего срока службы, Британский институт стандартов утверждает, что нейтронное излучение не должно оказывать существенного влияния ниже $5{,}0 \times 10^{17}$ н/см^2.

Таким образом, крайне важно оценить возможное суммарное радиационное облучение биологической

защиты за 80 лет и какое влияние окажет полный флюенс нейтронов на свойства конструкций из бетона. Пока нет регламентного контроля радиационных полей в биозащитах, на многих атомных электростанциях проводятся дозиметрические измерения за пределами корпуса реактора. Это позволяет получать данные о дозах облучения, наблюдаемых за пределами корпуса и вблизи поверхности биологической защиты.

Моделирование переноса радиации

Моделирование переноса излучения было основано на компьютерных моделях, разработанных ранее для сравнительного анализа методологии расчета переноса излучения для программ наблюдения за корпусом реактора и для исследований нейтронного облучения корпуса реактора. В рассмотренных работах был использован метод синтеза потоков, основанный на двумерных и одномерных транспортных расчетах для получения оценки потоков нейтронов в трехмерных геометриях.

Результаты и обсуждение на основе моделирования переноса излучения

Расчетное изменение потока нейтронов через корпус реактора, полость и биологический экран в радиальное направление для трехконтурной установки показано на рисунке 1.

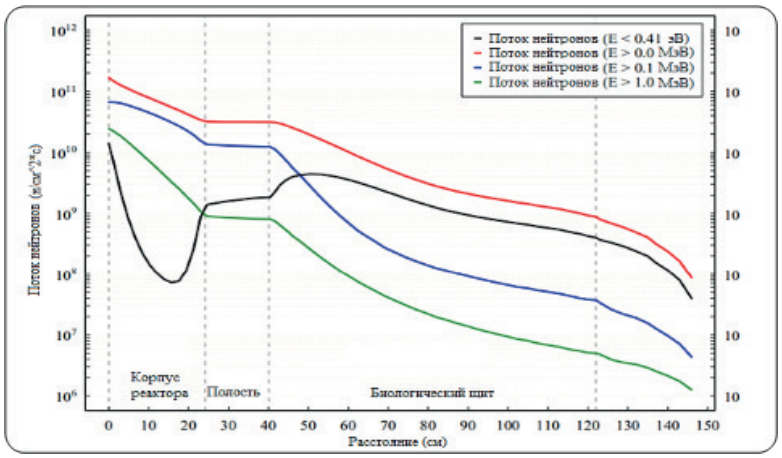


Рисунок – 1 Распределение нейтронного потока при заданных значениях отсечки энергии нейтронов в трехконтурном реакторе в радиальном направлении от центра

На рисунке 1 показаны кривые для потоков нейтронов с разной энергией отсечки, а также потока тепловых нейтронов (E <0,41 эВ), чтобы показать, что различные энергетические области спектра нейтронов оказывают разное воздействие и следовательно, спектр нейтронов существенно изменяется в рассматриваемых структурах. Расчеты оценивают потоки нейтронов (для отсечки 0,1 МэВ и 1 МэВ), наблюдаемые со стороны биологической защиты на 20-30 % ниже максимального потока на внешнем радиусе корпуса реактора.

Прочность облученного бетона на сжатие

Как показано, в большинстве доступной литературы сообщается о значениях остаточной прочности на сжатие для бетона, облученного нейтронами. На рисунке 2 представлены данные в диапазоне флюенсов нейтронов от $1x10^{14}$ н/см^2 до $1x10^{22}$ н/см^2, а на рисунке 3 представлены данные в диапазоне от $1x10^{18}$ н/см^2 до $1x10^{21}$ н/см^2. Пунктирная линия на рисунках 2-3 и последующих рисунках представляет собой нелинейную оценку экспоненциальной функции по методу наименьших квадратов в качестве ориентира, в то время как заштрихованный многоугольник представляет 90% интервал предсказания. Данные о прочности на сжатие при более низких уровнях плотности энергии, чем показанные на рисунке 2, приведены в литературе, но показали незначительные изменения прочности на сжатие после нейтронного облучения и поэтому не представлены. Обновленные данные на рисунках 2 и 3 согласуются с нисходящей тенденцией в относительная прочность на сжатие с увеличением флюенса нейтронов, представленная Хилсдорф и др. (1978) и Марьяма и др. (2013). Здесь снижение прочности на сжатие наиболее выражено при значениях плотности потока энергии более $(1,0\text{-}2,0)x10^{19}$ н/см^2, где остаточная прочность на сжатие ограничивается снизу примерно 50% исходной прочности примерно при $1,0x10^{20}$ н/см^2. Следует отметить, что отсечка энергии нейтронов в этих точках данных отличается от исследования к исследованию.

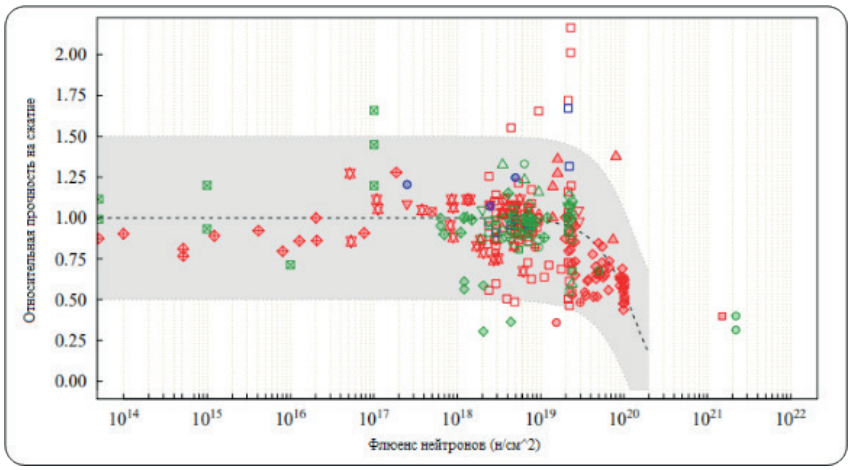


Рисунок 2 – Прочность на сжатие образцов бетона и раствора, в зависимости от флюенса нейтронов

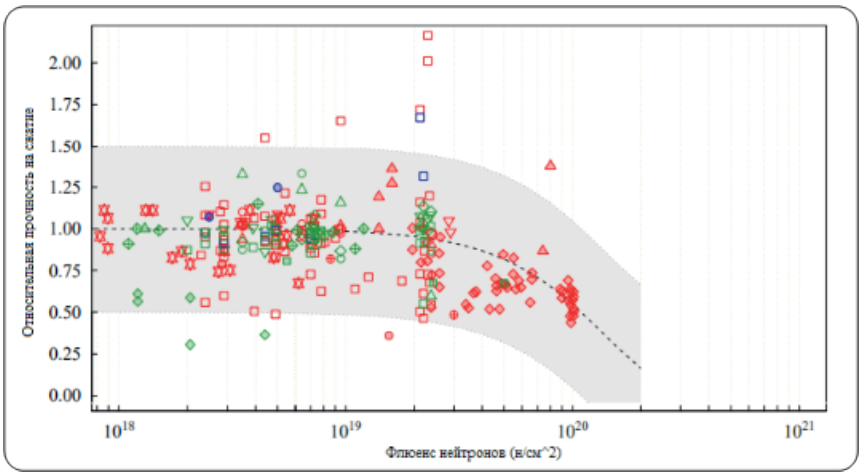


Рисунок 3 – Относительная прочность на сжатие образцов бетона и строительного раствора в зависимости от флюенса нейтронов в диапазоне $1x10^{18}$ н/см^2 до $1x10^{21}$ н/см^2

Для данных на рисунках 2 и 3 спектр нейтронов и температура образца отличаются для разных экспериментов. Кремнистый бетон обозначен красными символами, известняковый - синим, а разные бетоны - зеленым. Закрашенные символы обозначают эксперименты, проведенные при температуре выше 100°С; открытые символы - для экспериментов, проведенных при температуре ниже 100 °С. Предполагается снижение прочности на уровне $2x10^{19}$ н/см^2 и выше.

Прочность облученного бетона на растяжение

На рисунке 4 представлены сводные данные по значениям остаточной прочности на растяжение нейтронно-облученного бетона. Для оценки воздействия радиации на бетон прочность на растяжение может быть важнее, чем прочность на сжатие, поскольку она напрямую связана с конструкционными характеристиками компонента под нагрузкой сдвига. Сообщаемые данные были получены либо с помощью испытаний на растяжение или с использованием более распространенных испытаний на изгиб (модуль разрыва). Модуль разрыва обычно сообщает о более высоких значениях прочности по сравнению с прямыми или непрямыми испытаниями на растяжение, и поэтому данные на рисунке 4 нормализованы данными прочности на растяжение без облучения, чтобы устранить погрешность в данных из-за конфигурации испытаний.

Та же схема разделения, что и на рисунках 2 и 3, также используется для рисунка 4. Влияние нейтронного облучения на прочность бетона на растяжение значительно больше, чем на прочность на сжатие. Остаточная прочность на растяжение при значениях около $2,0x10^{19}$ н/см^2 была ограничена снизу на уровне 25% от начального значения по сравнению с 50% от начального значения, наблюдаемого в прочности на сжатие. Сообщается о самой высокой потере прочности при облучении при температуре выше 100° С. Этот результат является ожидаемым, так как, воздействие повышенных температур на кремнеземистый бетон снижает предел прочности при растяжении с повышением температуры. Существенная разница между пределом прочности облучённого и необлучённого бетона на растяжение в первую очередь связаны с радиацией, причем повышенные температуры облучения оказывают незначительное влияние. Это

указывает на то, что бетон и растворы, облученные выше 1,0x10^{19} н/см^2 может привести к заметному снижению конструктивных характеристик при эксплуатации в условиях нейтронного излучения.

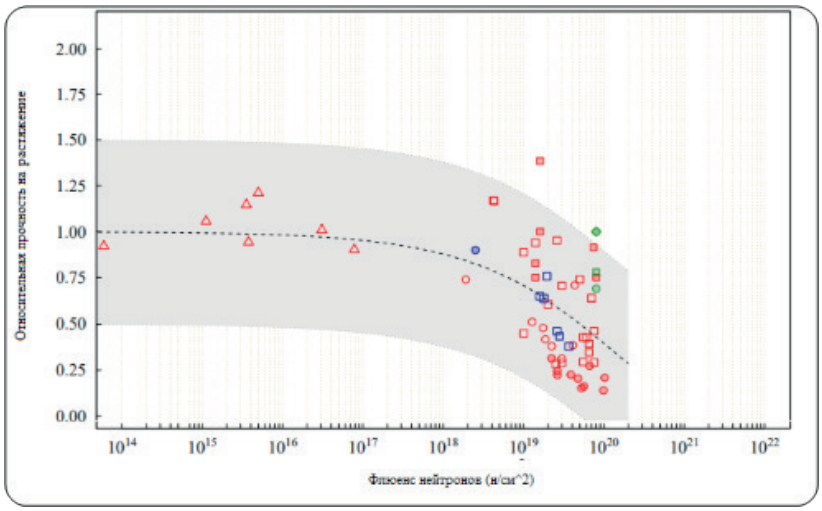


Рисунок 4 – Значения относительной прочности на растяжение (изгиб) образцов бетона и раствора в зависимости от флюенса нейтронов

Для рисунка 4 использованы такие же обозначения, как на рисунках 2 и 3. Для разных экспериментов отличаются спектр нейтронов и температура образца. Предполагается сильное снижение предела прочности при растяжении выше 1x10^{19} н/см^2.

Изменчивость и большой разброс данных по прочности на растяжение по сравнению с данными прочности на сжатие могут быть связаны с различиями в составе смеси, такими как размер заполнителя и пропорции смеси, поскольку было показано, что прочность на растяжение чувствительна к таким переменным. Ограниченные данные о значениях прочности на растяжение при облучении ограничивают перекрестное сравнение между тремя различными типами заполнителей. Только два исследования были проведены на несиликатном или карбонатном материале: Хорбан и Вандескаф сообщили о снижении начальной прочности на 15-30% на баритовых и магнетитовых растворах, в то время как Раппен сообщил об увеличении прочности на растяжение под действием облучения. Ограниченное количество известняковых бетонов показало тенденции, сходные с тенденциями для бетонов на основе кремнистых заполнителей, что указывает на возможную нечувствительность прочности на растяжение к заполнителю, используемому в облученном бетоне, хотя для подтверждения потребуются дальнейшие исследования.

Модуль упругости облученного бетона

Уменьшение модуля упругости при нейтронном воздействии представлено на рисунке 5. Данные здесь нормализованы по отношению к необлученному модулю упругости, о котором сообщают авторы, в попытке нормализовать данные для различных экспериментальных конфигураций. На основании представленных данных влияние нейтронного облучения на модуль упругости меньше, чем на прочность на сжатие или прочность на растяжение. Тенденция к постепенному снижению наблюдается выше 2,0x10^{19} н/см^2 для бетонов, содержащих все типы заполнителей. Наибольшее снижение модуля упругости наблюдается в исследованиях, проведенных при температуре выше 100°C, с максимальной потерей ~60%, о которой сообщают Дубровский и др. на кремнистом бетоне при плотности потока энергии >1,5x10^{19} н/см^2 (E >0,8 МэВ). В то время как в исследованиях, проведенных при температуре ниже 100°C при аналогичных уровнях плотности энергии, сообщается об ограниченной потере модуля упругости. Как сообщает Хилсдорф и др., уменьшение модуля упругости при флюенсе нейтронов выше 1,0x10^{19} н/см^2 может быть связано с одновременным воздействием высокой температуры и радиации в опубликованных данных. Несколько авторов сообщали, что влияние температуры на модуль упругости бетона монотонно уменьшается с повышением температуры. Кроме того, снижение эластичности зависит от типа заполнителя, поскольку известно, что содержащий кремний бетон имеет большее снижение эластичности, чем другие типы заполнителя. Отклик модуля упругости облученного бетона представляет собой суперпозицию как нейтронного облучения, так и повышенной температуры.

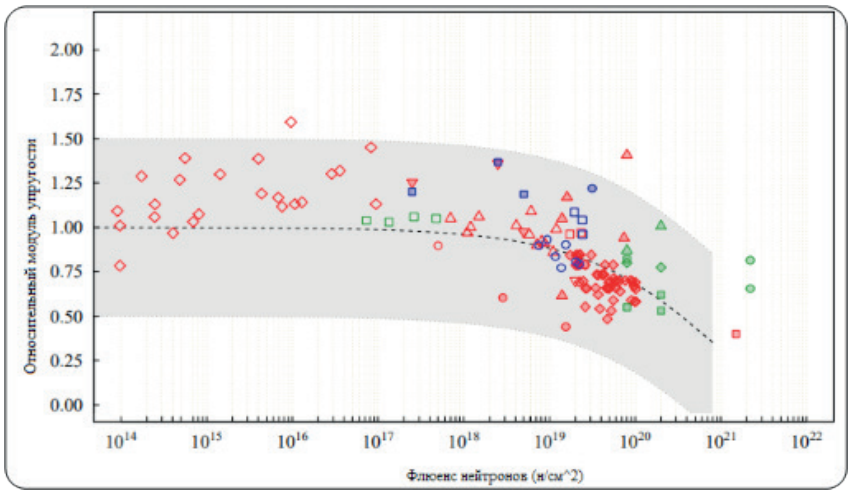


Рисунок 5 – Относительные значения модуля упругости образцов бетона и раствора в зависимости от флюенса нейтронов. Использованы те же обозначения, что на рисунках 2-4. Для разных экспериментов отличаются спектр нейтронов и температура образца. Предполагается постепенное уменьшение модуля упругости выше $1x10^{18}$ н/см^2

Влияние радиации на физические свойства бетона

Потеря веса облученного бетона, в зависимости от воздействия нейтронов представлена, на рисунке 6. Никаких особых тенденций между различными типами заполнителей не наблюдалось, и наблюдается большой экспериментальный разброс. В нескольких работах сообщалось об увеличении веса Александр, Раппен и др. Эти аномалии, можно было бы объяснить условиями облучения или процедурами обращения с образцами. В большинстве исследований, в которых сообщается о потере веса, состав смеси составлял 7-8% свободной воды по весу, и проводилось либо длительное старение в фиксированных условиях, либо предварительная сушка образцов перед облучением. Например, исследование, проведенное Элланчем и др., предварительно высушили образцы бетона при 250°C перед облучением с последующим взвешиванием образцов. Исследование Грея и Келли указали на изменение ~5% воды по массе в начале облучения.

Как показано на рисунке 6, потеря веса никогда не превышала 20,5 % исходного веса облученных образцов бетона. Это указывает на то, что потеря веса образцов бетона, скорее всего, связана с обезвоживанием цементного раствора. Многие авторы, также проводили измерения потери веса на образцах, подвергшихся такому же термогидравлическому воздействию, что и облученные образцы, и указали на аналогичную потерю веса между двумя наборами образцов. Например, Дубровский и др. предварительно высушивали образцы в течение 32 часов при температуре от 110 до 110°C с последующей герметизацией перед облучением или термическим воздействием. Образцы при термическом воздействии нагревались с течением времени, так чтобы точно имитировать термическую историю облученных образцов. Такие результаты указывают на отсутствие существенного влияния радиационной обстановки на долговременную потерю веса бетонных образцов, и потеря веса, скорее всего, связана с потерей свободной воды в исследованных образцах. Исследования, проведенные на неразбавленном цементе, обычно сообщали об усадке, которая линейно коррелировала с потерей веса при заданной плотности потока энергии, например, исследование Грея (1971), Келли и др. (1969), что также указывает на то, что потеря веса в основном связана с потерей свободной воды внутри образца. Это также подтверждается авторами, сообщившими о газообразовании при облучении бетона. Образующийся газ в основном состоит из водорода и кислорода, что обусловлено радиолизом и испарением свободной воды в бетоне. В настоящее время не проводились измерения газообразования в связи с потерей веса. Это затрудняет любые корреляции радиационного ускорения дегидратации цементного раствора. Кроме того, многие потоки нейтронов были низкими, в результате чего образцы выдерживались при высокой температуре в течение времени, превышающего время, необходимое для полного обезвоживания пасты, исключительно из-за повышенной температуры. Ограниченные тенденции между изменением веса и плотностью энергии во многих исследованиях указывают на то, что потеря веса, скорее всего, происходит исключительно из-за обезвоживания цементного раствора, хотя эффект ускорения нейтронов или γ излучения может присутствовать, но остается слабо изученным.

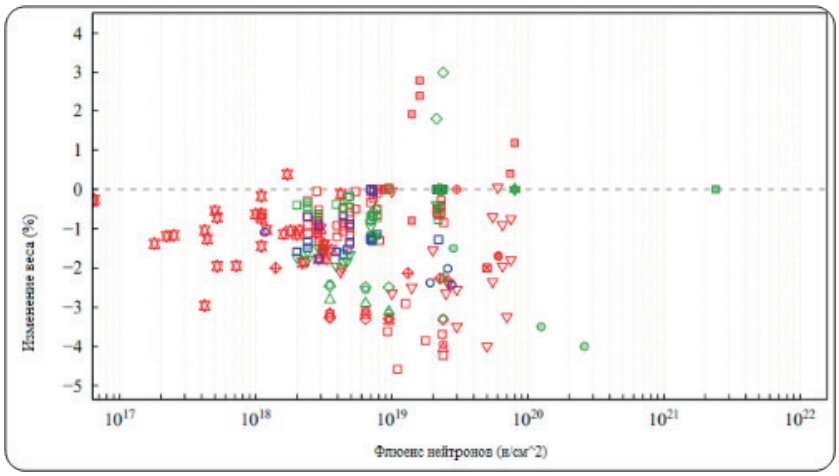


Рисунок 6 – Изменение веса образцов бетона и раствора в зависимости от флюенса нейтронов. Для разных экспериментов отличаются спектр нейтронов и температура образца. Использованы те же обозначения, что на рисунках 2-5

Изменения размеров облученного бетона

Многие авторы сообщают об изменении размеров облученного бетона, что является следствием теплового расширения заполнителя и цемента, усадки при высыхании и воздействия нейтронов на заполнитель и цемент. На рисунке 7 показана зависимость объемного расширения от флюенса нейтронов, при этом спектр нейтронов, температура образца и бетонные и растворные смеси различаются между экспериментами. Объемное расширение (набухание) наблюдается в бетонах и строительных растворах при плотности потока более $1{,}0 \times 10^{18}$ н/см^2 с заметным увеличением, наблюдаемым при плотности потока выше $1{,}0 \times 10^{19}$ н/см^2. Следует отметить, что наблюдаемое на Рисунке 7 расширение бетона из-за облучения значительно больше, чем расширение из-за других причин, таких как щелочно-кремнеземная реакция или тепловое расширение. В целом, образцы, содержащие карбонаты и тяжелые заполнители, демонстрировали меньшее объемное расширение по сравнению с содержащими силикаты бетонами и растворами при аналогичных флюенсах нейтронов и температуре. В частности, Грей и Келли сообщили об ограниченных размерных изменениях (~5%) для бетона с известняковым заполнителем по сравнению с кремневым заполнителем. При $4{,}0 \times 10^{19}$ н/см^2 бетон на основе кремневого заполнителя показал увеличение объема >9%, в то время как цемента (обычный) продемонстрировала усадку, что указывает на то, что цемент имеет тенденцию к сжатию, в то время как бетон в целом стремится к расширению после облучения с высокой плотностью энергии.

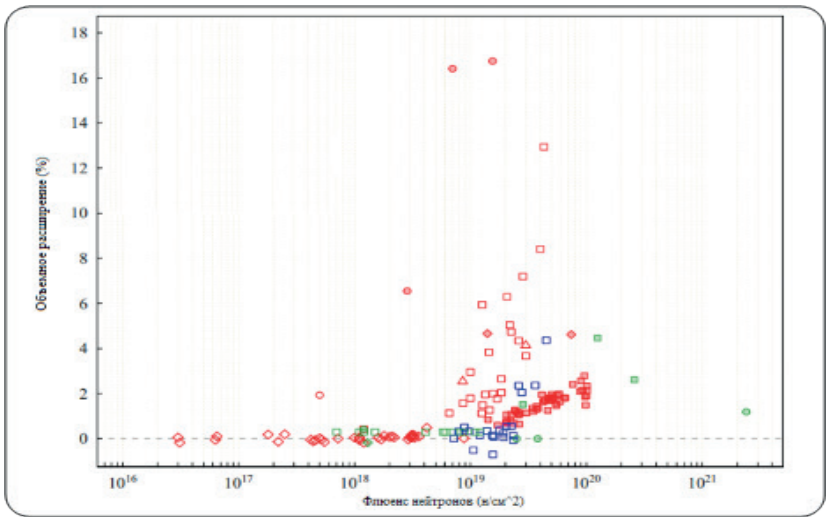


Рисунок 7 – Объемное набухание бетона и строительного раствора в зависимости от флюенса нейтронов. Для разных экспериментов отличаются спектр нейтронов и температура образца. Использованы те же обозначения, что на рисунках 2-6

Как уже упоминалось, расширение представляет собой совокупность нескольких факторов, включая температуру облучения и изменения материала, вызванные нейтронами. Некоторые облученные бетоны продемонстрировали усадку, которая может быть связана с усадкой цементного раствора в результате

потери свободной воды или даже связующей воды при высокой температуре. Как правило, заполнители занимают более 70% от общего объема бетона, в результате чего тепловое расширение бетона сильно зависит от типа заполнителя. Это свидетельствует о влиянии нейтронного облучения на расширение облученного бетона.

На рисунке 8 показано расширение заполнителей, из которого видно, что в комплексных минералах, облученных до $3{,}0 \times 10^{20}$ н/см^2, можно наблюдать набухание. В целом кремнистые заполнители демонстрировали большее набухание, чем известковые или тяжелые заполнители. Сравнение рисунка 7 и рисунка 8 показывает возможную корреляцию между набуханием облученных заполнителей для данного флюенса и наблюдаемым набуханием, наблюдаемым в образцах облученного бетона и строительного раствора.

Рассмотренный выше обзор показывает, что для оценки риска потребуются знания о конструкции бетонной смеси (водоцементное соотношение, тип заполнителя, рабочая температура), радиационная устойчивость и реакция заполнителя, а также данные для нейтронного потока, включая спектр нейтронов и профиль плотности потока через биологическую защиту. Существующая база данных облученного бетона четко указывает на появление радиационно-индуцированного объемного расширения и деградацию прочности бетона на сжатие и растяжение при нейтронном облучении.

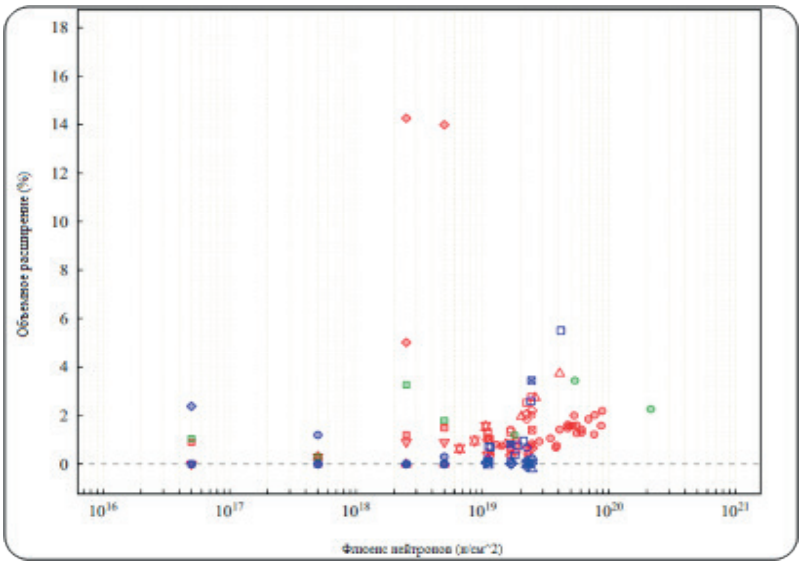


Рисунок 8 – Совокупное объемное набухание в зависимости от флюенса нейтронов. Для разных экспериментов отличаются спектр нейтронов и температура образца. Использованы те же обозначения, что на рисунках 2-7

Для восполнения пробелов в знаниях необходимы дальнейшие исследования, тщательно разработанные для определения выбранных параметров. Этот обзор служит следующим шагом на пути к фундаментальному пониманию ключевых переменных, связанных с радиационной деградацией бетонных конструкций, и потенциально может послужить катализатором для дальнейших исследований по этой теме.

Выводы

Было рассмотрено современное состояние бетона, облученного нейтронами, с точки зрения долгосрочной эксплуатации бетонных конструкций атомных электростанций с легководным реактором. На основании вышеизложенного анализа можно сделать несколько важных выводов.

• В бетоне, облученном нейтронами, может наблюдаться заметное снижение прочности на сжатие при флюенсе выше $1{,}0 \times 10^{19}$ н/см^2 с нижними границами на уровне 50% эталонной прочности бетона.

• Нейтронное облучение бетона оказывает большее влияние на прочность на растяжение по сравнению с прочностью на сжатие. Наблюдается до 75% потеря прочности на растяжение по сравнению с 50% потерей прочности на сжатие. Поэтому обычные используемые коды или эмпирические формулы, для определения прочности на растяжение, при отсутствии измеренной прочности на сжатие, могут оказаться неприменимыми.

• При облучении нейтронами постепенно снижается модуль упругости. При этом значительное снижение наблюдается выше $1{,}0 \times 10^{19}$ н/см^2. Эти данные также были получены при

высокой температуре. Поэтому необходимо учитывать комбинированное действие нейтронов и повышенной температуры.

• Радиационно-индуцированное объемное расширение является механизмом первого порядка потери механических свойств под нейтронным облучением. Ожидается, что устойчивость к радиации будет зависеть от типа агрегата. Данные свидетельствуют о том, что кремнистые заполнители подвержены наибольшему риску вредного воздействия как облучения, так и повышенных температур на бетон из-за его восприимчивости к аморфизации при низкой плотности потока энергии и соответствующем набухании и высоких коэффициентах теплового расширения.

• Расчетные флюенсы быстрых нейтронов (E >0,1 МэВ) в биологической защите при длительной эксплуатации (>40 лет) достигают уровней, при которых ожидается эффект радиационно-индуцированного объемного расширения и потеря механических свойств. Эти изменения нельзя игнорировать как потенциальный механизм деградации биологических экранов легководных реакторов.

Список использованных источников

1. Беспалов В.И. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. / В.И. Беспалов. – Томск: Дельтаплан, 2006. – С. 10.
2. Г.Бете, Ю.Ашкин. Прохождение излучения через вещество. В кн.: Экспериментальная ядерная физика. Под ред. Э.Сегре. Т. 1, М., ИЛ, 1955, С. 257- 287
3. Y. Le Papea, I. Remeca, K.G. Fielda, Radiation Effects. Quantification of Radiation Exposure and Radiation Effects. Oak Ridge National Laboratory, One Bethel Valley Road, Oak Ridge, TN 37831-6148
4. Донати (1999), «Количественная пространственно неоднородный динамика в компьютер симуляции из стеклообразующий жидкости», Металлы Физика, 11: A285.
5. Стефан Гедекер, Тьерри Дойч, а также Люк Бильярд (2002), «А вчетверо скоординированный точка дефект в кремний», физ. Преподобный Летт., 88:235501.
6. Гранато, Вирджиния (1992), «Межстраничное модель за сжатый иметь значение состояния из лицо- центрированный кубический металлы, физ. преп. Летт., 68 (7): 974.
7. Гринвуд, ЛР (1994), «Нейтрон взаимодействия, а также атомный отступать спектры», Дж. Ядерный материалы, 216:29-44.
8. Guinan, MW (1982), JH Kinney, «Скорость повреждения удельным сопротивлением при облучении термоядерными нейтронами».металлы при 4,2 К», J. Nucl. Матер. , 108 и 109 95-103.
9. Хоббс Л., Ф. В. Клинард Дж., Зинкл С., Юинг Р., 1994. Радиационные эффекты в керамике. Журнал ядерных материалов 216, 291–321.
10. Хукхэм, К., 1995. Руководство по проверке бетонных конструкций в процессе эксплуатации на атомных электростанциях. Технический отчет ORNL/NRC/LTR-95/14. Окриджская национальная лаборатория.
11. Houben, J., 1969. I. de bestraling van mortelproefstukken, в: Второе информационное совещание по корпусам реакторов из предварительно напряженного бетона и их тепловой изоляции, Комиссии Европейских сообществ.
12. Идей Ю., Камата Х., Акуцу Ю., Онидзава М., Накадзима Н., Сукегава Т., Какидзаки М., 1990. Прочность бетона биологической защиты JPDR. Технический отчет JAERI-M 90-205. Японский научно-исследовательский институт атомной энергии.
13. ISE, 1992. Структурные эффекты щелочно-кремнеземной реакции – Структурные эффекты щелочно-кремнеземной реакции – Оценка технических рекомендаций существующих структур. Технический отчет. Институт инженеров-строителей (ISE). Лондон, Соединенное Королевство.
14. Янотка И., Нюрнбергерова Т., 2005. Влияние температуры на структурное качество цементного раствора и высокопрочного бетона с микрокремнеземом. Ядерная техника и проектирование 235, 2019–2032.
15. Каплан, М., 1983. Ядерное излучение и свойства бетона. Технический отчет UCT-NLSMRU-TR-35. Университет Кейптауна.
16. Келли, Б., Броклхерст, Дж., Моттерсхед, Д., МакНирни, С., 1969. Воздействие излучения реактора на бетон, в: Материалы второго информационного совещания по предварительно напряженному бетону и корпусам реакторов под давлением и их теплоизоляции., Брюссель. стр. 237–265.

ПОРТАТИВНЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ РАДИОНУКЛИДОВ

Покровский И.В.
ТОО «Приборы Казахстан», г. Алматы, Казахстан

Детекторы на кристаллах особо чистого германия (ОЧГ) считаются золотым стандартом для задач радиоизотопной идентификации, поскольку они обеспечивают разрешение по энергии в ~35 раз лучше в сравнении с детекторами на кристаллах NaI и в ~15 лучше в сравнении с детекторами на кристаллах LaBr и CeBr. При этом диаметр кристалла ОЧГ может достигать 10 см, что обеспечивает намного большую эффективность регистрации детекторов на ОЧГ в сравнении с детекторами на кристаллах CZT. Преимущество в разрешении дает выигрыш в характеристиках идентификатора (уменьшение числа ложных срабатываний, превосходное детектирование на больших расстояниях, качественный спектр для последующего анализа).

В отличие от детекторов, обладающих худшим разрешением, детекторы на кристаллах ОЧГ должны работать при сверхнизких температурах. Данный факт создает технологическую проблему, которая была решена специалистами ORTEC более 30 лет назад. С момента создания первого портативного радиоизотопного идентификатора на основе детектора ОЧГ, охлаждаемого с помощью электромеханического охладителя, работающего по принципу машины Стирлинга, идентификаторы семейств Detective и transSPEC производства ORTEC стали отраслевым стандартом.

Все эти годы специалисты ORTEC находились в тесном контакте с пользователями идентификаторов, выявляя их основные потребности в части дальнейшего совершенствования приборов. Результатом анализа выявленных потребностей стала разработка и запуск в производство новой модели идентификатора – Detective-X.

Помимо чувствительности, присущей детекторам с кристаллом ОЧГ, характеристики идентификатора напрямую зависят от встроенного алгоритма идентификации. Специалисты ORTEC с 2003 года принимают участие в испытательных кампаниях, спонсируемых Департаментом обнаружения ядерных материалов, Агентством по сокращению военной угрозы, Международным агентством по атомной энергии и Национальными лабораториями Министерства энергетики США с целью дальнейшего улучшения алгоритмов идентификации и расширения библиотеки радионуклидов.

Как результат, на сегодняшний день Detective-X является наиболее чувствительным и наиболее точным радиоизотопным идентификатором, объединяя в себе самые последние алгоритмы идентификации и большой (Ø65 × 50 мм) кристалл ОЧГ. Данное обстоятельство позволяет рассматривать портативный гамма-спектрометр высокого разрешения с автоматической идентификацией радионуклидов Detective-X в качестве инструмента, способного решать практически любые, даже самые сложные задачи гамма-спектрометрии без привлечения высококвалифицированных специалистов в гамма-спектрометрии.

РАЗРАБОТАН КАСКАДНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРИТИЯ, А ТАКЖЕ ИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ

Адодин В.В., Ибраев Б.М.
NECS (Nuclear Energy Consulting and Services), г. Алматы, Казахстан

В процессе эксплуатации АЭС во всем мире образуется много жидких радиоактивных отходов. Если от тяжелых изотопов в настоящее время научились очищать ЖРО, то от трития не существует эффективных и недорогих способов очистки. Поэтому загрязненная тритием вода повсеместно сливается в моря и океаны, омывающие страны, где расположены работающие АЭС. Ситуацию усугубила случившаяся катастрофа на реакторных блоках АЭС Фукусима, где технологическая и природная вода были загрязнены радиоактивными изотопами. Установка для очистки воды ALPS, применяемая на Фукусиме, позволяет очистить воду от тяжелых изотопов, но не обеспечивает очистку воды от трития. В связи с чем образовалось более 1.2 млн тонн воды, загрязненной тритием. Кроме того, количество загрязненной радиоизотопами воды на АЭС Фукусима увеличивается на 100–200 куб. м ежедневно.

Для исключения угрозы экологической и биологической катастрофы будущего разработан уникальный процесс очистки воды от низких концентраций трития менее $1*10^5$ Bq/l на комплексных катализаторах. Технология позволяет проводить детектирование низких концентраций атомов трития и его перевод в комплексообразование ковалентными связями в нерастворимые комплексы. Вследствие чего остаточная концентрация трития в воде уменьшается на 20–40% на одном цикле очистки. Путем увеличения циклов было получено уменьшение активности трития на 74% от первоначальной.

Представленная перспективная технология позволит очистить воду от трития до безопасных концентраций, осуществить безопасный сброс из резервуаров хранения АЭС Фукусима-1 в Японское море, а также на других АЭС.

Радиационная опасность трития заключается в продуктах его реакции распада, в процессе которой с периодом полураспада 12.3 года получается гелий-3, электрон и антинейтрино. Поскольку энергия полураспада трития не превышает 19 keV (средняя же 5,5–58 keV) [1] образовавшиеся бета-частицы легко задерживаются простыми преградами, такими как кожные покровы биологических видов, латексные перчатки, маски. Однако радиационная опасность состоит в попадании трития внутрь живого организма с дыханием, потреблением пищи и впитыванием через кожные покровы.

Эмиссия трития в биосферу происходит от естественных атмосферных факторов, испытаний ядерного оружия и эмиссии от АЭС и составляет более 1.6 кг в год, а общее накопительное содержание его в биосфере составляет 100–200 кг [2]. Однако в силу техногенных воздействий человека на природу могут происходить ситуации с потенциальным увеличением содержания трития в биосфере. Так, в 2011 году у берегов Японии возникло цунами, которое вызвало радиационную аварию на АЭС Фукусима-1, вследствие которой технологическая и природная вода были загрязнены радиоактивными изотопами. Установка очистки воды ALPS не обеспечивает эффективную очистку воды от трития, что отражено в отчете TEPCO [3]. Концентрация трития в резервуарном парке составляла, по данным японской группы, занимающейся проблемой трития, на 31 октября 2019 г. (в это время объем переработанной воды был 1 170 000 $м^3$), 730000 Бк/л, общая же активность трития была 856 *10^12 Бк [4]. Динамика изменения концентрации трития отражена в документах Комитета по ликвидации последствий аварии на Фукусиме [4] и свидетельствует о том, что активность трития не падает ниже 600000 Бк/л. Это был последний доклад от этой группы, после чего в Японии решили выливать воду в море. По нормативам Агентства по охране окружающей среды (США), для экологически безопасной разгрузки воды из резервуаров хранения требуется достичь остаточной концентрации трития менее 740 Бк/л, а по нормам стран Евросоюза – менее 100 Бк/л [4].

В настоящее время существует три основных способа переработки и кондиционирования тритиевой воды:

1. Физические процессы отделения трития от воды

• WD-процесс. Ректификационный процесс очистки воды от трития основан на разности летучести HTO и H^2O, а именно: при 60 °C давление H^2O в 1.056 раза больше, чем HTO. [http://www.ecologylife.ru/ecologists/metod-resh-prob-util-okr-sredy.html].

• CECE-процесс. Процесс, основанный на использовании химического электролиза и изотопного обмена в системе вода – водород (CECE-процесс). В способе реализуется процесс изотопного обмена атомов водорода между молекулами воды и газообразного водорода, при котором тяжелый изотоп (тритий) конденсируется в жидкой фазе.

• BHW – процесс двухтемпературного изотопного обмена в системе вода – водород. Данный способ характеризуется использованием высокого рабочего давления в колонне ~ 50 атм, большего объема газообразного водорода.

• GS – процесс двухтемпературного изотопного обмена в системе вода – сероводород. В качестве газа используется высокотоксичный сероводород под высоким давлением ~ 20 атм. [http://2015.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/materials/6/Florya.pdf].

Основными недостатками физического процесса отделения трития от воды являются остаточная радиоактивность тритиевого концентрата, высокая стоимость создания и использования оборудования, а также значительные энергозатраты, которые требуются на поддержание постоянной температуры и давления.

2. Процессы **химического связывания воды**, загрязненной тритием.

•Процесс создания кристаллогидратов и гидроксидов с химически активными оксидами металлов, таких как прокаленные фосфорнокислые соли калиево-магниевой смеси [6]. В результате химической реакции происходит полное отвердение объема тритиевой воды.

Основным недостатком химического связывания является использование всего объема воды и радиоактивной тритиевой и биологически нейтральной протиевой, снижая, таким образом, эффективность использования связывающих компонентов.

3. Процесс **сорбции** тритиевой воды на цеолитах [7], где в силу пористой структуры цеолитов могут происходить массообменные процессы со средой хранения с выделением тритиевой воды. Недостатком замоноличивания в цеолитах являются большие объемы образования вторичных отходов цеолитных сорбентов и низкие коэффициенты связывания тритиевой воды.

Таким образом, авторы поставили перед собой задачи создания процесса химического выделения и связывания трития, в основу которого должны быть заложены методы таргетирования тритиевой воды, каталитически ускоренного химического связывания тритиевой воды и не связывания протиевой, перевода связанных соединений в химически инертное состояние и разработка концепции дальнейшего применения полученных инертных продуктов в строительной отрасли. Данная задача авторами была решена. Решение было проверено, и результаты подтверждены в Национальном ядерном центре Республики Казахстан в августе 2022 года отчетом «О применении метода очистки водных растворов от трития WES-H32G».

В основу данной работы был заложен разработанный авторами проприетарный процесс WES-H32G, позволяющий очищать тритиевые водные растворы низких концентраций. Суть этого метода показана на рисунке 1 и заключается в следующих последовательно протекающих процессах.

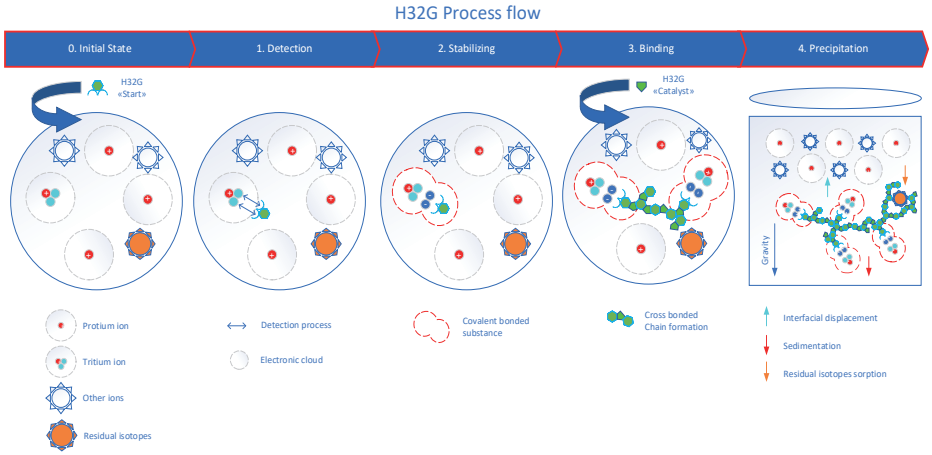


Рисунок 1 – Описание метода WES-H32G

На начальной стадии в ЖРО, содержащие T2O, D2O, THO, H2O, водорастворимые соли металлов (определяющие жесткость воды) и остатки тяжелых изотопов, вводится реагент H32G «Start».

На стадии «1. Detection» реагент H32G «Start» производит анализ молекул и ионов, определяя тритиевую атомную структуру. Только в случае определения такой структуры происходит ориентация молекулы H32G «Start» к тритиевой атомной структуре с формированием пространственной структуры макромолекул с последующим образованием химической ковалентной связи на стадии «2. Stabilizing».

На стадии «3. Binding» вводятся смеси реагентов под названием H32G «Catalyst», которые обеспечивают

каталитическую реакцию объемной полимеризации молекул H32G «Start» с ранее химически связанным тритием. Помимо этого происходит межфазовое вытеснение чистой протиевой воды из объемной структуры полимера, а тяжелые изотопы адсорбируются на поверхности полимера. Стадия «4. Precipitation» заканчивается выделением полимерной матрицы из очищенного раствора ЖРО.

Детальные результаты применения процесса «H32G» для очистки ЖРО от трития приведены в отчете «О применении метода очистки водных растворов от трития WES-H32G». Анализируя результаты, можно констатировать, что 1) применяя последовательно каскадный метод очистки, мы улучшили результаты, полученные нами в 2021 году; мы обнаружили, что 2) применение другого катализатора, названного нами «Catalyst_2», позволило также очистить ЖРО от трития на 74%; и 3) применение раствора «вода + «Start» позволило увеличить область взаимодействия с катализатором, что привело также к увеличению степени очистки.

Для подтверждения вероятности адсорбции тяжелых элементов на поверхности полимера (см. стадию «3. Binding») были измерены активности изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr до и после очистки ЖРО данным методом. Результаты свидетельствуют о том, что каскадный «H32G» метод очищает ЖРО от ^{90}Sr на 65% и от ^{137}Cs на 67%.

Для определения удельной активности ^{3}H и ^{90}Sr в воде использовался жидко-сцинтилляционный спектрометр «Quantulys 1220» [1]. Время измерения каждого образца составляло порядка двух часов. Предел обнаружения удельной активности для ^{3}H – 4 Бк/л, для ^{90}Sr – 1 Бк/л.

Определение удельной активности ^{137}Cs проводилось спектрометрическим методом с использованием гамма-спектрометра «GMX25P4-70-CW» [2]. Время измерения каждого образца составляло порядка четырех часов. Предел обнаружения удельной активности – 1 Бк/л.

Суммируя, в заключение мы можем сказать, что:

• Применение каскадного метода WES-H32G снижает содержание ^{3}H в водных растворах на 34–74% при поэтапном применении.

• Метод WES-H32G эффективен для очистки водных растворов от ^{3}H, причем каскадный метод более эффективен, нежели одноступенчатый.

• Использование раствора (вода+ «Start») повышает эффективность реакции по очистке воды от ^{3}H.

• Реагент «Catalyst_2» более эффективен, нежели применяемый ранее «Catalyst_1».

• Возможно применение метода WES-H32G для очистки водных растворов от изотопов ^{137}Cs и ^{90}Sr.

Мы считаем, что технология очистки воды от трития WES-H32G, предложенная компанией NECS, решит проблему уже накопленной радиоактивной воды на Фукусиме, что позволит в дальнейшем слить очищенную воду в океан совершенно безопасно для окружающей среды. А внедрение технологических регламентов на её основе поможет предотвратить накопление тритиевой воды в резервуарном парке временного хранения ЖРО.

Мы уверены, что специалистов заинтересуют следующие **преимущества** метода WES-H32G:

1. По сравнению с физическими методами быстрая реализуемость (не требуется весьма долговременного строительства установок), низкая энергозатратность, более высокая эффективность

2. С процессами химического связывания – более высокая эффективность за счет встроенного механизма детекции трития.

3. С процессами сорбции – значительно меньшие объемы остатков, обогащенных тритием, подлежащих утилизации, а также более высокая эффективность, применение каскадного метода приводит к очистке на 34–74%.

Авторы выражают надежду, что их разработки помогут Японии и миру сделать нашу общую природу немного чище и лучше.

Список использованных источников

1. http://vniitf.ru/data/files/books/faizrahmanov1.pdf
2. Kalinowski M.B.\\ International Control of Tritium for Nuclear Nonproliferation and Disarmament, CRC Press-London, 2004, P. 4.
3. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committtee/takakusyu/pdf/017_00_04.pdf.
4. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku/committtee/takakusyu/pdf/018_00_01.pdf.
5. https://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/osensuitaisaku.html.
6. Казаковский Н.Т., Леваков С.Е., Королев В.А. Способ кондиционирования воды, содержащей тритий. Патент РФ№2627690, 2017.
7. Беловодский Л.Ф., Гаевой В.К., Гришмановский В.И. Тритий. – М: Энергоатомиздат, 1985. – С. 181, со ссылкой на Behavior of tritium in the environment. Proc. of a Symposium. San Francisco, 1978. Vienna: IAEA, 1979

(Endnotes)

1. ISO 9698:2019 (E). Качество воды. Тритий. Метод определения активности с помощью жидкостно-сцинтилляционного счета. Third edition 2019-05.
2. Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine». – Менделеево, 2014. – 29 с.

ОБРАЩЕНИЕ С ОБЛУЧЕННЫМ ВЫСОКООБОГАЩЕННЫМ ТОПЛИВОМ РЕАКТОРА ИГР

Бакланова Ю.Ю., Букина О.С., Коянбаев Е.Т., Бакланов В.В., Котляр А.Н.
Филиал Института атомной энергии РГП НЯЦ РК, г. Курчатов, Казахстан

Введение

В работе представлен обзор методов обращения с отработавшим ядерным топливом: способов разбавления и иммобилизации отработавшего ядерного топлива (далее – ОЯТ), методов упаковок для хранения ОЯТ.

Цель исследований – разработка концепции технологии разбавления, иммобилизации облученного, высокообогащенного уран-графитового топлива реактора ИГР.

Для реализации поставленной цели были рассмотрены следующие вопросы:

1. Обзор существующих способов обращения с ОЯТ;
2. Основные требования к матрицам для иммобилизации ОЯТ;
3. Характеристика облученного топлива высокого обогащения реактора ИГР;
4. Требования к упаковкам для длительного хранения и техническое решение для упаковки иммобилизованного топлива реактора ИГР;
5. Концепция технологии иммобилизации облученного уран-графитового топлива высокого обогащения.

Импульсно-графитовый реактор (ИГР) - один из старейших исследовательских реакторов в мире [1]. ИГР отличается от других импульсных реакторов большей интегральной мощностью и тем, что генерирует нейтронный поток самой высокой плотности ($7\cdot10^{16}$ см$^{-2}\cdot$с$^{-1}$), интегральную дозу гамма-излучения за пуск $4{,}78\cdot10^{7}$ рад и энерговыделение 5,2 ГДж [2].

Использование в реакторе ИГР тепловыделяющих сборок с обогащением 90% по урану-235, позволяет квалифицировать данный материал как потенциально-пригодный для изготовления ядерных взрывных устройств. В связи с этим более остро стоит проблема обращения с отработавшим ядерным топливом (ОЯТ) исследовательских реакторов. Поиск информации по теме обращения с высокообогащенным уран-графитовым топливом в литературе [3, 4, 5, 6 и др.] не дал результатов, в настоящее время рассматриваются задачи по захоронению ОЯТ только промышленных уран-графитовых реакторов [7, 8, 9], в которых обогащение по урану-235 менее 20 %.

Институтом атомной энергии РГП НЯЦ РК была предложена процедура предварительного разбавления топлива обедненным ураном и последующая иммобилизация его в цементной матрице, пригодной для захоронения.

1 Основные требования к ОЯТ реактора ИГР

Для выведения ядерного материала из-под гарантий МАГАТЭ и перевода его в разряд РАО обязательными условиями являются такие параметры как:

- отсутствие возможности извлечения урана на любом этапе технологического процесса;
- разбавление высокообогащенного топлива обедненным ураном до обогащения топлива по ^{235}U $\leq$20%;
- концентрация ^{235}U в матрице менее 50 г/т;
- размер частиц топлива менее 200 мкм ;
- и равномерное распределения урана по объему матрицы.

Данная концентрация ядерного материала, технологические параметры и форма его иммобилизации предназначены исключить возможность извлечения и повторного использования урана-235.

При условии, что все требования подготовки топлива к иммобилизации будут соблюдены, далее изучались требования, предъявляемые к обращению уже не с ОЯТ, а с РАО.

2 Основные требования к матрицам для РАО

Существует большой выбор матриц для иммобилизации ОЯТ. Применяемые в настоящее время технологии иммобилизации – остекловывание [7, 8], битумирование [10, 9], цементирование [6] – удовлетворяют требованиям, предъявляемым к отвержденным / омоноличенным жидким РАО [11].

В настоящее время наиболее подходящей формой иммобилизации высокоактивных отходов считается их включение в состав стекол [4].

Альтернативной технологией иммобилизации высокоактивных отходов является их включение в керамику, стеклокерамику, минералоподобные материалы. Для иммобилизации среднеактивных отходов используют битумирование: слабое выщелачивание водой; пригодность для любых химических форм отходов (соли, гидрокиси, органические соединения); хорошая радиационная стойкость.

В последнее время, в связи с тенденцией к повышению уровня надежности и безопасности долговременного хранения и окончательного удаления застывших или омоноличенных РАО, неорганические матрицы являются более предпочтительными и даже рассматриваются предложения по извлечению и повторной переработке отходов, заключенных в органических матрицах, в частности, битумированных [3].

К основным параметрам, характеризующим качество цементных компаундов, согласно стандартам Республики Казахстан [12], относятся:

− скорость выщелачивания;

− механическую прочность при сжатии - характеризуется пределом прочности при сжатии;

− радиационную устойчивость - характеризуется механической прочностью, снижение которой при максимальной поглощенной дозе радиационного воздействия не должно превышать 25% (для сравнения используют контрольные образцы, хранящиеся в воздушно-влажных условиях), при этом механическая прочность цементного компаунда должна быть не ниже допустимого предела прочности при сжатии;

− морозостойкость - характеризуется механической прочностью, снижение которой при многократном замораживании и оттаивании (от минус 40 до плюс 40 °С) не должно превышать 25%, при этом механическая прочность цементного компаунда должна быть не ниже допустимого предела прочности при сжатии;

− устойчивость к длительному пребыванию в воде – характеризуется механической прочностью, снижение которой не должно превышать 25%, при этом механическая прочность цементного компаунда должна быть не ниже допустимого предела прочности при сжатии.

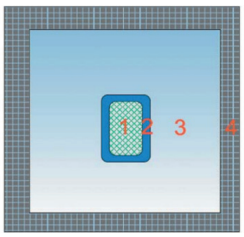
Допустимые пределы показателей качества цементных компаундов после 28 суток твердения указаны в таблице 1.

Таблица 1 – Допустимые пределы показателей качества цементных компаундов после 28 сут. твердения [12]

Вид испытаний	Значение	Метод испытания
Скорость выщелачивания (по ^{137}Cs), г/см^2·сут., не более	$1 \cdot 10^{-3}$	ГОСТ 29114-91 [13],
Механическая прочность (предел прочности при сжатии), МПа (кг/см2), не менее	4,9 (50)	ГОСТ 10180-2012 [14]
Радиационная устойчивость при облучении, Гр	$1 \cdot 10^{6}$	Изменение механической прочности
Морозостойкость (количество циклов замораживания / оттаивания), не менее	30	ГОСТ 10060-2012 [15]
Устойчивость к длительному пребыванию в воде, сут.	90	Изменение механической прочности

3 Требования к упаковкам для длительного хранения РАО

Для обеспечения безопасного, допускающего извлечение, контролируемого и надежного хранения отходов, гарантирующего защиту работников, населения и охрану окружающей среды, требуется система хранения, состоящая из двух основных компонентов - упаковки с отходами и установки для хранения. Эти два компонента тесно связаны между собой, поскольку свойства и поведение одного из них оказывают большое влияние на конструкцию другого. На приведенном рисунке (Рисунок 1) схематически показана такая система для хранения [16].



1. Первичным барьером является кондиционированная форма отходов;
2. Вторичным барьером является контейнер для отходов;
3. Контроль среды в хранилище важен для сохарнения целостности формы отходов и контейнера для отходов;
4. Конструкция хранилища является последним уровнем погодной/атмосферной защиты упаковки с отходами, и она является также важным элементом обеспечения физической сохранности отходов

Рисунок 1 – Хранилище отходов в упаковках – физические и экологические уровни защиты [16]

В хранилище обеспечивается такая рабочая среда, которая за период хранения позволит уберечь упаковки с отходами от деградации и сохранить возможность их безопасного извлечения и перемещения на установку для захоронения. Поэтому тип здания хранилища и его внутренняя отделка связаны с типом и классификацией хранящихся в нем отходов.

В случае разбавления облученного ВОУ топлива ИГР отходы будут представлять собой бочки объемом

208 л, в которых размещается цементная матрица, содержащая облученное топливо реактора ИГР [1]. Здесь матрица будет являться первичным барьером для выхода радионуклидов в окружающую среду.

Результаты расчета удельной активности на поверхности бочки (принято, что материалом является коррозионностойкая сталь с толщиной стенки ~ 1 мм) и суммарной активности по разным типам излучателей представлены в Таблица 2.

Тип радионуклидов	Удельная активность, кБк/кг
Бета-излучающие радионуклиды	$2{,}1 \cdot 10^3$
Альфа-излучающие радионуклиды (исключая трансурановые)	9,9
Трансурановые радионуклиды	$4{,}4 \cdot 10^1$

Согласно классификации в Санитарных правилах Республики Казахстан [18], такой вид иммобилизации ОЯТ реактора ИГР, по содержанию бета-излучателей, будет относится к категории среднеактивных отходов.

В Республике Казахстан установлены общие требования для хранения/захоронения РАО и ОЯТ «Правила организации сбора, хранения и захоронения радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива» [17], в соответствии с которыми, в зависимости от характеристик твердых радиоактивных отходов (ТРО) и способов последующего обращения с кондиционированными ТРО, включают в себя следующие операции или их совокупность:

- размещение ТРО в контейнере;
- размещение и омоноличивание ТРО в контейнере;
- размещение упаковки ТРО в дополнительном контейнере.

При обращении с облученным топливом реактора ИГР, в соответствии с принятой технологией, упаковка - это герметичная бочка из коррозионностойкой стали, а в качестве дополнительного контейнера может быть использован НЗК-150-1,5П из железобетона.

Конкретные технические методы и средства переработки ТРО устанавливаются и обосновываются в проектной документации системы обращения с ТРО.

4 Требования к захоронению РАО

В соответствии с санитарными правилами «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам» [18], долговременная безопасность РАО обеспечивается захоронением среднеактивных РАО - в ПЗРО, расположенных на глубине от десятков до нескольких сотен метров в зависимости от гидрогеологических характеристик местности захоронения.

Упаковки должны изготавливаться с герметично закрывающимися крышками, что необходимо в случае применения технологии перемешивания методом пространственного вращения.

Размещение упаковок в контейнере НЗК-150-1,5П и последующая заливка свободного пространства бетоном обеспечивают достаточную прочность при воздействии внешних факторов при захоронении в пространстве недр (шахта, карьер и т.п.).

Для длительного хранения процесс иммобилизации отходов должен быть необратимым и позволяющим избежать выброса загрязняющих веществ из матрицы. Выбор подходящей формы ядерных отходов затруднен тем, что долговечность здесь не является единственным критерием. В любом процессе, где используются радиоактивные материалы, в обязательном порядке должны быть обеспечены безопасные условия труда для персонала. Поэтому здесь приоритет отдается простым, надежным технологиям и оборудованию, с возможностью автоматизации процесса.

5 Концепция иммобилизации разбавленного топлива реактора ИГР

Основные требования к матрицам для РАО описаны в документе Nuclear Waste Forms [16].

Для длительного хранения и утилизации иммобилизация отходов должна быть необратимым процессом, позволяющим избежать выброса загрязняющих веществ из матрицы. Выбор подходящей формы отходов для иммобилизации ядерных отходов затруднен, и долговечность не является единственным критерием.

При анализе существующих способов иммобилизации РАО в качестве матрицы для облученного уран-графитового топлива реактора ИГР были рассмотрены полимерные и цементные системы. В результате предпочтение было отдано матрице на основе портландцемента с модифицирующими добавками в виде золы уноса и доменного шлака.

Технология, исследуемая в НЯЦ РК, где в первую очередь облученное ВОУ топливо измельчается до размеров частиц - 150 – 200 мкм, затем разбавляется обедненным ураном до обогащения ≤5% по урану-235

и смешивается с цементным раствором в соотношении 50 г урана-235 на тонну матрицы, позволяет отнести ядерные материалы к РАО. Данная концентрация ядерного материала, технологические параметры и форма его иммобилизации предназначены исключить возможность извлечения и повторного использования урана-235. Обратное извлечение урана-235 из матрицы нерентабельно, так как его концентрация будет близка к природной. Это позволит перевести ядерный материал в категорию РАО и вывести его из-под гарантий МАГАТЭ.

Правилами обращения с РАО [17] допускается измельчение и кондиционирование твердых радиоактивных отходов (ТРО) с целью перевода их в формы, обеспечивающие безопасное хранение или захоронение.

В рамках научно-исследовательских работ был подобран состав матрицы на основе портландцемента и специальных добавок, который удовлетворял требованиям к стойкости и прочности матриц для иммобилизации [11]. Портландцемент использовался марки ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТу [19] от двух производителей. В качестве специальных добавок - зола-уноса , соответствующая характеристикам, указанным в ГОСТ в [20] и доменный шлак, соответствующий по своим характеристикам ГОСТу [21]. Все компоненты отечественного производства.

Чистые составы на основе портландцемента являются химически активными и потенциально могут дать нежелательные результаты, такие как короткое время схватывания (рабочее время) и высокое тепловыделение, что может повлечь растрескивание продукта. Использование специальных добавок позволяет увеличить рабочее время, понизить тепловыделение и раскрыть другие полезные характеристики стойкости матрицы. В качестве специальных добавок к цементу, для улучшения таких свойств бетона как сульфатостойкость, морозостойкость, трещиностойкость и др. были использованы модификаторы - молотый гранулированный доменный шлак и зола-уноса.

В лабораторных исследованиях было протестировано 28 составов матриц по таким параметрам как вязкость, водоотделение, время схватывания, равномерность изменения объема при застывании, однородность структуры, тепловыделение, прочность. В результате было отобрано 11 составов для тестирования матриц на стойкость в различных средах: при длительном нахождении в воде, при изменениях температуры окружающей среды от минус 40°С до плюс 40°С, была изучена скорость выщелачивания основного радионуклида - ^{137}Cs.

На составах, которые успешно прошли все лабораторные испытания, в рамках полномасштабных экспериментов были отработаны режимы технологического процесса разбавления топлива ИГР с обедненным ураном и смешивание его с компонентами матрицы. Получены данные по прочности матрицы, равномерности распределения урана по объему матрицы, тепловыделению и водоотделению.

Кондиционирование облученного ВОУ топлива реактора ИГР по предложенной технологии позволит его перевести из разряда ядерных материалов в разряд среднеактивных РАО. В соответствии с санитарными правилами «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам» РК, долговременная безопасность РАО обеспечивается захоронением среднеактивных РАО - в ПЗРО, расположенных на глубине от десятков до нескольких сотен метров, в зависимости от гидрогеологических характеристик местности захоронения в дополнительных контейнерах.

При размещении РАО ИГР на долговременное хранение предполагается предварительно упаковать в дополнительный контейнер НЗК-150-1,5П из железобетона, которые в дальнейшем будут перемещены в пункт захоронения.

Заключение

В результате выполненных работ в филиал Институт атомной энергии РГП НЯЦ РК, были:

- определены основные критерии разбавления ВОУ;
- определены основные критерии перевода топлива в РАО;
- изучены законодательные и нормативно-правовые акты РК по обращению, хранению и захоронению ОЯТ, ЯМ и РАО;
- разработана и согласована с МАГАТЭ пошаговая технология разбавления облученного ВОУ топлива и перевода его в РАО;
- завершены лабораторные исследования и определен состав матрицы для иммобилизации первой зоны ИГР;
- ведется отработка режимов технологии разбавления и иммобилизации активной зоны ИГР в рамках полномасштабных экспериментов.

Результаты имеющихся наработок могут быть адаптированы для иммобилизации и других видов РАО.

Список использованных источников

1 Импульсный графитовый реактор ИГР / И.В. Курчатов, С.М. Фейнберг, Н.А. Доллежаль, П.И. Алещенков, Ф.С. Дроздов, И.Я. Емельянов, А.Д. Жирнов, М.А. Казаченко, Г.Д. Князева, Ф.В. Кондратьев, В.Д. Лавреников, Н.Г. Моргунов, Б.В. Петунин, В.П. Смирнов, В.М. Талызин, А.Г. Филиппов, И.Л. Чихладзе, П.М. Чулков, Я.В. Шевелев // Атомная энергия.- 1964.- Т.17, вып. 6.- С. 463-474.

2 Реактор ИГР. Разбавление высокообогащенного уранового топлива / Э.Г. Батырбеков, Е.Т. Коянбаев, В.С. Гныря, А.Н. Котляр // Человек. Энергия. Атом.- 2020.- №1 (33).- С. 23-27.

3 Строение и гидролитическая устойчивость самарий, гафний и урансодержащих стеклокристаллических материалов для иммобилизации твердых радиоактивных отходов/ Г.А. Малинина.- М., 2016.

4 Апсэ В.А., Шмелев А.Н. Ядерные технологии: учебное пособие.-М.: МИФИ, 2008.– 128 с.

5 Технологические и организационные аспекты обращения с радиоактивными отходами// IAEA-TCS-27, Вена, 2005

6 Композицизионные вяжущие для иммобилизации токсичных и радиоактивных отходов/ Н.Р. Рахимова, Р.З. Рахимов, О.В. Стоянов.

7 Вывод из эксплуатации промышленных уран-графитовых реакторов ОАО «СХК»/ Константин Юшицин, директор ОАО «ОДЦ УГР».- Режим доступа http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/Present12/Ushicin.pptx свободный. Заглавие с экрана.

8 Термодинамическое моделирование поведения радионуклидов при нагреве (сжигании) радиоактивного графита в атмосфере воздуха/ Н.М. Барбин, Д.И. Терентьев, А.В. Пешков, С.Г. Алексеев // Пожаровзрывобезопасность.− 2014.− Том № 23.– С. 58-67.

9 Тепловые процессы, происходящие при переработке радиоактивного графита в расплаве Na2CO3-K2CO3-Li2CO3-SnO2/ А.В. Пешков, Н.М. Барбин // Естественные и технические науки.− 2015.− № 4.– С. 218-220.

10 Туманов Ю.Н. Плазменные, высокочастотные, микроволновые и лазерные технологии в химико-металлургических процессах.– М.: Физматлит, 2010.– 968 с.

11 Nuclear Waste Forms [Text] / S.V. Stefanovsky, S.V. Yudintsev, R. Giere, G.R. Lump-kin // Energy, Waste and the Environment: A Geological Perspective. Geological Society, London.– 2004.– Special Publication.– V. 236.– P. 37-63.

12 СТ РК 3723-2021 «Отходы радиоактивные цементированные. Общие технические требования».

13 ГОСТ 29114-91. Отходы радиоактивные. Метод измерения химической устойчивости отвержденных радиоактивных отходов посредством длительного выщелачивания.

14 ГОСТ 10180-2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.

15 ГОСТ 10060-2012. Бетоны. Методы определения морозостойкости.

16 Радиоактивные отходы: решение проблемы, IAEA Bulletin. 55-3-Сентябрь 2014 www.iaea.org/bulletin. Основные соображения: проблема хранения и захоронения отходов.

17 Правила организации сбора, хранения и захоронения радиоактивных отходов и отработавшего ядерного топлива. Утверждены приказом Министра энергетики Республики Казахстан от 8 февраля 2016 года № 39.

18 Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к радиационно-опасным объектам». Утверждены приказом и.о. Министра национальной экономики Республики Казахстан от 27 марта 2015 года № 260.

19 ГОСТ 31108-2016. Цементы общестроительные. Технические условия.

20 ГОСТ 25818-2017. Золы-уноса тепловых электростанций для бетонов.

21 ГОСТ 3476-2019 «Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цементов».

ИЗУЧЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ МОНТМОЛЛИРОНИТ И ВЕРМИКУЛИТ

Ван Цайлунь, Шукшина Д.Д., Огородников С.А., Чеботарёв К.Р.
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время большую часть энергии общество получает от сжигания ископаемого топлива. Однако глобальное потепление, вызывающее выбросы CO_2, а также нехватка запасов ископаемого топлива (разведанных запасов нефти, газа и угля при нынешнем уровне потребления энергии может хватить лишь на 51, 53 и 153 года) делают актуальным развитие методов альтернативных генераций [1]. Развитие устойчивых и чистых источников энергии неизбежно. Наиболее распространенные возобновляемые источники энергии (ветер, приливная энергия, солнечная энергия) могут в определенной степени заменить уголь, но все они имеют свои ограничения. Поэтому в 21 веке расширяется быстрыми темпами использование ядерной энергии. В таблице 1 показано использование ядерной электроэнергии в качестве источника электроэнергии в последнее десятилетие.

Таблица 1 – Производство электроэнергии в разных странах [2].

Страны	2012, %	2017, %	2021, %	2021, ГВт·ч
Россия	17,8	17,8	20,0	208 442,80
Германия	16,1	11,6	11,9	65 444,27
США	19,0	20,0	19,6	771 637,57
Канада	15,3	14,6	14,3	86 780,11
Франция	74,8	71,6	69,0	363 394,15
Англия	18,1	19,3	14,8	41 788,50
Япония	2,1	3,6	7,2	61 304,12
Юная Корея	30,4	27,1	28,0	150 456,38
Швеция	38,1	39,6	42,20	51 426,36
Швейцария	35,9	33,4	28,8	18 593,20
Китай	1,99	3,94	5,02	383 205,32

Ядерная энергетика выдвигает две важные задачи – утилизация ядерных отходов и отработанного топлива. Сегодня возможно переработать до 45% отработанного топлива с помощью ряда методов, таких как экстракция и электротермические методы. Радиоактивные отходы среднего и низкого уровня активности могут быть утилизированы путем помещения в твердую матрицу и размещения в контейнеры для неглубокого захоронения. Утилизация высокоактивных отходов все еще остается проблемой, которую предстоит решить. Следует также иметь в виду, что возраст 62% действующих в мире реакторов превышает 30 лет. В связи с этим все большее количество реакторов закрывается или планируется к закрытию. Поэтому механизмы вывода из эксплуатации ядерных объектов приобретают все большее значение [3]. Для обеспечения долгосрочного безопасного хранения выведенных из эксплуатации ядерных установок и высокоактивных отходов требуется разработка защитных инженерных барьеров безопасности для предотвращения попадания радионуклидов в окружающую среду. Глубокое геологическое захоронение уже осуществляется в некоторых странах на уровне исследовательских лабораторий и экспериментальных хранилищ. В этом случае радиоактивные отходы (РАО) переводят в твердое состояние и помещают в металлические резервуары высокой герметичности (обычно из стали, меди, титана) с уплотненной глиной в качестве буферного материала для изоляции контейнера с отходами от окружающей горной массы.

Распространенными набухающими глинами являются монтмориллонит, вермикулит и хлорит. Малая пористость, низкая проницаемость, высокие свойства водопоглощения и набухания, высокая удельная площадь поверхности и катионообменная способность этих глинистых минералов делают их потенциальными компонентами антимиграционных барьеров. Благодаря их сильным катионным адсорбционным свойствам смеси с высоким содержанием монтмориллонита и вермикулита и других глин являются лучшими компонентами для формирования адсорбционных, противофильтрационных и противомиграционных барьеров для защиты РАО и других выведенных из эксплуатации ядерных объектов.

Глинистые минералы характеризуются отрицательным зарядом на поверхности листов слоев минирала, обусловленным изоморфным замещением Al или Si в тетраэдрах или октаэдрах глинистых листов

другими атомами (например, Fe, Mg), что притягивает различные катионы к слоям для компенсации отрицательного заряда. Из-за присутствия этих катионов, когда молекулы воды проникают в межслоевое пространство, они соединяются с катионами, образуя внутрисферный или внешнесферный гидратный комплекс, что приводит к кристаллическому набуханию. На рисунке 2 показана структура внутрисферных и внешнесферных комплексов. Катионы с большими радиусами с большей вероятностью образуют внутрисферные комплексы с кислородом на поверхности глинистого слоя, в то время как катионы с меньшими радиусами с большей вероятностью связываются с молекулами воды, образуя внешнесферные комплексы из-за их более высокой энергии взаимодействия с молекулами воды.

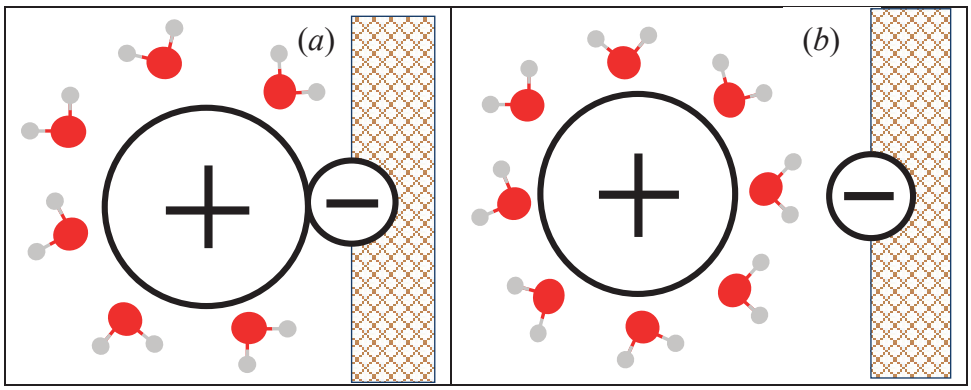


Рисунок 2 – Схема формирования внутрисферного(a) и внешнесферного (b) комплекса

Существует много факторов, которые могут влиять на сохранение катионов между слоями минерала глины. Тип, заряд, количество и пространственное расположение межслоевых катионов, тип и плотность глинистых минералов, расположение и количество изоморфных замещений атомов, имеющихся в глине, тип замещенных атомов, а также различные факторы окружающей среды, такие как температура, влажность и кислотность, могут оказывать влияние на миграцию ионов. Поэтому важно понять влияние глины на диффузию ионов между слоями при различных факторах.

Нами исследовано влияние на подвижность катионов от местоположения и количества изоморфных замещений атомов, имеющихся в слоях минерала глины. При тех же условиях заместители, возникающие в тетраэдрах, сильнее притягиваются к катионам, чем заместители в октаэдрах. Это объясняется тем, что тетраэдр находится ближе к межслоевому пространству и кулоновские силы больше. Замены одного типа и в одинаковом количестве в разных пространственных положениях в октаэдре или тетраэдре влияют на положение пространственного энергетического барьера для межслоевых катионов, но общее количество ионов остается тем же, поэтому взаимодействие не такое сильное. Однако неизвестно, как комбинация двух замещений с различным числом изоморфных замен в одном и том же месте влияет на миграцию межслоевых катионов. В данной работе представлены результаты моделирования этой задачи с помощью молекулярной динамики.

Цель работы – исследование зависимости коэффициента диффузии катионов K^+, Cs^+ через микрочастицы глинистых минералов монтмориллонит и вермикулит от координат атомов Al, замещающих атомы Mg, Fe и Si в слоях исходного минерала.

Метод моделирования

Кристаллические структуры монтмориллонита и вермикулита были получены нами путем некоторой решеточной замены модели Tsipursky and Drits [4]. Параметры решетки составляли $\alpha = \gamma = \beta = 90°$, a = 5,18, b = 8,98, c = 15. Моделирование было расширено до структуры 2×4×2 периодических суперячеек. Al^{3+} в октаэдрическом слое изоморфно замещается на Mg^{2+} или Fe^{2+}, а Si^{4+} в тетраэдре аналогично замещается на Al^{3+}, образуя отрицательно заряженный слой глины. Для нейтрализации отрицательного заряда глинистого слоя добавляется соответствующее количество катионов. Мы добавляли менее гидратируемые ионы K^+ или Cs^+. Причем добавление 64 молекул воды в межслоевое пространство позволяло формировать кристаллически набухшее состояния с двухслойным распределением молекул воды.

Для всех элементов решетки использовали силовые поля глины для лучшего представления межатомных взаимодействий [5]. Структура монтмориллонитовой системы была оптимизирована с помощью интеллектуального алгоритма для минимизации энергии системы за 5000 шагов, при этом фиксировались углы α, γ и β решетки. Полученная структура решетки минерала показана на рисунке 3.

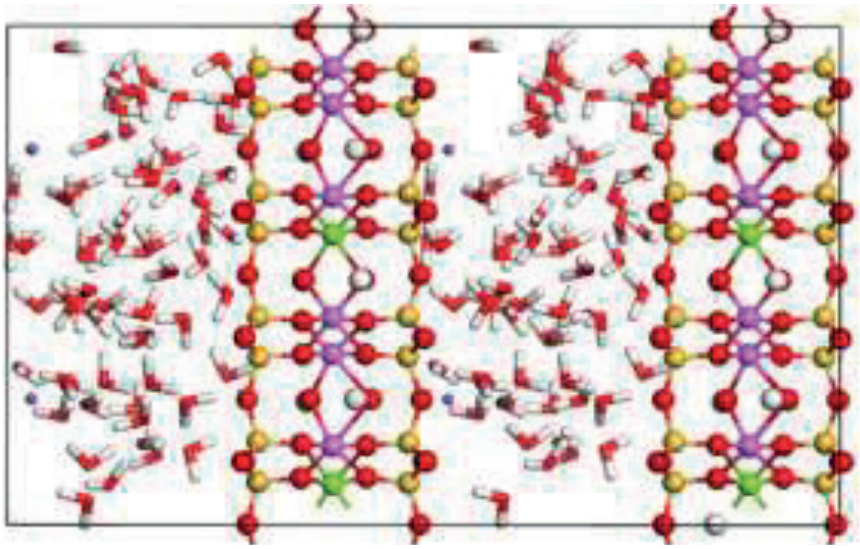


Рисунок 3 – Расчетная ячейка монтмориллонита. Обозначения: O – красный; H – белый; Al – сиреневый; Mg – зеленый; Si – желтый; K – синий.

В детальной программе для обработки электростатических взаимодействий применялся алгоритм Эвальда с точностью 0,0001 ккал/моль, а для ван-дер-ваальсовых взаимодействий использовалось суммирование по атомам с радиусом отсечки 9 Å. Моделирование с помощью молекулярной динамики (МД) длительностью 500 пс проводилось при температуре 298 K в синтезе NVT системы (постоянные число частиц, объем и температура) с использованием программного пакета Materials Studio. Было проведено моделирование при изменяющихся значениях всех атомных и клеточных параметров.

Для того чтобы сравнить влияние положения и количества замещений на миграцию ионов между слоями изомерно замещенный Mg или Fe на одной стороне был восстановлен до Al, а количество межслоевых катионов было, соответственно, уменьшено для достижения зарядового равновесия. После этого было проведено еще одно моделирование молекулярной динамики с использованием полученных данных для сравнения. Тот же метод был использован для тетраэдров. На рисунке 4 показаны схемы замены атомов в октаэдрическом и тетраэдрическом листах минерала монтмориллонита.

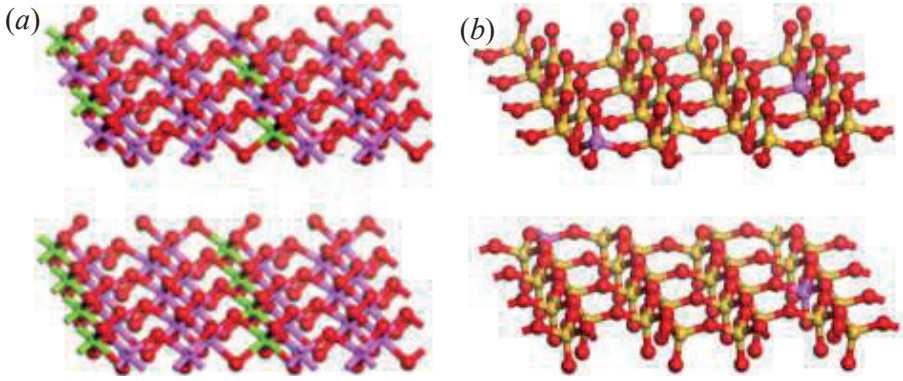


Рисунок 4 (a) – Замена 4 атомов Mg с одной стороны в октаэдрическом листе; (b) – замена 2 атомов Si с каждой стороны соседних слоев со смещением в тетраэдрическом листе

Самодиффузия и время защитного действия

Среднеквадратическое смещение складывается из суммы квадратов расстояний единичных прыжков частицы от одного положения до следующей точки во время процесса диффузии и используется для расчета коэффициента самодиффузии. Коэффициент самодиффузии можно определить из соотношения:

$$\mathrm{D} = \frac{1}{4} \cdot \frac{d}{dt} \left\langle \left(R(t) - R(0) \right)^2 \right\rangle, \qquad (1)$$

где $R(0)$ – начальное положение частицы через время t; $R(t)$ – конечное положение частицы через время t.

В таблице 2 приведены значения коэффициентов диффузии для катионов K^+ и Cs^+ в монтмориллоните, вермикулите при различных вариантах замены атомов. Исходная ячейка содержала 8 Mg в октаэдрическом листе и 8 K^+ между слоями минерала. В таблице использованы следующие обозначения. «4×1» – замена 4 атомов Mg с одной стороны листа и удаление 4 катионов в пространстве между слоями. 4×2*– замена со смещением 4 атомов Mg и удаление 4 катионов с каждой. «2×2» – замена 2 атомов Al с каждой стороны соседних слоев с добавлением 2 катионов между слоями. «2×2*» – замена 2 атомов Al с каждой стороны соседних слоев со смещением с добавлением 2 катионов между слоями.

Таблица 2 – Коэффициенты диффузии ионов при разных заменах атомов в минерале ($\cdot 10^{11}$, м^2/с)

Исходная	Октаэдрический лист (замена Mg или Fe на Al)		Тетраэдрический лист (замена Si на Al)		Примечания
	4×1	4×2*	2×2	2×2*	Схема замены
4,17	1,04	6,33	14,95	1,89	K^+-MMT
6,35	5,23	26,2	3,85	4,41	K^+-VMT
7,4	2,25	20,8	2,67	2,04	Cs^+-MMT

Как видно из таблицы 2, коэффициент диффузии межслоевых катионов может быть эффективно снижен при выполнении односторонних октаэдрических (4×1) и двусторонних неравномерных тетраэдрических (2×2*) замен атомов. Катионы между слоями соединяются с молекулами воды, образуя внешнесферные комплексы, а отрицательный заряд на поверхности слоя глины притягивает катионы к поверхности или даже в шестиугольное кольцо, образуя внутрисферные комплексы. Чем больше заряд на поверхности, тем больше сила влияния из-за потенциальных ям кулоновского типа на поверхности глинистого слоя. Замещение в октаэдрах уменьшает заряд в глинистом листе, оставляя отсутствующими компенсирующие катионы и приводя к ослаблению взаимодействия катионов с поверхностью глины. Напротив, замена на тетраэдры увеличивает число межслоевых катионов и заряд в глинистом листе, заставляя их прежние кулоновские силы действовать сильнее, что приводит к препятствию в миграции межслоевых катионов. Этот эффект усиливается при асимметричной форме в тетраэдрическом замещении. Это объясняется тем, что энергетический барьер между слоями глины распределяется неравномерно, что нарушает движение межслоевых катионов и приводит к снижению коэффициента диффузии. Более того, диффузия Cs^+ в целом быстрее, чем диффузия ионов K^+ в монтмориллоните, что, вероятно, связано с большим радиусом Cs^+, который ограничивает его движение в межслоевом пространстве. Как упоминалось ранее, ионы с большими радиусами имеют тенденцию соединяться с кислородом на поверхности глинистого слоя, образуя комплексы внутренней сферы, которые также эффективно ограничивают миграцию Cs^+.

Время защитного действия минералов вермикулит и монтмориллонит толщиной 1 метр, находящихся при нормальных условиях, от диффузии катионов Cs^+ и K^+ оценим по формуле [6]:

$$t = \frac{l}{Z \cdot D \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}, \qquad (2)$$

где l – толщина минерала глины;

Z – коэффициент допустимого выхода загрязнения на чистую поверхность (10^{-4}-10^{-2});

D – коэффициент диффузии катиона в глине.

Расчетные данные, по формуле (2), для времени защитного действия слоя глины толщиной 1 метр, составленной для модели вермикулит (VMT) и монтмориллонит (MMT), приведены в таблице 3.

Видно, что при моделировании, проведенном нами с монтмориллонитом и вермикулитом при плотности 2 г/см^3, миграция радиоактивных катионов может быть эффективно блокирована на срок до 100 000 лет при толщине всего 1 м. Время распада обычных высокорадиоактивных отходов, таких как ^{238}U ($T_{1/2}$=4.468·10^9 y), ^{237}Np ($T_{1/2}$=2.144·10^6 y), ^{239}Pu ($T_{1/2}$=2.411·10^4 y), ^{243}Am ($T_{1/2}$=7370 y) и короткоживущих продуктов их деления ^{90}Sr ($T_{1/2}$=28.90 y), ^{137}Cs ($T_{1/2}$=30.167 y). Это означает, что при уплотнении слоя глины до определенной толщины можно обеспечить надежную защиту от выхода высокоактивных отходов. Это также свидетельствует о высоких барьерных свойствах минерала и его необходимости в качестве буферного материала для высокорадиоактивных отходов.

Таблица 3 – Время защитного действия K^+ и Cs^+ (10^{-5}, лет)

Исходная	Октаэдрический лист (замена Mg или Fe на Al)		Тетраэдрический лист (замена Si на Al)		Примечания
	4×1	4×2*	2×2	2×2*	Схема замены
7,6	30	5	2,1	16,8	K^+-MMT
5	6	1,2	8,2	7,2	K^+-VMT
4,3	14	1,5	12	15,5	Cs^+-MMT

Функция радиального распределения (ФРР)

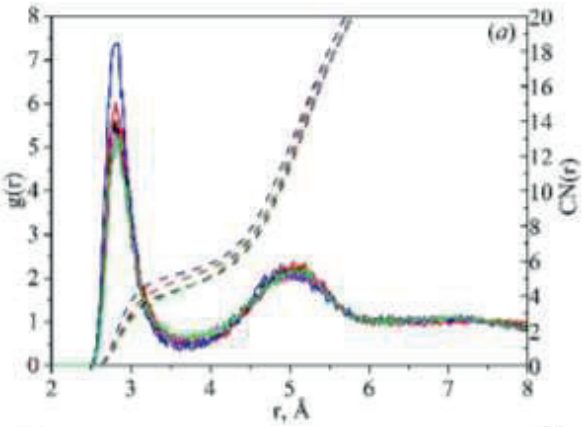
Взаимодействие межслоевых ионов с поверхностью листов слоя глины было исследовано путем расчета функции радиального распределения $g(r)$ и координационного числа CN(r) для K^+-Ow/Os и Cs^+-Ow/Os в K-MMT, K-VMT, Cs-MMT с различными плотностями заряда и позициями заряда. Здесь Os – атом кислорода на поверхности листа глины, а Ow – атом кислорода в молекуле воды. Уравнение координационного числа (3) используется для расчета среднего координационного числа между компонентами:

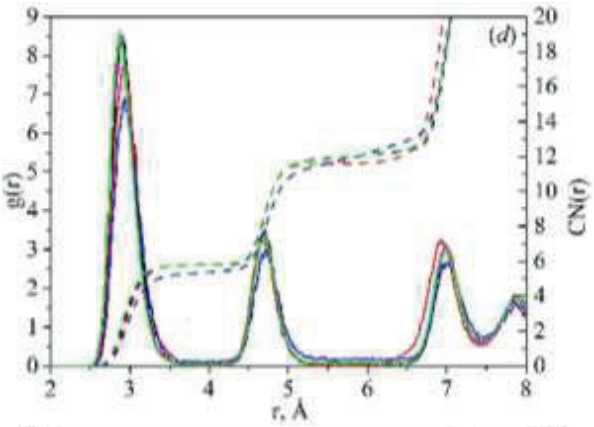
$$CN(r) = 4\pi \frac{N}{V} \int_0^r g(r) r^2 dr \qquad (3)$$

где V – общий объем кристалла; N – общее число частиц; CN(r) – число координационных атомов (молекул) в пределах слоя сферической оболочки 0-r вокруг атома-мишени; g(r) – значение функции радиального распределения, указывающее на вероятность появления координационного атома (или молекулы) на определенном расстоянии; и r – расстояние между центрами атомов.

На рисунке 5 использованы следующие цветовое обозначение: исходная – черный, «4×1» – красной, «4×2*» – синий, «2×2» – розовый, «2×2*» – зеленый, сплошная линия – координаты функции радиального распределения слева, пунктирная линия – координаты координационного числа справа.

Как видно на рисунке 5(a-c), радиус первой гидратной оболочки иона K^+ составляет примерно 2,82 Å, а иона Cs^+ немного больше – примерно 3,14 Å. И хотя ионы K^+ и Cs^+ являются катионами с низкой гидратацией, значение функции радиального распределения Cs-Ow/Os все же значительно ниже, чем K-Ow/Os. Кроме того, хотя ионы K^+ и Cs^+ являются низкогидратированными катионами, значение функции радиального распределения для иона Cs^+ с большим радиусом, Cs-Ow/Os, все же значительно ниже, чем для K-Ow/Os. Разброс индивидуальных функций радиального распределения не очень велик для одних и тех же межслоевых катионов. Только в случае асимметричного замещения «4×2*» в двухстороннем октаэдре наблюдается некоторое увеличение. Это означает, что в данном случае наблюдается небольшое усиление взаимодействия между межслоевыми катионами и молекулами воды. Об этом также свидетельствует тот факт, что координационное число Ow для «4×2*» в таблице 4 является самым высоким среди глинистых минералов того же вида. CN относительно уменьшается, когда в двусторонних тетраэдрах происходит асимметричное замещение «2×2*». Увеличение заряда в тетраэдрах глинистого слоя действительно усиливает взаимодействие ионов с поверхностью. В отличие от этого, первый пик Cs-Os на рисунке 5(e) находится при 3,15 Å, а второй – при 4,87 Å. Первый пик K-Os на рисунке 5(d) и (f) находится при 2,91 Å, а второй – при 4,68 Å. Это указывает на то, что при низкогидратированном взаимодействии катиона с поверхностью последний находится не в центре гексагонального кольца, а ближе к одному из атомов кислорода.





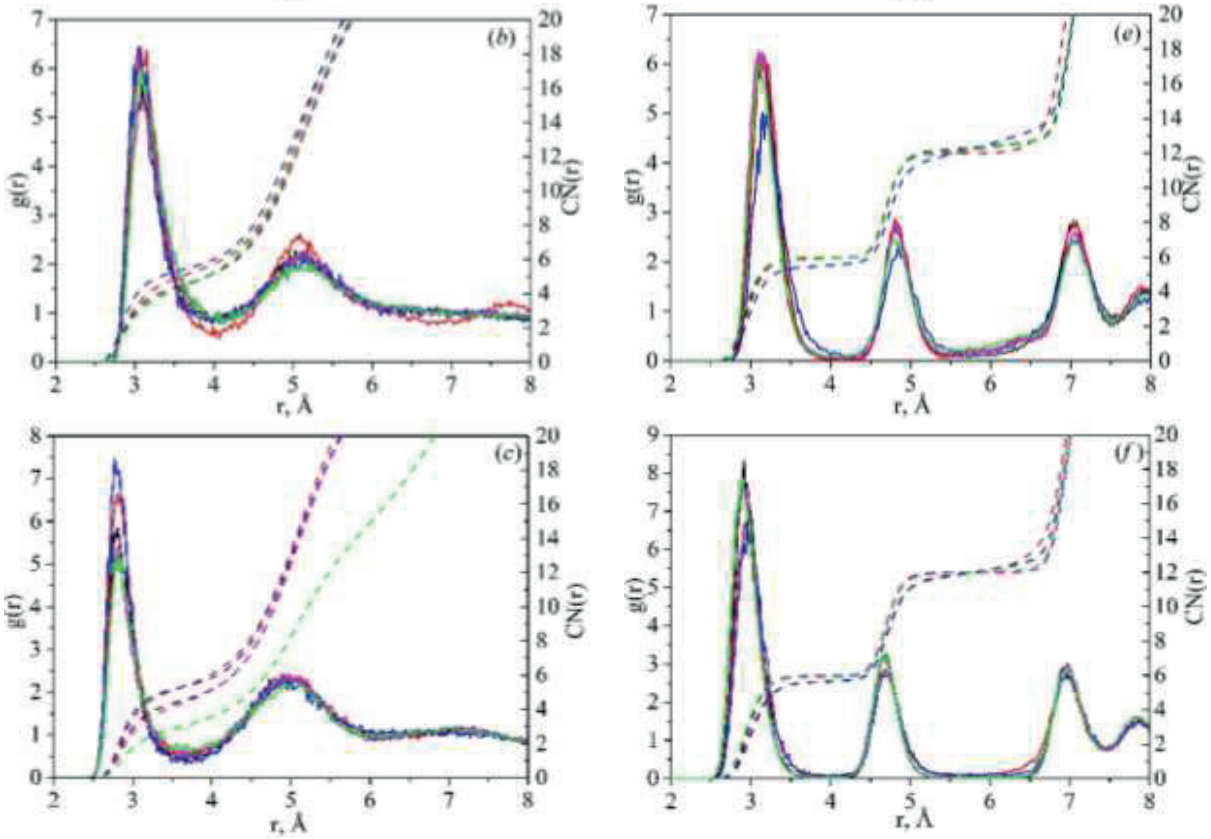


Рисунок 5 – ФРР в межслоевом пространстве разных глин при различных заменах: (a) – K-MMT K-Ow, (b) – Cs-MMT Cs-Ow, (c) – K-VMT K-Ow, (d) – K-MMT K-Os, (e) – Cs-MMT Cs-Os, (f) – K-VMT K-Os

Приведенные результаты квантово-химических расчетов показывают, что барьерные свойства минералов глины в значительной мере зависят от структурных особенностей каркаса минерала. Поэтому перед использованием глины в качестве барьера безопасности для захоронения РАО необходимо тщательно изучить его структурные особенности. Однако наиболее достоверные данные могут быть получены лишь путем экспериментального определения коэффициента диффузии и коэффициента распределения всех значимых радионуклидов для образцов глины с разных месторождений.

Таблица 4 – Координационные числа катионов при разных схемах замещения

Исходная		Октаэдрический лист (замена Mg или Fe на Al)				Тетраэдрический лист (замена Si на Al)				Примечания
		4×1		4×2*		2×2		2×2*		Схема замены
Ow	Os	Ow	Os	Ow	Os	Ow	Os	Ow	Os	Координационное число
4,52	5,76	5,00	5,76	5,36	5,33	4,52	5,76	4,52	5,76	K^+-MMT
4,57	5,98	5,37	5,98	5,37	5,64	4,42	5,98	3,07	5,97	K^+-VMT
5,22	5,96	5,71	5,96	6,02	5,52	5,22	5,96	5,22	5,96	Cs^+-MMT

Вывод

Рассчитаны коэффициенты диффузии катионов K^+ и Cs^+, распределения катионов и воды между слоями минерала, функция радиального распределения и координационное число. Из результатов исследований следуют следующие выводы.

1. Квантово-химическое моделирование показывает, что коэффициент диффузии в значительной мере зависит от положения замещающих атомов в тетраэдрическом и октаэдрическом листах. Влияние на коэффициент диффузии межслоевых катионов от наибольшего к наименьшему: одностороннее замещение, замещение в тетраэдрах, замещение в октаэдрах.

2. Показано, что наибольшее время защитного действия слоя глины монтмориллонит толщиной 1 метр наблюдается при замене 4 атомов Mg с одной стороны слоя минерала в октаэдрическом листе и составляет $3 \cdot 10^6$ лет. В исходном минерале это время составляет $0{,}76 \cdot 10^6$ лет.

Список использованных источников

1. Gawlik L., Mokrzycki E. Fossil fuels in the national power sector− problems and challenges // Polityka Energetyczna–Energy Policy Journal, 2017, vol. 20, no. 4, pp. 5–25.

2. Официальный сайт IAEA [Электронный ресурс] / Nuclear Share of Electricity Generation in 2021 – Режим доступа: https://pris.iaea.org/PRIS/WorldStatistics/NuclearShareof ElectricityGeneration.aspx.

3. Официальный сайт world-nuclear [Электронный ресурс] / Radioactive Waste Management – 2022. – Режим доступа: https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/nuclear-wastes/radioactive-waste-management.aspx.

4. Tsipursky S. I., Drits V. A. The distribution of octahedral cations in the 2: 1 layers of dioctahedral smectites studied by oblique-texture electron diffraction //Clay Minerals, 1984, vol. 19, no. 2, pp. 177–193.

5. Cygan R. T., Liang J. J., Kalinichev A. G. Molecular models of hydroxide, oxyhydroxide, and clay phases and the development of a general force field //The Journal of Physical Chemistry B., 2004, vol. 108, no. 4, pp. 1255–1266.

6. ГОСТ 26412–85. Метод определения изолирующих свойств по отношению к загрязнению бета-радионуклидами.

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»

Искаков М.М.[1], Кайрамбаев С.К.[1], Перменев Ю.Г.[2], Панова Е.Н.[2], Агапов О.А.[2]
[1] АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан
[2]ТОО «Институт высоких технологий», г. Алматы, Казахстан

АО «НАК «Казатомпром» в 2019-2021 годах, в рамках реализации Плана действий в экологической и социальной сферах (ESAP), инициировал проведение экологических исследований воздействия производственной деятельности уранодобывающих предприятий на окружающую среду (ОС).

Основой проводимых работ является комплексный системный подход, когда оценивается состояние всех объектов ОС, на которые может быть оказано воздействие от производственной деятельности. Для этого необходимо отделить факторы воздействия производственной деятельности от общих негативных факторов естественного природного фона и прочей антропогенной деятельности, включающей сельскохозяйственное и промышленное производство, транспорт, жизнедеятельность местного населения, на основе выявленных маркеров воздействия уранодобывающей деятельности.

На первом этапе были проведены работы по анализу производственной деятельности предприятия, на основе которого определены факторы, потенциальные каналы (пути) и маркеры воздействия на объекты ОС.

Определены следующие факторы воздействия:

− на атмосферный воздух: выбросы загрязняющих веществ в процессе производственного цикла на территории предприятия. Нормативы эмиссий и виды этих веществ определены в проекте нормативов эмиссий, превышение нормативов эмиссий не допускается;

− на подземные воды: возможность распространения технологических растворов за пределы (внешний контур) геотехнологических полигонов (ГТП), появление следов присутствия технологических растворов в подземных водах на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) предприятия;

− на почву: загрязнение почвенного покрова в результате производственной деятельности технологическими растворами при аварийных ситуациях, нарушение почвенно-растительного покрова при строительно-монтажных работах, бурении скважин, прокладке трубопроводов, полевых дорог;

− на растительность: уничтожение растительности и изменение видового состава (замена доминантных видов растительности на сорные и нехарактерные виды) при строительно-монтажных работах, бурении скважин, прокладке трубопроводов, полевых дорог;

− на животных: вытеснение с обжитых территорий при строительно-монтажных работах, бурении скважин, прокладке трубопроводов, полевых дорог, факторы беспокойства животных при осуществлении производственной деятельности за пределами территории предприятия.

В соответствии с факторами воздействия при подземном скважинном выщелачивании (ПСВ) урана определены характерные маркеры воздействия:

− на атмосферный воздух: превышение нормативов эмиссий загрязняющих веществ, наличие сверхнормативных концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе СЗЗ;

− на атмосферные осадки: повышенный, по сравнению с фоновым, уровень аммиака (аммония), сульфатов, нитратов, суммарной удельной альфа- и бета-активности, изменение pH;

− на подземные воды: изменение pH в кислую сторону, наличие повышенных концентраций сульфатов и урана по сравнению с фоновыми показателями;

− на почву: изменение pH в кислую сторону, увеличение плотного остатка водной вытяжки почвы, сульфатов, урана, повышенный уровень суммарной удельной альфа- и бета-активности по сравнению с фоном. Наличие территорий с нарушенным почвенным покровом – следы дефляции, эрозии, отсутствия растительности, следы пожаров и контактов технологических растворов с почвой, дорожная дигрессия;

− на растительность: угнетенное состояние, аномалии роста и развития, отсутствие растительности и измененный видовой состав, проективное покрытие растительности отличное от фонового;

− на животных: снижение численности животных и изменение видового разнообразия на прилегающей территории, исчезновение характерных видов.

В результате анализа производственной деятельности установлено, что уранодобывающие предприятия осуществляют производственную деятельность, природоохранные и экологические мероприятия в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

Однако, в связи с выходом АО «НАК «Казатомпром» на IPO в 2018 году и приобретением публичного

статуса требования к деятельности по защите ОС и заботе о местном сообществе вышли на новый уровень, соответствующий международным стандартам деятельности по обеспечению экологической и социальной устойчивости Международной финансовой корпорации и Global Reporting Initiative (GRI).

Принципы устойчивого развития являются неотъемлемой частью деятельности АО «НАК «Казатомпром». Компания нацелена на устойчивый рост при обеспечении максимально безопасного производства и сокращения воздействия своей деятельности на ОС.

Согласно требованиям международных стандартов, а также необходимости комплексной оценки воздействия производственной деятельности на ОС и местное население, планирование и проведение экологических исследований предусматривает изучение территорий за границей участков недропользования (исследование прилегающих территорий). Особое внимание нужно уделять сохранению и восстановлению биоразнообразия в районе присутствия предприятий. Необходимо учитывать сезонность исследований и проводить мониторинговые работы в разные сезоны года на постоянной основе (для ее актуализации) для получения объективной и разноплановой информации. Согласно международным и республиканским нормативным документам, оценка воздействия производственной деятельности на ОС должна выполняться постоянно, на основе актуальных данных, следовательно, требуется обновление полученных данных о состоянии объектов ОС за счет проведения мониторинговых работ.

В связи с этим, на втором этапе работ по комплексному экологическому обследованию территорий при подготовке маршрутов экспедиционных работ с привлечением картографических материалов, основанных на данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (космоснимков), были значительно расширены территории экологического обследования. При этом учитывались данные предыдущих исследований, состояние почвенно-растительного покрова, нарушенность территорий, выбирались фоновые (контрольные) точки, расположенные за пределами территории недропользования на характерных для данной местности участках биоценозов.

Третьим этапом работ по комплексному экологическому обследованию (участки недропользования, прилегающие и фоновые территории) являлся отбор проб объектов ОС в фоновых точках, расположенных на удалении от границ участков недропользования, на ГТП и на прилегающих к границам рудников территориях, в том числе на зимовках и в крестьянских хозяйствах, потенциально находящихся в зоне возможного воздействия производственной деятельности [1].

Отбор проб почвы осуществлялся непосредственно на территории ГТП, прилегающей территории и за пределами зоны возможного воздействия предприятий, на расстоянии свыше 10 км от границ предприятия, точки отбора проб распределялись равномерно. Обследование ГТП проводилось с отбором проб почвы в местах возможных проливов технологических растворов вблизи скважин ПСВ, на прилегающей территории внимание уделялось объектам водоснабжения (колодцы, скважины на зимовках), а также местам выпаса скота и сельхозпроизводства, окрестностям населенных пунктов. На фоновых территориях обследовались территории без следов нарушения почвенно-растительного покрова, расположенные вдали от объектов антропогенной инфраструктуры.

Обследование поверхностного слоя почвы проводили площадным методом согласно [2], с отбором объединенных проб методом конверта на глубину до 25 см и последующим их анализом по маркерным веществам [3, 4].

Проводился выборочный отбор проб почвы на ГТП для микробиологических исследований, для оценки состояния микробиоценоза почвы, в сравнении с фоновыми показателями, определенными за пределами территории воздействия уранодобывающих предприятий. При микробиологическом исследовании проводились работы по определению количественного и качественного состава и состояния почвенной микрофлоры, интенсивности дыхания почвы и ее фитотоксичности в районе расположения производственных объектов рудников ПСВ урана и прилегающих территорий [5, 6].

Отбор проб природных вод проводился согласно [7, 8], при этом вода отбиралась как из поверхностных водных объектов (при их наличии), так и из наблюдательных скважин по периметру ГТП, из колодцев и скважин на территории за пределами ГТП в пределах горного отвода предприятий, на прилегающей и фоновой территориях и в ближайших населенных пунктах. Пробы объектов ОС в населенных пунктах отбирались на территории социально значимых объектов: местная администрация, школы, детские сады, а также в домах местных жителей. При отборе проб проводилось описание места отбора, учитывались глубина скважины или колодца, использование воды для технических или хозяйственно-питьевых целей.

Отбор проб атмосферных осадков (снега) осуществлялся согласно [8], в точках, расположенных на

фоновой территории, на границе промышленной площадки и на границе СЗЗ с подветренной стороны по направлению преобладающих ветров.

Оценка биоразнообразия (флоры и фауны) проводилась как на территории недропользования, так и на прилегающей к ней территории, по общепринятым в геоботанике и зоологии методам [9-12].

В качестве методической основы использовались традиционные методы геоботанических исследований: описания фитоценозов, ландшафтно-экологическое профилирование. Особое внимание уделялось изучению пространственного размещения (структуры) растительности в её взаимосвязи с другими компонентами ландшафта (рельефом, почвой и др.), оценке состояния фитоценозов, выявлению редких, эндемичных видов и сообществ, оценке биоразнообразия.

Геоботанические описания растительных сообществ в точках наблюдений проводились традиционным методом с использованием специальных геоботанических бланков. При описании сообществ учитывали флористический состав, обилие по шкале Друде, высоту растений, ярусность, жизненное состояние видов, фенофазу растений, общее проективное покрытие, характер распределения видов, аспект сообщества, а также экологические (рельеф местности, тип почв, глубина грунтовых вод, засоление, характер увлажнения и т.д.) и антропогенные факторы, влияющие на растительность [10].

Основной методикой сбора материала при зоологических исследованиях являлись стандартные пешие маршруты с целью документирования видов и численности популяции, а также фотографирование биотопов, животных и следов их деятельности. Основные исследования в период проведения полевых работ выполняются по млекопитающим, птицам, земноводным и пресмыкающимся. Помимо полевых наблюдений при оценке современного состояния животного мира используется анализ литературных и фондовых материалов. Количественный и качественный состав различных систематических групп животных определяется методами визуальных наблюдений. В случае обнаружения фиксируются места обитания и гнездования птиц [11, 12].

Исследования животного мира проводились в весенне-летний период (май-июнь). Основное внимание при оценке состояния животного мира уделялось видовому составу, численности, наличию редких, краснокнижных и эндемичных животных, местах их обитания и размножения.

Четвертым этапом комплексных исследований являлись камеральные работы, с анализом и оценкой ситуации и выявление воздействия производственной деятельности на объекты ОС.

Полученные результаты химического анализа проб объектов ОС сравнивались с результатами фоновых проб, отобранных за пределами территории потенциального воздействия уранодобывающих предприятий. Повышенные по сравнению с фоном значения свидетельствуют о наличии воздействия производственной деятельности на объекты ОС.

Для оценки состояния нарушенности почвенно-растительного покрова, помимо данных ДЗЗ, при обработке которых определялись площади нарушенности почвенно-растительного покрова в крупных масштабах (например пожары или строительные работы, несанкционированные полевые дороги и т.д.), применялись и данные полевого обследования территорий. Для оценки нарушенности почвенно-растительного покрова применялась шести-бальная система оценки антропогенной нарушенности: трансформированные (антропогенно-преобразованные) экосистемы; очень сильная степень нарушенности; сильная степень нарушенности; средняя степень нарушенности; слабая степень нарушенности; фоновое состояние.

Проводилось картирование результатов полевых работ, выполнялся всесторонний анализ данных о состоянии объектов ОС, в том числе флоры и фауны, с привлечение маркеров воздействия уранодобывающей деятельности.

На основании полученных результатов комплексных экологических исследований, предприятиям были даны рекомендации по актуализации внутренних нормативных документов в области охраны ОС, а также предложения по проведению мониторинговых работ, включению маркерных веществ в перечень контролируемых параметров, расширению территорий и сезонов обследования.

Для мониторинга состояния и уровня воздействия уранодобывающих предприятий на подземные воды разработан отраслевой стандарт СТ НАК 17.4-2021 «Методические указания по организации мониторинга воздействия ПСВ урана на грунтовые и подземные воды внедренный на всех дочерних и зависимых организациях АО «НАК «Казатомпром».

В 2022 г. внедрен также стандарт СТ НАК 17.6-2022 «Методические указания по оценке биоразнообразия на урановых месторождениях, производственных объектах и прилегающих к ним территориях».

В целях перехода управления вопросами охраны ОС, здоровья и производственной безопасности на риск-ориентированный подход, согласно требованиям международных стандартов, и совершенствования деятельности уранодобывающих предприятий разработана Программа комплексных экологических и социальных исследований (Environmental and Social Research Program /ESRP) на 2022-24 гг.

Программа ESRP предусматривает переход экологического мониторинга, согласно требованиям международных стандартов (GRI) в части оценки состояния объектов ОС и биоразнообразия за пределами участков недропользования, на ежегодную основу, с предоставлением информации заинтересованным сторонам.

Реализация ESRP позволит в полной мере привести деятельность уранодобывающих предприятий в соответствие с требованиями нового Экологического кодекса Республики Казахстан, а также сформировать экологическую и социальную информацию, для представления в корпоративном Интегрированном годовом отчете, в соответствии с требованиями стандартов GRI.

Список использованных источников

1. Методические указания по проведению оценки воздействия хозяйственной деятельности на окружающую среду: утв. приказом МООС РК №270-П от 29 октября 2010 г.

2. ГОСТ 17.4.3.01-2017. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб.

3. СТ РК ИСО 17294-2-2006. Качество воды. Применение масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Часть 2. Определение 62 элементов.

4. МВИ № KZ.06.03.00023-2019. Методика (метод) измерений общей (суммарной) альфа- и бета-активности в пробах объектов окружающей среды и технологических сред (после их предварительной подготовки) с использованием низкофоновых альфа-бета-радиометров.

5. Биккинина А.Г., Логинов О.Н., Силищев Н.Н., Бакаева М.Д., Галимзянова Н.Ф. Повышение эффективности процесса биоремедиации отработанной отбеливающей земли, загрязненной углеводородами, при совместном использовании биопрепаратов Ленойл и Азолен // Биотехнология. – 2006. – № 5. – С. 57-62.

6. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв / Под ред. С.М. Малахова. – М., 1984. – Часть II. – 39 с.

7. СТ РК ИСО 5667-1-2006. (ИСО 5667-1:1980 «Качество воды. Отбор проб. Часть 1. Руководство по составлению программ отбора проб», IDT).

8. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

9. Полевая геоботаника в 4-х томах/ Под ред. Е.М. Лавренко и А.А. Корчагина. – М.-Л.: Наука, 1959-1972. – 1805 с.

10. Трансформация растительного покрова Казахстана в условиях современного природопользования: закл. отчёт о НИР Института ботаники и фитоинтродукции. – Алматы, 1998. – 270 с.

11. Кандалова Г.К., Панченко В.Г., Приклонский С.Г. Методические указания по учету водоплавающих птиц. М., Колос. – 1971. – 16 с.

12. Методические указания по учету млекопитающих. М., 1987.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПРИРОДНОГО УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Искаков М.М.[1], Кайрамбаев С.К.[1], Перменев Ю.Г.[2], Панова Е.Н.[2], Большакова Н.А.[2]
[1] АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан
[2]ТОО «Институт высоких технологий», г. Алматы, Казахстан

В 2019-2021 гг. на большинстве уранодобывающих предприятий АО «НАК «Казатомпром» были выполнены исследования, направленные на повышение качества прогнозирования и мониторинга воздействий на объекты окружающей среды (ОС), а именно:

- определение источников и путей воздействия на ОС;
- анализ фонового экологического состояния территорий;
- сбор новых данных путем проведения комплексных экологических исследований;
- разработка критериев по оценке воздействия на ОС;
- оценка устойчивости ОС к воздействию;
- управление экологическими и социальными рисками;
- прогнозирование последствий техногенных воздействий;
- разработка рекомендаций по предотвращению и минимизации техногенных воздействий;
- усовершенствование программ производственного экологического контроля (ПЭК), планов управления чрезвычайными ситуациями (ЧС) и рисками.

Целью проводимых работ являлось выделение из общего антропогенного воздействия в регионе, где имеются значительные экологические проблемы, связанные с естественными природно-климатическими условиями (засоленность почв, плохое качество питьевой воды, аридный климат), с экологической катастрофой, обусловленной высыханием Аральского моря (солевые пыльные бури, сокращения биоразнообразия, снижение плодородия почв), воздействия, связанного непосредственно с производственной деятельностью уранодобывающих предприятий, с целью разработки мероприятий по минимизации техногенного влияния с учетом экологических и социальных рисков.

Работы состояли из этапов:

- анализ фонового состояния, включая исторические и литературные данные;
- -анализ производственной деятельности предприятий;
- анализ состояния ОС.

В рамках проведенных работ собраны и проанализированы литературные и фондовые данные исторических экологических исследований, фоновые данные состояния ОС в районе расположения предприятий.

Впервые для анализа привлечены имеющиеся в свободном доступе результаты экологического обследования территорий расположения рудников различными научно-исследовательскими и проектными организациями, информационные бюллетени о состоянии ОС РГП «Казгидромет», материалы Национального атласа, Национального доклада о состоянии ОС Республики Казахстан.

В 2020-2021 годах впервые проведены комплексные экологические исследования на территории 11 месторождений и прилегающих к ним территорий в радиусе 10 км от границ горного отвода. а также по маршрутам транспортировки готовой продукции.

Впервые для экологической оценки воздействия деятельности предприятий на ОС выбраны фоновые участки, где природные характеристики, аналогичные исследуемой территории, не нарушены, и исключено техногенное воздействие уранодобывающих предприятий.

Отобраны пробы поверхностного слоя почвы на геотехнологических полигонах (ГТП), прилегающей территории и на фоновых участках и проведены количественные химические анализы проб по определению удельной суммарной альфа- и бета-активности почв, плотного остатка водной вытяжки, pH, содержания нитратов.

Впервые выполнен микробиологический анализ проб почв, как с нарушенных, так и ненарушенных производственной деятельностью территорий, определено дыхание и фитотоксичность почвы.

Отобраны пробы поверхностных, грунтовых и подземных природных вод (из р. Сырдарья, каналов, солончака Акжайкын, наблюдательных скважин за пределами ГТП предприятий) и воды из нецентрализованных источников водоснабжения (скважины, колодцы) на зимовках и в крестьянских

хозяйствах на прилегающей к рудникам территории. Проведен количественный химический анализ проб для определения сухого остатка, жесткости, гидрокарбонатов, удельной суммарной альфа- и бета-активности, pH, содержания хлоридов, сульфатов, нитратов и урана.

Впервые для оценки воздействия производственной деятельности уранодобывающих предприятий на атмосферный воздух отобраны пробы атмосферных осадков (снега) на территории промплощадки, на границе санитарно-защитной зоны и в контрольных точках. Проведен количественный химический анализ проб для выявления в атмосферных осадках содержания аммиака (аммония) и его производных, сульфатов, нитратов, определения pH, удельной суммарной альфа- и бета-активности.

В ближайших к рудникам населенных пунктах (Шиели, Бидайколь, Акмая, им Ш. Кодаманова, Байкенже, Бидайколь, Тайконыр, Аксумбе, Кыземшек) в социально-значимых местах (акимат, школа, детский сад, дома местных жителей) отобраны пробы поверхностного слоя почвы и питьевой воды. Отбор проб проводился совместно с представителями рудников и администрации населенных пунктов. Проведен количественный химический анализ проб для определения в почве – удельной суммарной альфа- и бета-активности, pH, плотного остатка водной вытяжки, содержания сульфатов, нитратов, тяжелых металлов; в питьевой воде – сухого остатка (общей минерализации), pH, общей жесткости, содержания гидрокарбонатов, сульфатов, хлоридов, нитратов, нитритов, фосфорсодержащих веществ (фосфатов), урана, тяжелых металлов.

Впервые проведены исследования современного состояния растительного покрова исследуемой территории. Особое внимание уделялось изучению пространственного размещения (структуры) растительности и ее взаимосвязи с рельефом, почвами и т.п., оценке состояния фитоценозов, выявлению флористического состава, в том числе, редких, краснокнижных, эндемичных видов и сообществ.

Впервые для оценки состояния территории урановых рудников привлечены данные дистанционного зондирования Земли высокого пространственного разрешения – 50 см (космоснимки спутника Pleiades-1A). На основе космоснимков и полевых наблюдений созданы схемы видового состава растительного покрова, состояния почвенного и растительного покровов с участками нарушенности, значимых мест обитания.

С помощью программного пакета ArcGIS проведено дешифрирование космоснимков (распознавание объектов) и оцифрованы места обитания, растительные контура, нарушенные территории, установлены факторы воздействия, подсчитаны площади и определена степень нарушенности. В качестве дополнительного материала при подготовке к дешифрированию использовался стандарт ГКИНП 02-121-79 (Геодезические, картографические инструкции, нормы и правила. Руководство по дешифрированию аэроснимков при топографической съемке), в котором приведены основные дешифровочные признаки природно-техногенных объектов.

Для оценки состояния прилегающей к руднику территории также использовались доступные онлайн ресурсы космоснимков (Google Earth, Bing maps).

Впервые проведены исследования современного состояния животного мира на исследуемой территории, документированы виды животных, численность популяций, собран фотоматериал биотопов, животных и следов их деятельности. Особое внимание уделено таким классам животных, как млекопитающие, птицы, земноводные и пресмыкающиеся. Проанализировано состояние индикаторных видов млекопитающих (мышевидных грызунов) и рептилий с территорий рудников и прилегающих территорий, при сравнении их метрических и функциональных показателей с животными из других регионов Казахстана.

Подготовлены перечни опасных (ядовитых) растений и животных, которые могут произрастать и обитать в районе расположения предприятий. Материал оформлен в форме брошюры, которая передана в уранодобывающие ДЗО в качестве информационного справочника для сотрудников.

По результатам проведенных работ сформированы первичные перечни экологических рисков, даны предложения по организации риск-ориентированной экологической деятельности предприятий, проведены работы по оценке кумулятивного воздействия производственной деятельности на ОС.

На основе проведенных исследований разработаны предложения к актуализации имеющихся на уранодобывающих предприятиях программ производственного экологического контроля, в основном это:

- контроль состояния атмосферных осадков на производственных территориях и границе СЗЗ;
- учет отходов по категориям: поддающиеся повторной переработке и утилизируемые;
- увеличение количества наблюдательных скважин для мониторинга состояния подземных вод за пределами ГТП;
- мониторинг состояния поверхностных вод (при наличии), а также подземных вод, использующихся в хозяйственно-бытовых целях;

- мониторинг состояния почвенно-растительного покрова, площади нарушенных производственной деятельностью территорий в динамике;

- мониторинг состояния биоразнообразия: видовой состав, численность, фиксирование встреч с редкими, краснокнижными видами.

Риск-ориентированный подход к Плану мероприятий по охране ОС связан с совершенствованием системы экологического менеджмента. При этом оценка экологических рисков должна проводиться в соответствии с Политикой по управлению рисками АО «НАК «Казатомпром» и утвержденным на предприятии уровнем риск-аппетита. Экологические риски также необходимо внести в Реестр и Карту рисков. По каждому из экологических рисков, вошедших в Реестр рисков, должны быть разработаны мероприятия по снижению их воздействия.

Для соответствия международным и республиканским экологическим требованиям рекомендовано внести в Планы мероприятий по охране ОС уранодобывающих предприятий следующие общие пункты:

- исследование экологических воздействий производственных объектов рудника на воздушную среду, с исследованием атмосферных осадков;
- мониторинг состояния подземных вод за границей ГТП и вблизи населенных пунктов;
- мониторинг состояния почвенного покрова с проведением оценки нарушенности почвенного покрова (уровня эрозии, дефляции, турбации, загрязнения), определения площадей нарушенности, картирование результатов и отслеживание показателей в динамике;
- мониторинг состояния биоразнообразия для исследования возможного воздействия на представителей флоры и фауны на территории рудника и прилегающей территории;
- обращение с отходами производства и потребления с учетом отходов производства и потребления по категориям: поддающиеся повторной переработке и утилизируемые безвозвратно;
- идентификация, оценка и сокращение экологических и социальных рисков, включающая внедрение на предприятиях системы устойчивого развития (системы экологического и социального менеджмента) с целью эффективного процесса управления экологическими и социальными рисками предприятия;
- картирование рисков, ранжирование территорий по степени риска, с применением комплексных оценочных показателей (экологических и социальных для обеспечения риск-ориентированной деятельности предприятия;
- проведение прогрессивной ликвидации, исследование возможности очистки почв от радиоактивного загрязнения при помощи растений, флоакулянтов и иных веществ, способных вытягивать радиоактивные химические элементы из почвы и улучшать свойства почв;
- экологическое просвещение и пропаганда, обсуждение с заинтересованными сторонами вопросов экологической безопасности и улучшения качества ОС.

При анализе имеющихся у уранодобывающих предприятий Планов реагирования при ЧС установлено, что перечень мероприятий чрезвычайного реагирования направлен в основном на защиту персонала и местного населения.

Поэтому рекомендуется в имеющиеся документы, связанные с реагированием на ЧС, внести пункт о ликвидации последствий воздействия на ОС. Необходимо утвердить методы, инструменты и средства индивидуальной защиты для ликвидации последствий, а также запланировать материальные средства.

Рекомендуется дополнить Планы по ликвидации ЧС с учетом того, ликвидация последствий ЧС организуется в интересах защиты персонала предприятия и населения, проживающего вблизи объекта, защиты ОС, с восстановлением (ремедиацией) ее компонентов, пострадавших при ЧС и последствий их ликвидации до исходного состояния, а также восстановления нормального функционирования нарушенного производства и объекта в целом и территорий, подвергшихся влиянию последствий ЧС.

Ликвидация последствий ЧС достигается путем:

— наличия подготовленного и обученного персонала, который может оценить последствия возникновения и ликвидации ЧС, с точки зрения воздействия на объекты ОС;

— необходимой материально-технической базы (спецтехника, оборудование, материалы, места для складирования загрязненного грунта, и пр.) для устранения последствий возникновения и ликвидации ЧС, в том числе для проведения природоохранных мероприятий;

— реализации природоохранных мероприятий по восстановлению (ремедиации) нарушенных компонентов ОС.

Ликвидация последствий ЧС включает в себя:

— устранения загрязнения почвенного покрова, путем выемки загрязненного грунта и последующей

технической рекультивации территории (засыпка чистым грунтом с последующим выравниванием территории);

— биологической рекультивации (высадка растений) на территории, где в результате ЧС и их последствий растительность была уничтожена;

— контроля состояния почвенного покрова, поверхностных (при наличии) и подземных вод, с проведением последующих природоохранных мероприятий при выявленных отклонениях от фоновых значений.

Примерами сценариев последствий ЧС на ОС при землетрясениях, террористическом акте, возникновении пожаров и наводнений являются:

— загрязнение почвенного покрова технологическими растворами и другими химическими/радиоактивными веществами в результате возникновения ЧС и ликвидации их последствий;

— загрязнение поверхностных (при наличии) и подземных вод при возникновении ЧС и ликвидации их последствий;

— загрязнение (проливы реагентов и пр.) и уничтожение (пожары) растительного покрова и мест обитания животных в результате возникновения ЧС и ликвидации их последствий.

Проведена работа по определению кумулятивного эффекта воздействия производственной деятельности. Установлено, что имеющиеся исходные маркерные данные, специфичные для уранодобывающей деятельности, не достаточны для полноценной оценки кумулятивного воздействия уранодобывающей деятельности.

Требуется проведение постоянного ежеквартального мониторинга за каждым объектом ОС, на всех источниках выбросов по всем загрязняющим веществам, эмиссии которых производит предприятие.

Для полноценной оценки воздействия уранодобывающей деятельности на ряд объектов ОС (почва, растения) и вычленения его в из общего воздействия антропогенной деятельности, требуется наличие постоянно актуализируемых мониторинговых данных с учетом маркерных веществ, специфичных для данной деятельности.

В настоящее время в Республике Казахстан оценка кумулятивного эффекта согласно требованиям нормативно-методических документов выполняется только для атмосферного воздуха. Для полноценной оценки кумулятивного эффекта на природные воды и почвенный покров требуется разработка соответствующей методики, учитывающей специфику уранодобывающей деятельности, требования международных и республиканских нормативно-методических документов в области охраны ОС.

Таким образом, в результате реализации комплексных экологических и социальных исследований для 11 уранодобывающих предприятий, проведена оценка воздействия производственной деятельности предприятий на объекты ОС и местное население. Установлено наличие воздействия на производственных территориях, что является составной частью производственного процесса, нормируется в установленном порядке ответственными службами предприятия и потенциально будет устранено при проведении окончательной ликвидации.

За пределами границ горного отвода предприятий, на прилегающей территории в рамках проведенных исследований воздействие производственной деятельности не выявлено. Однако, следует отметить, что комплексные экологические исследования на данной территории проводились впервые, работы проведены в один сезон (лето) и многие сезонные факторы (состояние почвенно-растительного покрова, растения-эфемеры и эфемероиды, мигрирующие животные и перелетные птицы) не были в полной мере учтены при проведении данных работ. Полученные результаты количественных химических анализов в отдельных точках по некоторым параметрам в почве, природной и питьевой воде, также требуют уточнения с учетом сезонных климатических изменений.

Кроме того, согласно международным и республиканским нормативным документам в области охраны ОС, оценка воздействия производственной деятельности на ОС должна выполняться постоянно, на основе актуальных данных, следовательно, требуется обновление полученных данных о состоянии объектов ОС за счет проведения мониторинговых работ.

Полученные данные по уровню радиационного фона, состоянию ОС и площадям нарушенности почвенно-растительного покрова, о качестве жизни местного населения, в том числе работающего на предприятии, будут использованы для разработки критериев ликвидации последствий недропользования и расчета ликвидационного фонда предприятия. В соответствии с Кодексом «О недрах и недропользовании» сумма ликвидационного фонда должна уточняться каждые три года, что требует и обновления данных.

Таким образом, для полноценной оценки воздействия уранодобывающей деятельности на объекты

ОС и получения достоверных доказательств отсутствия воздействия за пределами производственных территорий, установления добрососедских отношений с местным сообществом и механизмов плодотворного взаимодействия с заинтересованными сторонами рекомендуется:

1) доработка и утверждение Программ производственного экологического контроля, с учетом предложений, представленных в настоящем отчете, с постоянным контролем их реализации;

2) обновление Планов реагирования на ЧС с учетом предлагаемых рекомендаций;

3) проведение прогрессивной ликвидации на отработанных участках ГТП, для выбора наиболее оптимальных технологий и снижения общих затрат на ликвидацию предприятия;

4) проведение постоянного комплексного экологического мониторинга в рамках ПЭК дважды в год (весна-осень) для получения актуальных данных и наполнения базы данных для дальнейшей оценки воздействия производственной деятельности;

5) доработка и утверждение Планов природоохранных мероприятий с учетом риск-ориентированного подхода, с постоянным контролем их выполнения;

6) при идентификации рисков учитывать экологические и социальные риски, включить экологические и социальные риски в Реестр рисков, на регулярной основе производить оценку рисков исходя из утвержденного риск-аппетита каждого предприятия;

7) доработка и утверждение Карт экологических и социальных рисков предприятий, с учетом предложений, представленных в отчетах об исследованиях;

8) определение собственников экологических и социальных рисков.

С целью реализации представленных предложений уранодобывающие предприятия должны актуализировать, пересмотреть и утвердить внутренние нормативные документы в социально-экологической сфере и организовать производственную деятельность так, чтобы при проведении аудита подтвердить соответствие всем требованиям, предъявляемым к добычным предприятиям законодательством Республики Казахстан и международными требованиями.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИХРЕТОКОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ОБОЛОЧКАХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ

Маликов В.Н.[1], Катасонов А.О.[1], Фадеев Д.А.[1], Ишков А.В.[2], Сагалаков А.М.[1], Дмитриев С.Ф.[1]
[1]Алтайский государственный аграрный университет, г. Барнаул, Россия
[2]Алтайский государственный университет, г. Барнаул, Россия

Высокие экономические показатели работы, ядерная, радиационная и экологическая безопасность атомных электростанций невозможны без эксплуатационной надежности ядерного топлива. Одним из основных показателей эксплуатационной надежности является целостность топлива – непревышение допустимого эксплуатационного предела разгерметизации тепловыделяющих элементов в активных зонах реакторов на протяжении всей топливной кампании во всех предусмотренных проектом режимах. Оболочка тепловыделяющего элемента вместе с топливной матрицей является начальным барьером, препятствующим выходу в окружающую среду накапливающихся в топливе радиоактивных продуктов деления и элементов топливной композиции [1].

В вышедшем в 2002 году стандарте безопасности МАГАТЭ «Управление активной зоной и обращение с топливом на АЭС» дается прямая рекомендация о недопустимости загрузки в активную зону ТВС с механическими повреждениями и/или негерметичными твэлами. В настоящий момент данного подхода придерживаются на многих АЭС, реализуя так называемую концепцию «нулевого дефекта твэлов» [1].

Наиболее вероятные причины возникновения в оболочках твэлов ВВЭР-1000 дефектов, развитие которых может привести к разгерметизации твэлов, известны и хорошо изучены [2–3]. К ним относятся:

- гидрирование оболочки твэла из-за наличия влаги в топливе (нарушение технологии изготовления твэлов);
- коррозия оболочки твэлов;
- взаимодействие оболочки с ДР ТВС (фреттинг-коррозия);
- взаимодействие оболочки с посторонними предметами [4].

Целью данного исследования являлось выявление возможности использования разработанных ранее вихретоковых измерительных систем для исследования модельных дефектов в металлах, иллюстрирующих повреждения в твэлах ядерных реакторов.

ВТП представлял из себя трансформатор с возбуждающей, измерительной и компенсационной обмотками, намотанными на сердечник пирамидальной формы, изготовленный из пермаллоя 81НМА. Выбор материала сердечника обусловлен его высокой начальной магнитной проницаемостью, которая была увеличена дополнительно с использованием разработанной ранее методикой отжига и охлаждения пермаллоя 81НМА. Для защиты обмоток они пропитывались компаундом и закрывались тонкостенным алюминиевым кожухом.

Общая схема работы ВТП при сканировании объекта с трещиной выглядит следующим образом: возбуждающая вихревые токи катушка размещена над электропроводящим объектом с поверхностной трещиной. По виткам катушки протекает переменный синусоидальный ток, частотой 500–10000 Гц. Возбуждаемые в объекте контроля вихревые токи в бездефектном объекте контроля протекают по круговым траекториям, соосным с возбуждающей катушкой. В случае размещения трещины под ВТП траектории вихревых токов изменяются, обтекая трещину. Вихревые токи наводят электромагнитное поле, наводящее ЭДС индукции на измерительной обмотке ВТП. ЭДС представляет собой сигнал, несущий информацию об объекте контроля. Данный сигнал усиливается в специальном усилителе и очищается от помех системой шумоподавления, после чего поступает на амплитудный детектор и на вход аналого-цифрового преобразователя. Полученные значения выводятся на экран компьютера в цифровой и графической форме.

При измерениях использовался вихретоковый преобразователь с эффективным диаметром обмоток Dэ = 1 мм и преобразователь с эффективным диаметром Dэ= 0.25 мм. Частота возбуждающего тока подбиралась таким образом, чтобы сохранялась чувствительность к глубине трещины до величины 5 мм.

Для моделирования влияния близко расположенных трещин на сигнал вихретокового преобразователя использовались образцы, представляющие собой стальные объекты с центральной трещиной с глубиной h_1, с параллельно размещенной рядом с ней на расстоянии l_1 боковой трещиной с глубиной h_2. Длина трещин выбиралась так, чтобы ее значение не влияло на сигнал ВТП. Ширина обеих трещин составляла 2 мм.

Проводилось исследование взаимного влияния глубины центральной и боковой трещины, расположенных на расстоянии Dэ/2. Установлено, что при сканировании центральной трещины, имеющей глубину до 2 мм, влияние глубины боковой трещины очень велико (рисунок 1). Глубина боковой трещины варьировалась от 1 до 5 мм с шагом в 2 мм. Однако при увеличении глубины центральной трещины свыше 2 мм данное влияние ослабевало (рисунок 4). Так, например, для центральной трещины глубиной 1 мм влияние боковой трещины глубиной 5 мм составляло 25%, а для центральной трещины глубиной 4 мм влияние боковой трещины глубиной 5 мм – только 5%. При этом наличие глубокой боковой трещины вызывало заметное более резкое падение напряжения на измерительной обмотке ВТП по сравнению с падением напряжения в отсутствие боковой трещины.

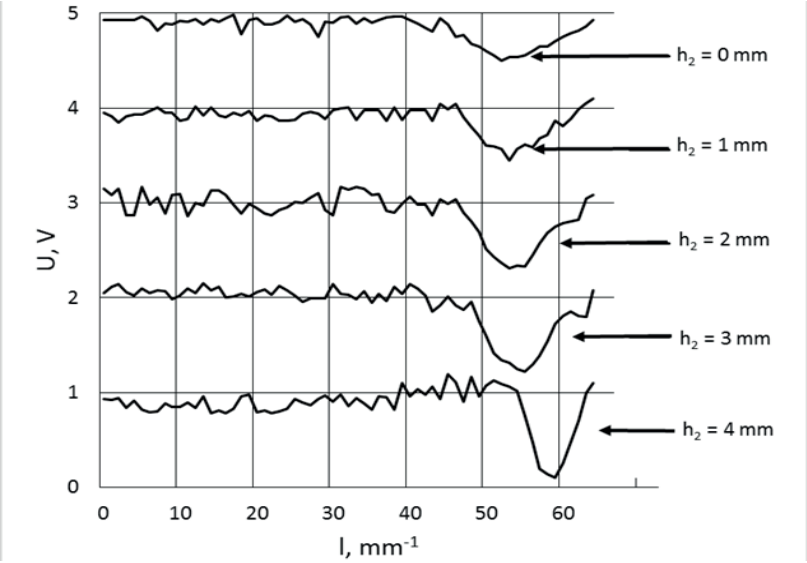


Рисунок 1 – Результаты исследования объекта с боковыми трещинами, залегающими на разных глубинах

Разработанный сверхминиатюрный вихретоковый преобразователь, работающий под управлением программно-аппаратного комплекса, обеспечивающего очистку сигнала от помех, показал высокую эффективность в исследовании близко расположенных поверхностных трещин. Установлено, что при большой локальности датчика с эффективным диаметром обмоток 1 мм и меньше становится возможным разделять сигналы от каждой из близко расположенных трещин и оценивать их вклад в сигнал ВТП раздельно. Решение обратной задачи позволит выяснить глубину трещины даже при ее расположении рядом с другой трещиной при условии, если данные трещины разделены промежутком не менее чем 0,25 от эффективного диаметра обмоток ВТП. Дальнейшая локализация магнитного поля ВТП позволит сократить данный промежуток и обеспечивать разделение сигнала от более близких трещин.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 21-79-00026, https://rscf.ru/project/21-79-00026/

Список использованных источников

1. Войтецкая Е.Ф., Комаровская Л.В., Нарейко Л.М. Герметичность топливных элементов легководных реакторов // Информационный бюллетень. – т. 3. – 2013.
2. Markov D., Smirnov V., Smirnov A., Perepelkin S. Integration of post-irradiation examination results of failed WWER fuel rods / Proc. of the Fifth International Conference WWER Fuel Performance, Modelling and Experimental Support, 29 September – 3 October 2003, Albena, Bulgaria. P. 273–278.
3. Павлов С.В. Методология материаловедческих исследований ТВС и ТВЭЛов ВВЭР для оперативного сопровождения внедрения нового топлива на АЭС // Изв. вузов. Ядерная энергетика. – 2014.
4. Павлов С.В. Неразрушающие методы и средства обнаружения и исследования негерметичных облученных тепловыделяющих элементов ядерных реакторов // Общие вопросы дефектоскопии. – 2019.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ТАНТАЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «УЛЬБИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» С ВЫДЕЛЕНИЕМ ФТОРИСТЫХ СОЛЕЙ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

Фролова Л.М., Обгольц О.Я., Кайназарова А.Э., Кузиева А.В.
АО «Ульбинский металлургический завод», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

Металлургические предприятия являются одними из крупнейших потребителей воды. Одной из главных задач охраны окружающей среды является очистка сточных вод промышленных предприятий перед сбросом их на сооружения биологической очистки либо их очистка до показателей, удовлетворяющих требованиям на повторное использование в технологическом процессе.

Внедрение замкнутого цикла водопотребления в основном технологическом производстве обеспечит значительное снижение количества сточных вод, поступающих на общезаводские участки хвостового хранилища, а в случае выделения полезных компонентов при очистке промышленных стоков позволит снизить затраты на их очистку.

С целью поиска путей снижения количества сбрасываемых промышленных жидких отходов (ЖО) анталового производства АО «Ульбинский металлургический завод» в условиях Научного центра были проведены полупромышленные эксперименты по очистке ЖО участка производства натриетермических порошков тантала (НТП) с выделением фтористых солей натрия и калия, пригодных для их использования в качестве защитного слоя при восстановительной плавке или их продаже.

В настоящее время гидрометаллургическая обработка НТП проводится по следующей технологии (рисунок 1): восстановленный продукт, состоящий из танталового порошка, а также фторида калия (KF) и фторида натрия (NaF) в соотношении 2:5 (моль), поступает на операцию гашения и далее на гидрометаллургическую обработку, включающую одну водную отмывку и две водные отмывки с подкислением. Готовый порошок отделяют от раствора фильтрованием, промывают водой и сушат.

Промышленный раствор сливают (через участки нейтрализации и известкования) в пруды-испарители.

Данная технологическая схема обладает следующими преимуществами:

- простота аппаратурного оформления;
- получение порошков стабильного качества;
- простое ведение технологического процесса.

Основным параметром в данной технологической схеме является использование значительного объема воды и, как следствие, образование большого объема ЖО, что обусловлено, в частности, пониженной растворимостью фтористого натрия (4,28 г в 100 г воды при 20 ° С [1]). Средний химический состав промышленных растворов участка НТП и типичные показатели дополнительных характеристик приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав ЖО

Содержание, мг/л											
K	Na	Si	Mg	Mn	Ni	Fe	Ca	Cu	Pb	Zn	Cr
7000	13000	20	0,5	<0,01	0,1	0,1	1	0,1	0,1	0,1	<0,01

Содержание, г/л					
NH_4	SO_4	F	Cl	Ta	Nb
<1	0,05	12	10	0,006	0,001

Таблица 2 – Дополнительные характеристики ЖО.

Наименование показателя	Содержание
Химическая потребляемость кислорода (бихроматная окисляемость), г/л	1900
Нефтепродукты, мг/л	<0,05
Поверхностно-активные вещества (АПАВ), мг/л	0,12
Общая минерализация (сухой остаток), мг/л	20570
Щелочность общая, ммоль/л	19
Жесткость общая, ммоль/л	0,02
pH	7,5-9,5

Жидкие отходы, образующиеся при производстве порошков НТП, относятся к растворам повышенной солености с общей минерализацией от 10 до 35 г/л. Отмечено повышенное содержание калия и натрия. Для

повторного использования требуется высокая степень извлечения из них примесей. В мировой практике подобные задачи решаются с помощью применения высокоселективных обратноосмотических мембран для морской воды, которые работают при давлении 50–150 атм и концентрации солей, близкой к данным ЖО. Конверсия или выход пермеата (очищенной воды после осмоса) составляет от 20 до 50%, но для наиболее эффективного использования данного способа требуется предварительная подготовка исходного раствора – индивидуально в каждом случае, исходя из его химического состава и общей минерализации.

В лабораторных условиях были проведены эксперименты по разделению образующихся ЖО на два потока с целью выделения фтористых солей (натрия фтористого, калия фтористого) способом дробного осаждения и очистки оставшейся части растворов методом обратного осмоса с последующим возвратом очищенной воды в технологию. Полученную соль фтористого натрия планировалось использовать при внепечной восстановительной плавке. Типичный химический состав растворов гашения приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав растворов

pH	Содержание, мг/л					
	K	**Na**	**Si**	**Mg**	**Mn**	**Ni**
10,8	7920	12635	5,7	0,15	0,035	0,012
	Ca	**Cu**	**Pb**	**Zn**	**Cr**	**NH_4**
	0,8	0,066	<0,01	0,025	<0,001	<100
	Fe	**SO4**	**F**	**Cl**	**Ta**	**Nb**
	0,14	<3	30100	32	4	<1

Фторид натрия был получен путем выпаривания раствора гашения на 70% (таблица 4).

Таблица 4 – Качественный анализ фторида натрия на соответствие техническим условиям

Наименование показателя	Норма	
	ГОСТ 4463, чистый (ч)	Фторид натрия, полученный в лаборатории
Массовая доля NaF, % не менее	≥98	97,7
Массовая доля щелочи (на Na_2CO_3), %	≤0,20	0,095
Массовая доля сульфатов, %	≤0,02	0,01
Массовая доля хлоридов, %	≤0,003	0,0086
Массовая доля железа, %	≤0,004	0,0015
Массовая доля кремния, %	≤0,01	<0,01
Массовая доля калия, %	не регламентируется	1,01
Массовая доля фтора, %	не регламентируется	45,37

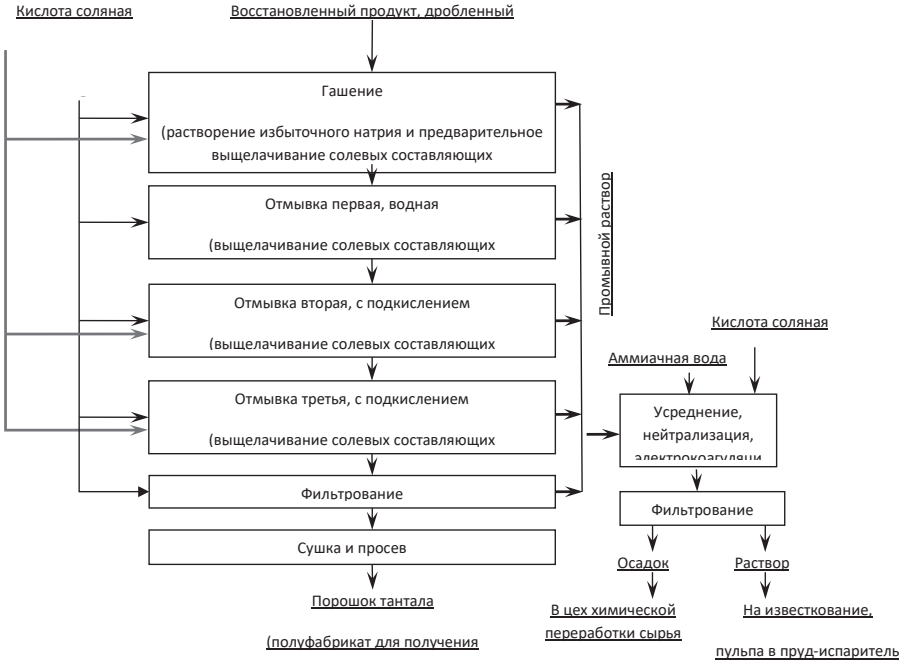


Рисунок 1

Как видно из таблицы 4, фторид натрия не соответствует требованиям ГОСТа 4463 марки (ч) только по содержанию примеси хлора. Также фторид натрия, полученный в лабораторных условиях, отличается повышенным содержанием калия.

Проведена оценка пригодности соли фторида натрия в технологии получения НТП на лабораторной установке внепечной восстановительной плавки. Фторид натрия засыпался в тигель при восстановительной плавке для предотвращения загрязнения тантала газовыми примесями, то есть использовался в качестве защитного слоя.

Восстановление, измельчение и гидрометаллургическая обработка восстановленного продукта проводились по тем же технологическим режимам, что и в условиях цеха.

Содержание регламентируемых примесей в полученном НТП приведено в таблице 5.

Таблица 5 – Содержание регламентируемых примесей в НТП

Партия	Содержание примесей, %					
	Si	Fe	Ca	C	N	O
НТП (лабораторный)	0,0038	0,01	0,0053	0,012	0,65	0,42
Требование нормативной документации	≤0,03	≤0,1	≤0,3	≤0,15	≤0,7	≤0,6

Как видно из таблицы 5, полученный НТП полностью соответствует требованиям нормативной документации.

Жидкие отходы, полученные в результате нейтрализации аммиаком растворов отмывок с подкислением (раствор, содержащий в основном хлорид аммония), были подвергнуты очистке на очистном модуле, состоящем из двух фильтрующих элементов с серпентинитом и 5 мкм фильтра, соединенных последовательно. Далее подготовленный раствор был направлен на морскую обратноосмотическую мембрану (ООМ). На выходе из морской ООМ раствор был разделен на две части: пермеат и концентрат в соотношении 8:1.

Химический состав пермеата приведен в таблице 6. Согласно полученным данным применение схемы очистки промышленных растворов с использование морской обратноосмотической мембраны позволило в значительной степени очистить данный вид жидких отходов от основных примесей, тем самым снизить солесодержание с (20± 5) г/л (исходный раствор) до (3± 2) г/л (пермеат).

Таблица 6 – Химический состав пермеата

pH	Содержание, мг/л											
	K	Na	Si	Mg	Mn	Ni	Fe	Ca	Cu	Pb	Zn	Cr
9,2	157,1	328,6	24,9	0,21	<0,01	<0,01	<0,01	0,18	0,074	<0,01	0,073	0,021

Содержание, г/л					
NH_4	SO_4	F	Cl	Ta	Nb
<1	0,003	0,43	3,1	0,002	0,003

В целях определения пригодности полученного пермеата в технологии производства НТП в лабораторных условиях была проведена гидрометаллургическая обработка образца восстановленного продукта типичной партии НТП, полученной в условиях цеха. Все параметры обработки соответствовали нормативной документации. Как видно из таблицы 7, НТП, полученный с использованием пермеата от очистки ЖО, по содержанию контролируемых примесей полностью удовлетворяет требованиям нормативной документации.

Таблица 7 – Содержание примесей в порошках НТП

	Содержание примесей, %					
	Si	Fe	Ca	C	N	O
Требования нормативной документации	≤0,03	≤0,1	≤0,3	≤0,15	≤0,7	≤0,6
НТП (обработка в цеховых условиях)	<0,014	<0,014	0,054	<0,05	0,25	0,17
НТП (обработка пермеатом в лабораторных условиях)	0,0042	0,0078	0,0012	<0,05	0,39	0,16

Также были проведены поисковые опыты по извлечению фторида натрия методом выпаривания и отмывке соли методом репульпации из растворов гашения, первой отмывки и смешанных растворов до степени выпаривания исходного раствора от 85% до 93%.

Массовая доля примесей в полученных образцах натрия фтористого на соответствие техническим условиям показана в таблице 8.

Как видно из таблицы 8, образцы, полученные из растворов гашения и смешанных растворов, по содержанию основного вещества и анализируемым показателям соответствует требованиям на фторид натрия технический I сорта (ТУ2154-040-69886968-15). Образец, полученный из раствора первой отмывки, соответствует требованиям на фторид натрия технический II сорта по содержанию основного вещества. Проведение дополнительной отмывки фторида натрия методом репульпации повышает содержание основного вещества.

Таблица 8 – Химический состав фторида натрия

Наименование показателя	ТУ2154-040-69886968-15		ГОСТ 4463, чистый (ч)	NaF из р-ра гашения (87%)	NaF из р-ра 1-отмывки (93%)	NaF р-р гаш 1 отмывка (85%)	NaF из р-ра гаш-я (90%)
	II сорт	I сорт					
Массовая доля NaF, %	≥92	≥95	≥98	96,2	94,4	97,13*	98,16*
Масс. доля кислотности (HF),%	не регл	не регл	≤0,20	-	-	-	-
Масс. доля щелочи (на Na_2CO_3), %	не регл	не регл	≤0,20	0,16	0,19	0,19	0,16
Массовая доля сульфатов, %	≤1,0	0,1	≤0,02	0,03	<0,02	0,034	0,053
Массовая доля хлоридов, %	не регл	0,05	≤0,003	0,016	0,010	0,0022	0,002
Массовая доля железа, %	не регл	0,05	≤0,004	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Массовая доля кремния, %	не регл	не регл	≤0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Массовая доля н/в-ва, %	не регл	1,0	≤0,05	0,02	0,02	0,01	0,006
Массовая доля (Pb+Cu+Mn), %	не регл	не регл	≤0,002	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Массовая доля фтора, %	не регл	не регл	не регл	43,5	42,7	46,4	45,8
Выход NaF в осадок, %				≈75,6	≈96	≈70	≈80

*- отмывка репульпацией

Проведены поисковые опыты по оценке возможности извлечения калия хлористого из насыщенного раствора (концентрата) по следующей схеме:

- выпаривание маточного раствора (концентрата) от осаждения фторида натрия с получением суммы солей KCl+KF+NaF;
- измельчение соли;
- перекристаллизация смешанной соли с извлечением солей калия в раствор и отделение фторида натрия в виде нерастворимого остатка;
- выпаривание раствора солей на 40–50% с получением насыщенного раствора по калию хлористому;
- кристаллизация калия хлористого при охлаждении;
- отделение хлорида калия кристаллического.

Результаты определения показателей качества образцов калия хлористого на соответствие техническим условиям представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Качественный анализ хлористого калия (KCl)

Наименование показателя	ГОСТ 4234, (ч)	перекр. Т:Ж=1:2 выпар. 40 % (гаш.+ 1 отм-ка.)	перекр. Т:Ж=1:2 выпар. 50 % (р-ры гашении)
Массовая доля, KCl, % не менее	99,8	93,9	92,7
Массовая доля н/остатка, % не более	0,020	н/а	0,020
Массовая доля ППП, % не более	0,8	н/а	0,18
Массовая доля щелочи,%, не более	н/н	н/а	0,02
Масс. доля сульфатов (SO_4),% не более	0,010	н/а	0,06
Массовая доля Fe, % не более	0,0005	0,00064	<0,01
Массовая доля Mg, % не более	0,0050	0,00120	<0,01
Массовая доля Pb, % не более	0,0005	0,00022	<0,01
Массовая доля Na, % не более	не регл.	3,85	4,21
Массовая доля Ca, % не более	0,010	<0,01	<0,01
Массовая доля F, % не более	не регл.	5,1	4,9
Выход в осадок, %		≈ 24	≈ 50

Как видно из таблицы 9, полученные образцы калия хлористого не соответствуют требованиям ГОСТа 4234 по содержанию основного вещества и отдельным показателям качества. В образцах отмечено повышенное содержание натрия и фтора. Выход соли зависит от условий осаждения и вида перерабатываемых растворов.

Были проведены поисковые опыты с оценкой возможности использования первичного калия хлористого в технологии производства фтортанталата калия (ФТК), пригодного для получения тантала методом натрийтермического восстановления.

Осаждение ФТК проводили двумя способами: «горячим» и «холодным» в результате смешения танталового реэкстракта и водного раствора хлористого калия (таблица 10). Содержание контролируемых примесей в ФТК приведены в таблице 11.

Как видно из таблиц 10 и 11, полученные образцы ФТК по содержанию контролируемых примесей соответствуют требованиям на ФТК, пригодного для натрийтермического восстановления. Для повышения выхода при осаждении ФТК из холодных растворов необходимо увеличение расхода калия хлористого.

Таблица 10 – Параметры осаждения ФТК

№ оп.	Содержание основного вещества в KCl, %	Способ осаждения	Концентрация KCl, г/л	Расход KCl,%	Содержание Та в ФТК,%	Содержание Та в мат-ке, г/л	Выход Та в ФТК,% ср. знач.
1	92,7	«горячий»	220	30	46,1	1,66	98,65
2	93,9	«холодный»	130	15	46,1	5,8	89,36

Таблица 11 – Содержание контролируемых примесей в ФТК

№ оп.	Способ осаждения	Содержание примесей, %								
		Si	Ca	Fe	N	O	C	W, ppm	Nb, ppm	Mo, ppm
1	«Горячий»	0,0019	<0,001	0,00095	<0,01	<0,01	0,001	0,41	1,68	<0,2
2	«Холодный»	<0,001	0,0016	0,00084	0,078	0,040	0,003	0,22	1,35	<0,2
Требования на ФТК, сорт А		0,005	0,015	-	0,1	0,1	-	0,30	2,0	0,3

По результатам проведенных исследований была предложена схема очистки ЖО с извлечением фторида натрия, фторида и хлорида калия, показанная на рисунке 2. Согласно схеме, образующиеся при обработке восстановленного продукта растворы делят на два потока. Первый поток (раствор гашения первой водной отмывки) после реагентной очистки выпаривают с получением кристаллического натрия фтористого и концентрированного раствора калия фтористого.

Второй поток (растворы водных отмывок с подкислением) также подвергают реагентной очистке с целью выделения и утилизации тантала и направляют на обратноосмотическую установку. Концентрат выпаривают с получением концентрированного раствора хлорида аммония.

Пермеат и конденсат (дистиллят) возвращают в технологию. Предложенная технологическая схема использования промышленных растворов в замкнутом цикле с выделением солевых компонентов и использование их при производстве полуфабрикатов и продукции танталового производства позволит снизить объемы сбрасываемых ЖО на 90%.

Практическое применение исследований позволит решить экологические задачи и улучшить экономические показатели производства тантала в АО «УМЗ».

Список использованных источников

1. Лидин Р.А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учебное пособие для вузов. – М.: Химия, 2000.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ЯТЦ, С УЧЕТОМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ

Болтанов А.В., Кириллов Е.В., Кузьмин К.А., Кылышканов М.К., Хлебникова И.А.
АО «УМЗ», г. Усть-Каменогорск, Казахстан

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнения, что ядерная энергетика обладает очевидными преимуществами по сравнению с существующими системами сжигания ископаемого топлива (с точки зрения потребления топлива, выбросов загрязнителей и производства отходов), при этом определяющим фактором развития ядерной энергетики являются экологические последствия, возникающие при эксплуатации объектов ядерно-топливного цикла (ЯТЦ). Рассматривая воздействия предприятий ЯТЦ на окружающую среду, необходимо отметить их многообразие, а именно: отчуждение площадей под строительство необходимой инфраструктуры, изъятие большого количества пресной воды для технических нужд, сбросы нерадиоактивных токсических веществ и длительное хранение радиоактивных жидких и твердых отходов. В связи с этим особое внимание предприятий ЯТЦ направлено на совершенствование методов обращения и переработки радиоактивных отходов. Данная стратегия способствует достижению целей глобального устойчивого развития и одновременно повышает конкурентоспособность ядерной энергетики по сравнению с другими источниками энергии.

Исследование основных аспектов проблемы защиты окружающей среды от воздействия предприятий ЯТЦ показало, что наибольшую трудность представляет вывод из эксплуатации радиоактивных материалов плане их переработки до требуемых нормативных уровней. Также актуальность данной проблемы обусловлена следующими обстоятельствами:

- существенным количеством накопленных и образующихся РАО, что вызывает обеспокоенность населения и государственных органов в связи с потенциальной радиационной опасностью хранилищ РАО;
- необходимостью совершенствования существующей практики обращения с РАО в связи с запросами государственных органов, контролирующих данную сферу, и ужесточением современных экологических требований;
- возрастающим влиянием общества на вопросы, связанные с экологическими аспектами деятельности предприятий атомного профиля.

Ежегодно накапливаемые отходы предприятий ЯТЦ составляют несколько десятков тонн. Содержание ценных компонентов в отходах нередко превышает их содержание в добываемых рудах. При этом очевидно, что вовлечение техногенного сырья в переработку может обеспечить решение многих актуальных задач, включая:

− более полное использование невозобновляемых природных ресурсов и сохранение истощающегося минерального сырья в недрах;
− повышение производительности труда за счет рентабельной переработки сырья;
− сокращение или ликвидацию источников загрязнения окружающей среды;
− создание малоотходного, малооперационного и энергосберегающего технологического процесса.

При решении вопроса о дезактивации взвешиваются выгоды от ее проведения в сравнении со стоимостью самой дезактивации, а также утилизации образующихся вторичных отходов и их захоронения. Уровень остаточного загрязнения объектов после проведения дезактивации должен гарантировать безопасность людей и окружающей среды.

Согласно требованиям пункта 13 СП СЭТОРБ [1] реализация партии металлолома возможна при соблюдении следующих условий:

1) мощность эквивалентной дозы (МЭД γ-излучения) от поверхности лома не превышает 0,2 мкЗв/ч над естественным радиационным фоном местности;
2) плотность потока альфа-излучения не более 0,04 Бк/см^2;
3) плотность потока бета-излучения не более 0,4 Бк/см^2.

При проведении данных испытаний руководствовались нормативной базой Российской Федерации, в которой документом Роспотребнадзора от 04.04.2014 г «Об организации работы по реализации Постановления главного государственного санитарного врача РФ» от 16.09.2013 г. № 43, даны пояснения, что значение поверхностного загрязнения бета-частицами 0,4 Бк/см^2 соответствует 12 част/(см^2•мин), а альфа-частицами 0,04 Бк/см^2 – 1,2 част/(см^2·мин).

В настоящее время методология дезактивации насчитывает большое число способов удаления

радионуклидов с поверхностей. Наравне с применением простых методов дезактивации, позволяющих в некоторых случаях получить требуемый результат, например, таких как протирание поверхности материалов ветошью или чистка щетками, используются сложные технологии, требующие привлечения дополнительного оборудования. На практике в большинстве случаев применяют способы дезактивации, сочетающие в себе физико-химические и механические процессы [2]. К разряду альтернативных методов дезактивации загрязненных поверхностей относятся их электрополировка и ультразвуковая чистка, а также плавление.

Метод ультразвуковой (УЗ) очистки основан на преобразовании энергии высокочастотных звуковых колебаний в механическую энергию (вибрацию). Физическая природа УЗ и управляющие его распространением основные законы для звуковых волн любого диапазона частот аналогичны, он обладает рядом специфических особенностей, определяющих его значимость в науке и технике. Особенности обусловлены его относительно высокими частотами и, соответственно, малой длиной волны. Важнейшим нелинейным эффектом в ультразвуковом поле является кавитация – возникновение в жидкости пульсирующих пузырьков, заполненных паром, газом или их смесью [3]. В зависимости от характера загрязнений превалирующее значение могут иметь различные проявления кавитации, такие как микроударные воздействия, микропотоки, нагревание. Подбирая параметры звукового поля, физико-химические свойства моющей жидкости, ее газосодержание, внешние факторы (давление, температуру), можно в широких пределах управлять процессом очистки, оптимизируя его применительно к типу загрязнений и виду очищаемых деталей. В процессах очистки существенное значение имеет звукокапиллярный эффект, обеспечивающий проникновение моющего раствора в мельчайшие трещины и поры. Механические эффекты ультразвуковой энергии могут быть полезны как для ускорения растворения, так и для отделения частиц от очищаемой поверхности.

В ходе выполнения данных исследований изучалась эффективность проведения дезактивации различных материалов, используемых в технологии переработки урансодержащих соединений в АО «УМЗ», методом ультразвуковой чистки с определением оптимальных моющих сред и возможности рециклинга материалов после обработки.

Объектами дезактивации при проведении исследований являлись:

• фильтровальные ткани различных марок, используемые на операциях переработки природного урана и скрапов;

• лом и детали различных марок стали.

В настоящее время в технологии переработки урансодержащих соединений на различных операциях применяются определенные типы фильтровальных тканей, отличающихся по принципу действия и составу (хлопчатобумажные и синтетические).

Закономерно, что в процессе эксплуатации фильтровальных полотен гидравлическое сопротивление материала непрерывно возрастает, при этом скорость фильтрования уменьшается. С целью поддержания пропускной способности фильтровальной ткани в заданных пределах фильтровальный элемент необходимо периодически менять или регенерировать, то есть удалять частицы или слой осадка с целью полного или частичного восстановления первоначальных свойств фильтровальной ткани.

В процессе проведенных в АО «УМЗ» исследований рассматривались два концептуальных подхода, а именно:

• «глубокая» дезактивация фильтровальных тканей с целью снижения остаточного уровня радионуклидов в материале с последующим захоронением тканей;

• регенерация фильтротканей с целью повторного использования в технологическом процессе.

Объектами исследований являлись два вида фильтротканей: полипропиленовая, арт. 1002к, и хлопколавсановая, арт. 2411, используемые на операциях фильтрации растворов технологии переработки ХКПУ и скрапов. При отработке режимов дезактивации использовали образцы выведенных из эксплуатации фильтротканей с нескольких участков. В ходе экспериментов определяли оптимальные условия дезактивации фильтровальных тканей с изучением влияния состава промывных растворов и продолжительности УЗ обработки.

По результатам реализованных экспериментов определены оптимальные режимы дезактивации различных фильтротканей. Установлено, что при заданной продолжительности ультразвуковой обработки, в средах определенного состава возможно снижение содержания урана в фильтротканях в 7÷70 раз, в зависимости от степени исходного загрязнения и достижение значений содержания урана в материале менее 0,3%. Внешний вид структуры волокон фильтровальных тканей до и после процесса отмывки представлен на снимках рисунка 1.

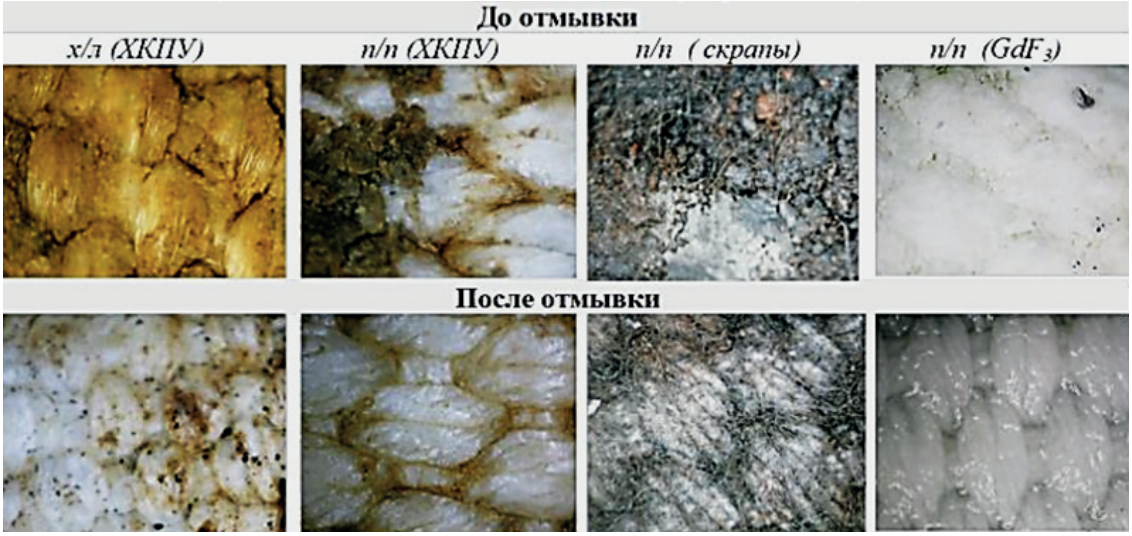


Рисунок 1 – Фрагменты фильтровальных тканей с разных технологических операций до и после дезактивации

При выполнении исследований по изучению возможности повторного использования регенерированных фильтровальных тканей использовали образцы материалов, обработанных различными способами по оптимальным режимам. Критериями качества регенерации являлись: водопроницаемость и содержание твердых взвесей в фильтратах.

Водопроницаемость оценивали по скорости фильтрации с использованием урансодержащих суспензий через указанные выше виды фильтротканей. Качество фильтрации (полноту отделения дисперсной фазы) с использованием регенерированных фильтротканей оценивали по результатам измерения оптической плотности фильтратов на фотоколориметре КФК-2мп.

Реализованные исследования позволили утверждать, что в большей степени эффективность регенерации зависит от физико-химического состава осадков, образующих слой твердых частиц на поверхности фильтровальной ткани и/или задержанных в порах материала при фильтрации суспензий с разных технологических участков.

В ходе проведения экспериментов установлено, что все рассмотренные типы фильтровальных тканей в условиях наиболее результативного режима обработки могут быть регенерированы с возможностью последующей их эксплуатации в промышленных условиях.

В зависимости от типа фильтроткани и участка, на котором она использовалась, концентрация растворенного урана в промывных растворах, представляющих собой суспензию, может варьироваться от 0,2 до 1,8 г/л. Переработку растворов, образующихся в процессе регенерации фильтротканей, следует проводить отстаиванием осадка и последующей декантацией раствора. Осадок после отстаивания целесообразно направлять на соответствующий участок переработки.

Рассматривая металлические радиоактивные отходы необходимо отметить, что пригодность металла к многократному повторному использованию в производстве новых изделий делает его важным сырьевым материалом для промышленности. Так, например, сбор лома «черных» металлов (сталь и чугун) и их переработка в качественное сырье для металлургической отрасли позволяют экономить ценные природные ресурсы – железную руду и уголь, а также снижают количество вредных выбросов в атмосферу. Нержавеющая сталь в настоящее время является самым востребованным материалом для изготовления превалирующей части оборудования различных технологических процессов, в том числе и при переработке соединений урана в АО «УМЗ». При этом кругооборот металла в урановой отрасли имеет свою специфику, а именно необходимость предварительной дезактивации металла.

В процессе исследований изучены проблемы дезактивации различных сплавов. Известно, что реализация любого способа дезактивации осуществляется в две стадии. Первая стадия процесса дезактивации заключается в преодолении связи между радиоактивным веществом и поверхностью обрабатываемого объекта. Вторая стадия включает транспортировку радиоактивного вещества с обрабатываемой поверхности загрязненного объекта. В случае когда вторая стадия осуществляется неэффективно, вероятно оседание радиоактивных веществ из отработанной среды обратно на поверхность и, как следствие, повторное загрязнение поверхности в процессе дезактивации. В случае глубинного

загрязнения дезактивация заключается не только в преодолении связи между носителями радиоактивных загрязнений и поверхностью, но и в миграции этих загрязнений из глубины материала на поверхность и в последующем удалении их с поверхности. Разграничение всего процесса дезактивации на две стадии дает возможность обосновать параметры, характеризующие конкретный способ дезактивации. К таким параметрам относятся: состав дезактивирующих растворов, норма их расхода на единицу поверхности, условия применения дезактивирующих сред (скорость обработки, давление и другие). Отсутствие эффективных технологий по переработке и утилизации металлических радиоактивных отходов, накопившихся в результате гидрометаллургической переработки урансодержащего сырья, является причиной непрерывного наращивания их объемов.

В настоящее время в АО «УМЗ» металлические радиоактивные материалы делят на две группы: лом чернового металла (сталь марки Ст 3) и нержавеющий стальной лом (сталь марки 12Х18Н10Т). Лом черного металла направляется на переработку посредством его плавления. Однако рассматривать плавление в качестве метода дезактивации можно лишь в некотором приближении как сопутствующий плавлению металлов эффект отделения радионуклидов от расплава и их концентрирования в шлаке. Применение данного метода очистки лома от радионуклидов не гарантирует получения продукции с отсутствием локальных радиоактивных загрязнений.

Нами была изучена возможность дезактивация лома черного металла в УЗ поле с использованием различных растворов, образующихся в процессе переработки соединений урана и в ряде случаев являющихся отходами. В частности, была рассмотрена эффективность дезактивации при использовании растворов, содержащих моющие средства, щелочных растворов, азотной кислоты и растворов различных органических соединений, применяемых в процессе экстракционного аффинажа урана. В процессе исследований установлено, что при соответствующей обработке образцов стали марки Ст3 в растворе азотной кислоты коэффициент дезактивации минимален, при этом убыль массы образца составляла более 9%. Недостаточная эффективность дезактивации в данном случае обусловлена вторичным загрязнением поверхности образца. Применение водного раствора, содержащего ПАВ, позволяет достаточно эффективно удалять с поверхности образцов альфа-частицы, однако в этом случае имеются определенные трудности с переработкой вторичных ЖРО. Из органических растворов наиболее перспективным представляется использование дизельного топлива. Недостатком данного реагента является низкая температура вспышки, определяемая в закрытом тигле (61 ÷71 ^{o}C).

Таким образом, наиболее предпочтительным представлялось использование для дезактивации стали марки Ст3 щелочных растворов, применение которых позволило эффективно дезактивировать поверхность металла с минимальной потерей массы образца.

На основании результатов опытно-промышленных испытаний по дезактивации лома стали марки Ст3, имеющего исходное поверхностное загрязнение альфа-частицами в диапазоне от 2,4 до 538 α-частиц/(см^2·мин), установлено что ведение процесса с использованием в качестве дезактивирующих агентов щелочных растворов, в том числе и являющихся ЖРО, с последующим ополаскиванием водой в УЗ поле, позволяет достичь требуемого остаточного уровня загрязнения поверхности металла альфа-частицами (менее 1,2 α-частиц/(см^2•мин)). Фрагменты поверхности образца из черного металла до и после отмывки в УЗ поле приведены на рисунке 2.

До отмывки *После отмывки*

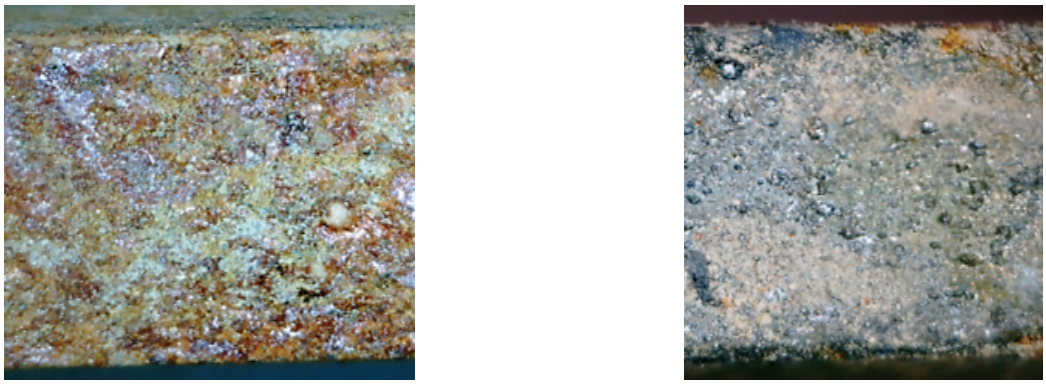


Рисунок 2 – Макроанализ фрагментов поверхности образцов нержавеющей стали до и после отмывки

Проводились исследования по изучению процесса дезактивации металлических труб и материалов из стали марки 12Х18Н10Т. В связи с тем, что данный материал устойчив к растворам азотной кислоты с концентрацией до 200 г/л, опробованы режимы обработки с использованием сбросных растворов, в составе которых присутствует азотная кислота. Измеренные значения исходного поверхностного загрязнения дезактивируемого материала из стали марки 12Х18Н10Т находились в пределах от 45 до 316 α-частиц/($см^2$•мин).

После дезактивации уровень остаточного загрязнения поверхности металла не превышал требуемое значение – 1,2 α-частиц/($см^2$•мин), при этом концентрация урана в растворах после проведения дезактивации составляла 0,017 г/л. Значение убыли массы металла после дезактивации не превышало 0,11%.

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод о потенциальной возможности дезактивации твердых радиоактивных отходов УП в виде фильтровальных тканей с ведением процесса в УЗ поле и выполнением условий экспериментально установленных оптимальных режимов. Также возможно повторное использование в технологическом процессе регенерированных фильтровальных тканей с незначительным ухудшением эксплуатационных характеристик, что в итоге позволит существенно увеличить срок их эксплуатации и сократить расходы материалов при переработке урансодержащих соединений.

Возможна оптимизация процессов дезактивации металлического лома из стали марок Ст3 и 12Х18Н10Т посредством применения в качестве дезактивирующих агентов сбросных растворов предприятия. Определена возможность использования в качестве дезактивирующих растворов азотнокислых и щелочных растворов для удаления радиоактивного загрязнения с поверхности стального лома до требований СП СЭТОРБ, регламентирующих уровень альфа- и бета-излучения, а также МЭД гамма излучения в металлическом ломе, предназначенном для реализации. Использование опробованных дезактивирующих растворов для дезактивации металлического лома позволит избежать увеличения объемов ЖРО.

Дезактивация металлического лома до уровня, допускающего его реализацию, решает важную задачу возвращения металлов, имеющих высокую потребительскую стоимость, в производственный цикл и исключает необходимость обеспечения требуемых условий хранения радиоактивно загрязненных материалов на производственных участках предприятий ЯТЦ.

ОСОБЕННОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ПРИ СОЗДАНИИ БАРЬЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ

Гусева Н.В., Павлюк А.О., Чихирева В.В.
Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В настоящее время одним из перспективных решений для долгосрочного решения проблемы радиоактивных отходов является их захоронение в спроектированных многобарьерных инженерных системах, расположенных под землей на глубине нескольких сотен метров. Данная система будет состоять из ряда искусственных и естественных барьеров, предотвращающих выход радионуклидов в окружающую среду. Такие барьеры включают в себя контейнер для захоронения отходов, буферный материал для защиты контейнера, а также естественный барьер, образованный монолитными горными породами, в которых построен объект. Каждый из барьеров выполняет определенные функции безопасности и способствует общей изоляции отходов [1].

Выбор вмещающей породы в значительной степени зависит от имеющихся на территории геологических формаций, однако важнейшими критериями, определяющими возможность применения конкретной горной породы в качестве вмещающей, являются ее монолитность и низкая проницаемость, которые будут обеспечивать изоляцию отходов от биосферы [2].

Буферный материал размещается между контейнером для захоронения отходов и монолитной вмещающей горной породой и обеспечивает барьер с низкой проницаемостью. Поскольку инженерно-барьерные системы призваны обеспечить безопасность хранилищ отходов на сотни и тысячи лет, необходим тщательный выбор и анализ компонентов буферного материала при проектировании хранилищ, т.к. именно он играет ключевую роль в обеспечении изоляции и предотвращении утечки радионуклидов из контейнера для захоронения [3].

В настоящее время активно изучается возможность применения бентонитовых глин в качестве основы буферных материалов инженерных барьеров безопасности. В данной статье рассмотрены некоторые аспекты взаимодействия глинистых барьеров с радиоактивными отходами в конструкциях для захоронения.

Бентонит представляет собой глину, состоящую в основном из глинистых минералов группы смектита, т.е. монтмориллонита. Смектит возникает в результате самопроизвольного зарождения и роста кристаллов в соленой воде с элементами вулканического пепла, а также в результате выветривания минералов в гидротермально затронутых породах. Смектит имеет трехслойную структуру и межслоевые промежутки. Слои образованы тетраэдрическими и октаэдрическими сетками в соотношении 2:1, а в межслоевых промежутках находятся обменные катионы и молекулы воды. В результате поглощения воды породой происходит расширение решетки, или внутрикристаллическое набухание [3, 4].

Бентонитовые глины обладают уникальными свойствами, определяющими их возможность к применению в барьерных целях. Среди этих свойств – высокая сорбционная способность по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам, герметизирующая способность, низкая гидравлическая проводимость, способность к набуханию и удерживающей способности. Кроме того, микробная активность в составе глин способна преобразовывать радионуклиды в нерастворимые формы, а также уменьшать накопления газа в среде, например, за счет потребления водорода. Исходя из совокупности данных свойств, глинистый барьер с низкой проницаемостью будет способствовать накоплению и препятствовать переносу радионуклидов, обеспечивая транспортный режим, ограниченный диффузией, а также создавая места сорбции для ионизирующего излучения [2, 3].

Использование бентонитов в качестве компонентов барьерных систем безопасности предполагает детальный учет их возможных трансформаций состава, структуры и свойств в процессе эксплуатации. Набухание бентонитов значительно варьируется в зависимости от плотности бентонита, содержания в нем монтмориллонита и присутствующих межслоевых катионов. Последние два фактора во многом зависят от места добычи бентонита. Как правило, бентониты с преобладанием натрия в составе демонстрируют более высокое давление набухания, чем виды с преобладанием кальция. На пригодность бентонита также могут влиять вмещающая порода, грунтовые воды и выбранная концепция утилизации. Например, степень набухания натриевого бентонита уменьшается по мере увеличения солености грунтовых вод [2].

Также важно учитывать, что глинистые минералы, включая бентонит, эффективны в замедлении миграции многих радионуклидов, однако неэффективны в отношении анионных радионуклидов. Эрозия

бентонита представляет собой еще одну потенциальную проблему, поскольку изменение свойств материала ставит под угрозу эффективность барьера. Кроме того, коллоиды глины, образовавшиеся в результате эрозии, могут играть роль в переносе радионуклидов [6].

Таким образом, проектирование хранилищ для захоронения отходов требует учета широкого перечня факторов, которые будут определять возможные трансформации изоляционных свойств буферного материала. При этом помимо вышеуказанных факторов в ТПУ начаты исследовательские работы по оценке радиационного воздействия на уникальные свойства барьерных материалов

Список использованных источников

1. Gutiérrez-Rodrigo V., Martín P.L., Villar M.V. Effect of interfaces on gas breaktrough pressure in compacted bentonite used as engineered barrier for radioactive waste disposal // Process Safety and Environmental Protection. United Kingdom: Institution of Chemical Engineers, 2021, vol. 149, pp. 244–257.

2. Haynes H.M., Bailey M.T., Lloyd J.R. Bentonite barrier materials and the control of microbial processes: Safety case implications for the geological disposal of radioactive waste // Chemical Geology. Netherlands: *Elsevier* BV, 2021,vol. 581,120353.

3. Yoon S., Kim M.S., Kim G.Y., Lee S.R. Contemplation of relative hydraulic conductivity for compacted bentonite in a high-level radioactive waste repository // Annals of Nuclear Energy. United Kingdom: Elsevier Science Publishing Company, Inc., 2021,vol. 161, 108439.

4. Alzamel M., Fall M., Haruna S. Swelling ability and behaviour of bentonite-based materials for deep repository engineered barrier systems: Influence of physical, chemical and thermal factors // Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. China: Chinese Academy of Sciences, 2022,vol.14, Issue 3, pp. 689–702.

5. Haynes H.M., Pearce C.I., Boothman C., Lloyd J.R. Response of bentonite microbial communities to stresses relevant to geodisposal of radioactive waste // Chemical Geology. Netherlands: *Elsevier* BV, 2018, vol. 501, pp. 58–67.

6. Missana T., Alonso U., Fernández A.M., García-Gutiérrez M. Colloidal properties of different smectite clays: Significance for the bentonite barrier erosion and radionuclide transport in radioactive waste repositories // Applied Geochemistry. United Kingdom: Elsevier Science Publishing Company, Inc., 2018, vol. 97, pp. 157–166.

МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ

Язиков Е.Г.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

В мире существуют открытый и закрытый ядерно-топливные циклы (ЯТЦ), причем США, Германия, Финляндия и другие страны отказались от так называемого замкнутого ЯТЦ, т.е. облученное ядерное топливо (ОЯТ) дальнейшей переработки не подвергается и идет на окончательное долговременное хранение или захоронение. В России и ряде других государств (Япония, Великобритания, Китай и другие) придерживаются концепции замкнутого ЯТЦ, которая предусматривает полную переработку ОЯТ с выделением плутония, урана-235 и возврат их в энергетический цикл.

Для хранения и захоронения радиоактивных отходов в мире существуют различные способы:

– сброс жидких РАО на рельеф, в открытые озерные и речные системы, воды Мирового океана;

– удаление отходов на дно Мирового океана;

– удаление в стационарные наземные и приповерхностные хранилища;

– удаление в специально пройденные максимально сухие полости в скальных породах на разной глубине;

– закачка жидких РАО в горные породы с большой открытой пористостью (пески, гравелиты, кавернозные известняки и т.д.);

– хранение в водных прореакторных бассейнах, либо в автономных водных хранилищах (подземное водное хранилище Clab, Швеция).

В настоящее время существует несколько вариантов изоляции жидких радиоактивных отходов (ЖРО):

– хранение в искусственных и выделенных природных водоемах;

– хранение в герметичных емкостях;

– перевод ЖРО в твердое агрегатное состояние;

– захоронение ЖРО в геологические формации.

На первых этапах жидкие радиоактивные отходы группы САО (среднеактивные) хранились в естественных или искусственных озерах, прудах-отстойниках, в специальных инженерных сооружениях – емкостях из бетона и (или) стали (баки, танки), а отходы группы НАО (низкоактивные), как правило, разбавлялись и рассеивались путем сбрасывания по системам трубопроводов, каналов в воды Мирового океана, открытые водные системы, где происходило их естественное разбавление до приемлемо безопасного уровня.

Сбросы радиоактивных отходов в океаны осуществляли многие государства (таблица 1). Общий объем радиоактивных отходов, сброшенных в океаны, составляет более 200 000 Ки. При этом основными критериями при выборе площадок для сбросов являлись: глубина (> 4 км), отдаленность от основных морских путей, отсутствие районов промышленного лова рыбы, большое расстояние от континентов и островов.

По мере накопления информации по поведению техногенных радионуклидов становилось понятным, что такой способ избавления от отходов неприемлем, т.к. создается угроза существованию биологических видов и самому человеку. В этом плане наглядным примером может служить сброс низкорадиоактивных жидких отходов в Ирландское море с заводов Уиндскейла (в другой транскрипции Виндскейла) на северо-западном побережье Великобритании. Оказалось, что часть отходов с приливами и течениями возвращалась обратно к берегу и накапливалась в съедобной морской водоросли Porphira Umbilicalis, используемой для приготовления местного деликатеса «Лавербреу». В результате этого около 26 000 человек в Южном Уэльсе, находящемся в сотнях километров южнее, подверглись радиоактивной опасности (Холл, 1992).

Таблица – Сбросы радиоактивных отходов в океаны странами в различные годы (Горлова Е.К. и др., 1994)

Страна	Годы	Океан	Число контейнеров	Уровень радиоактивности, Ки
США	1946-1969	Тихий	55 389	14 766
	1949-1967	Атлантический	34 083	79 507
Великобритания	1949-1966	Атлантический	117 544	143 200
	1968-1970			
Япония	1955-1969	Тихий	1 661	452
Нидерланды	1965-1972	Атлантический	2 365	62
Итого			211 042	263 967

Существует практика использования сухих приповерхностных инженерных сооружений для изоляции радиоактивных отходов. В данном случае при хранении и захоронении радиоактивных отходов используется принцип многобарьерной защиты, включающий в себя искусственные (инженерные) и естественные барьеры физической и химической защиты. В качестве инженерной, физической и химической защиты выступают: оболочка ТВЭЛов или остеклованной массы, оболочка контейнера, накопитель между стеклоблоком (например, полиэтилен, который поглощает нейтроны и тем самым снижает тепловой разогрев и уровень радиационного воздействия на материал контейнера); оболочка инженерного сооружения (каньон, бункер, траншея, шахта, скважина и т.д.). В качестве естественной физической и химической защиты используются горные породы различных типов, почва, толща воды. Эта мультибарьерная стратегия захоронения РАО должна способствовать их надежной изоляции. Вспомним пример с месторождениями Окло-Богомбо (Габон), когда природе удалось надежно изолировать отходы природного ядерного реактора, используя мощные глинистые толщи.

В каждом конкретном случае в зависимости от типа отходов, их объемов и т.д. используются или планируются для использования те или иные способы захоронения. Для временного сухого хранения ОЯТ имеются четыре конструктивных разновидности сухого хранения (в воздухе, углекислом газе, азоте, гелии и т.д.): шурфо-скважины, закрываемые массивной бетонной крышкой; бетонные каньоны; силос (бетонный цилиндр, устанавливаемый на поверхности земли и закрываемый крышкой); металлические контейнеры.

Во Франции было реализовано в 1997 году сухое хранилище, в котором «многослойное» водонепроницаемое покрытие защищает хранящиеся отходы. Его основная функция заключается в предотвращении проникновения дождевой воды. Это покрытие состоит из нескольких слоев: 1) слой материалов, состоящий из сланцев и песчаника, который обуславливает наклон к поверхности; 2) слой из песка защищает битумную поверхность, что имеет особое значение, и собирает воду с помощью двух стоков (называемых «предупреждающие стоки») под покрытием для задержки отфильтрованной случайным образом воды; 3) битуминозный слой герметизирует покрытие; 4) слой из песка отделяет слой сланца и песчаника, уплотняют, чтобы предотвратить случаи с роющими животными во избежание повреждения покрытия после пересечения поверхности верхнего слоя почвы; 5) дерн предназначен для предотвращения эрозии почвы.

Выбор площадки под строительство хранилища высокорадиоактивных отходов (ВАО) определяется многими факторами. В США, согласно требованиям закона и федеральных правил, выясняются 117 факторов по оценке площадки, на которой будет вестись строительство: сейсмическая активность и тектоническая стабильность; химический состав вод, интенсивность водообмена, скорость движения водного потока, расстояние до зоны разгрузки подземных вод и ряд других гидрогеохимических показателей; наличие типов пород, пригодных для строительства постоянного сооружения, с учетом их экранирующих свойств; близость водных и минеральных ресурсов, которые могут вовлекаться в эксплуатацию и могут стать причиной непреднамеренного проникновения человека в могильник в будущем; близость к системе национальных парков, населенным пунктам и т.д.

Известна практика хранения радиоактивных отходов в подземных горных выработках на глубинах 400–800 метров в различных странах: подземная лаборатория в Бюре (Франция) в глинистых сланцах; в Германии реализуется проект «Конрад» с использованием подземных пространств отработанного месторождения железа в алевро-песчаниках; в Финляндии завершаются работы на объекте «Онкало» в гранитах.

Все эти хранилища расположены в максимально водонепроницаемых породах. Технические инженерные сооружения заслуживают всяческого уважения, но цена вопроса высока. Например, проект «Конрад» стоит 3,4–3,5 млрд долларов.

Детальный мониторинг геологической среды в экспериментах по созданию хранилища РАО в соляных куполах (например, купол Горлебен в Германии). Соляные толщи считались одной из самых благоприятных для захоронения геологических толщ, однако исследования показывают, что по истечении 25–30 лет их опытной эксплуатации возникают серьезные проблемы по безопасности их функционирования, что ставит под сомнение возможность создания в них хранилищ по долговременному хранению ОЯТ и облученного топлива, несмотря на то, что соляные толщи обладают многими преимуществами по сравнению с другими типами пород.

Существует вариант удаления РАО в глубокие геологические формации, который реализуется в России. При этом для обоснования безопасности используется метод аналогий с существованием урановых месторождений в недрах планеты, в т.ч. и таких, на которых протекали ядерные процессы (природный ядерный реактор на месторождении Окло, Габон).

Само определение «глубинная геологическая формация» в литературе отсутствует. По-видимому, под этим понимают такие глубины захоронения в геологические недра и такие горно-геологические условия

захоронения, которые обеспечивают хранение высокоактивных отходов на многие тысячелетия без воздействия на экосферу. Чаще всего в литературе обсуждаются приемлемые глубины захоронения 500–1000 м, что прежде всего определяется фактором экономичности строительства такого рода сооружений. Захоронение осуществляется на специально оборудованных полигонах через сеть нагнетательных скважин. Жидкие радиоактивные отходы (ЖРО), поступающие в подземное хранилище, взаимодействуя с вмещающими породами, образуют неравновесную систему: пласт-коллектор. Безопасность – одно из главных требований при захоронении отходов, она основывается на возможности прогнозировании распределения отходов в недрах и сопутствующих процессов. Даже при наличии такого рода сооружений существует проблема хранения ВАО в твердом состоянии многие тысячелетия. Прежде всего это обусловлено интенсивным термическим разогревом. Так, по проекту строительства хранилища в районе Юкко-Маунтин (США) температура вблизи контейнера составит около 230 °С и будет выше температуры кипения воды более 300 лет.

Обращает на себя внимание тот факт, что даже хорошо спроектированные специальные инженерные сооружения, в которых ВАО хранятся в остеклованной массе, упакованной в контейнеры, размещаются на значительной глубине от дневной поверхности. Например, в районе Селлафилда (Англия) хранилище планируют расположить на глубине 800 м либо на еще больших глубинах (2000–4000 м) в специально пробуренных скважинах большого диаметра или шахтах.

КОРРОЗИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Журинов М., Абильмагжанов А.З., Кензин Н.Р., Нефедов А.Н.
АО «Институт топлива катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»,
г. Алматы, Казахстан

В мире коррозия ежегодно приводит к миллиардным убыткам, причем основной ущерб, причиняемый ею, заключается не в потере металла как такового (в мире до 20% металла в год уходит именно в коррозионные отходы), а в разрушении дорогостоящих изделий и оборудования. Еще больший ущерб наносят косвенные потери при простоях оборудования, при замене прокорродировавших деталей и узлов, утечке продуктов переработки, нарушении технологических процессов. Убытки от коррозии, таким образом, нельзя сводить лишь к прямым потерям – стоимости разрушившихся конструкций, замены оборудования и затратам на мероприятия по защите от коррозии.

В США, по данным NACE, ущерб от коррозии, включая затраты на борьбу с ней, составляют 3,1% ВВП ($276 млрд в год), в Германии – 2,8% ВВП. В пределах 2-4% ВВП находится этот показатель и в других развитых странах. При этом потери металла, включающие вышедшие из строя металлические конструкции, изделия, оборудование, составляют 10-20% годового производства стали.

В Казахстане нет официальной статистики, которая бы отражала экономический ущерб от коррозии, но, по нашим оценкам, он составляет не менее 5% от ВВП.

Более половины оборудования химической промышленности в республике работает в условиях действия сильноагрессивных сред, когда скорость коррозии незащищенного металла превышает 3 мм/год.

Причина коррозии - термодинамическая неустойчивость металлов, вследствие чего в природе они всегда находятся в окисленном состоянии. Реальная скорость коррозии определяется многими факторами: состоянием поверхности металла и особенностями его структуры, температурой, влажностью, составом и скоростью движения коррозионной среды и др.

По механизму протекания различают химическую и электрохимическую коррозию.

Электрохимическая коррозия сопровождается появлением электрического тока при взаимодействии металла с растворами электролитов. Наиболее опасна межкристаллитная коррозия, особенно в зоне сварки. Очаг разрушения может быть скрыт под поверхностью металла, т.е. продукты коррозии бывают сосредоточены внутри некоторых областей металла.

Химическая коррозия возникает в результате действия реагента на металлическую поверхность. При этом образуются химические соединения, чаще всего - пленки окислов.

Практически наиболее важным видом химической коррозии является взаимодействие металла при высоких температурах с кислородом и другими газообразными активными средами (H_2S, SO_2, CO_2, галогенами, водяным паром и др.). Подобные процессы химической коррозии металлов называют газовой коррозией.

Многие ответственные детали инженерных конструкций сильно разрушаются от газовой коррозии (элементы холодильной аппаратуры, газопроводы, колосники, арматура печей и т.д.).

Как известно при добыче урана, в настоящее время широко применяется метод подземного выщелачивания (ПВ). По этому методу в пласт ураносодержащего рудного тела закачивается раствор серной кислоты, происходит процесс выщелачивания, затем полученный продуктивный раствор откачивается.

АО «НАК «Казатомпром» в 2015 году в Степногорске по программе ГПИИР был запущен сернокислотный завод ТОО «SSAP» среднегодовой мощностью 180 тыс. тонн кислоты. Также у АО «НАК «Казатомпром» функционирует сернокислотный завод ТОО «СКЗ-U» в Кызылординской области со среднегодовой мощностью производства 500 тыс. тонн кислоты.

Оба завода используют технологию получения серной кислоты из элементарной серы по короткой схеме методом двойного контактирования с промежуточной абсорбцией газов и использованием ванадиевого катализатора. Основным сырьём для производства продукции является гранулированная сера поставляемая ТОО «Тенгизшевройл». Преимущества этого метода заключается в резком снижении выбросов SO_2 в атмосферу, минимальных потерях сырья, высокой энергоэффективности.

В процессе получения серной кислоты, различные оксиды серы и конечный продукт - концентрированная серная кислота, как известно, обладают повышенной коррозионной активностью по отношению к металлическому оборудованию, что обуславливает применение специальных марок стали и методов электрохимической защиты металла.

Синтез серной кислоты протекает по следующему механизму:

1) Сжигание или обжиг серосодержащего сырья в кислороде с получением сернистого газа.

$$S + O_2 \rightarrow SO_2 \qquad (1)$$

2) Окисление сернистого газа в серный ангидрид.

$$2SO_2 + O_2 \leftrightarrow 2SO_3 + Q \qquad (2)$$

3) Взаимодействие серного ангидрида с 98%-ной концентрированной серной кислотой.

$$nSO_3 + H_2SO_4 \rightarrow H_2SO_4 \cdot nSO_3 \qquad (3)$$

В условиях эксплуатации оборудования сернокислотного производства получаемые продукты вызывают главным образом общую, равномерную и неравномерную язвенную коррозию.

Газовая коррозия при производстве серной кислоты. Сернистый газ SO_2 является промежуточным продуктом при производстве серной кислоты. Он получается при сжигании элементарной серы. Обжиговые печи, газоходы обжиговых газов и другие узлы технологической схемы сернокислотного производства часто входят из строя вследствие газовой коррозии. В результате коррозии черных металлов в сернистом газе при температуре 300°С и выше образуется слоистая окалина, состоящая из сульфида железа и его окислов. Такая окалина наблюдается при осмотре после продолжительной эксплуатации стальных и чугунных деталей контактных аппаратов (газоходов, решёток), трубных решёток, выносных и внутренних теплообменников и другого оборудования.

Стали с содержанием никеля выше 15% чувствительны к коррозионному воздействию сернистого газа. Сульфид никеля образуется вдоль границ зерен и вследствие этого сталь теряет механическую прочность. По этой причини при изготовлении оборудования работающего в контакте с сернистым газом предпочтение следует отдавать хромистым сталям и при температуре до 400 °С – углеродистым сталям. Применять дорогостоящие хромоникелевые стали в этих условиях нецелесообразно.

В присутствии влаги коррозия металлов в сернистом газе резко возрастает. Влажная двуокись серы разрушает углеродистую сталь, алюминий, Монель 400, Хастелой и большинство медных сплавов.

Сухой сернистый газ медленно реагирует с алюминием. Поэтому алюминий может использоваться для защиты от коррозии деталей и узлов теплообменников и контактных аппаратов.

По результатам исследований различных марок сталей установлено, что стали 0Х17Т, Х25Т, Х18Н10Т обладают высокой коррозионной стойкостью в среде обжигового газа.

Однако хромистые стали плохо свариваются и поэтому имеют низкую ударную вязкость сварных швов. Имеются проблемы и с самой сталью из-за ее хрупкости в зоне сварочного нагрева.

Сернокислотная коррозия при производстве серной кислоты. Возможности использования металлических материалов в растворах серной кислоты определяются особенностями пассивации в ней этих материалов.

Несмотря на то, что серная кислота является окисляющей ($E°_{298,H2SO4/H2SO3}$ = 0,172 В), в разбавленных ее растворах (примерно до 40%) окислителем служат ионы водорода, образующиеся при ее диссоциации. Ионы SO_4^{2-} из-за высокой энергии гидратации при небольшой концентрации раствора оказываются окруженными гидратной оболочкой и не в состоянии проявлять свою окислительную способность.

При более высокой концентрации раствора серная кислота реагирует с металлами как окисляющая, то есть наряду с восстановлением ионов водорода восстанавливаются и сульфат-ионы.

Будучи сильным окислителем, серная кислота высокой концентрации легко пассивирует поверхность даже углеродистых и низколегированных сталей. Пассивация возможна только при невысокой температуре и связана с образованием на поверхности стали плотного слоя сульфата железа(II), не растворимого в концентрированном растворе H_2SO_4.

С повышением температуры растворимость $FeSO_4$ в серной кислоте повышается и пассивное состояние нарушается. Относительно области концентрации серной кислоты, в которой при невысокой температуре наблюдается надежная пассивация, коррозионисты не имеют единого мнения. Часто встречается мнение, что это интервал 67,7-98,4%.

Однако практика эксплуатации оборудования показывает, что углеродистая сталь наиболее устойчива в растворах с концентрацией кислоты 90-96% при температуре не выше 25°С.

Интервал концентраций 88-90% не опасен: скорость коррозии не превышает 0,1 мм/год.

В интервале 0-85% наблюдается экстремальная зависимость скорости коррозии углеродистой стали от концентрации с максимумом при 52—55% кислоты. При этой концентрации скорость коррозии углеродистой стали типа Ст 3 достигает 32 мм/год.

Увеличение скорости потока среды негативно сказывается на защитных свойствах слоя сульфата железа.

Химический состав углеродистой стали весьма существенно влияет на ее стойкость в растворах H_2SO_4. Повышение содержания углерода в стали с 0,19 до 0,84% при концентрации кислоты 45% повышает скорость коррозии примерно на порядок. Сера и фосфор обычно снижают коррозионную стойкость стали. Марганец влияет несущественно.

Аустенитные хромоникелевые стали типа Х18Н10Т и аустенито-ферритные типа 08Х22Н6Т рекомендуется применять в растворах серной кислоты при очень низких концентрациях (до 0,1%) и невысокой температуре, и при концентрации выше 95% и температуре до 40°С, то есть в условиях, в которых они сохраняют пассивное состояние.

Хромоникельмолибденовые стали типа XI7H13M2T и X17H13M3T применимы в более широких пределах концентраций и температур. Еще более широкие пределы применения у коррозионностойкого сплава 03ХН28МДТ на железноникелевой основе.

Коррозия под воздействием серного ангидрида. Конденсация кислоты происходит при остановках оборудования на поверхности нагрева, когда ее температура достигает значения точки росы кислоты (70-170°С в зависимости от парциального давления ангидрида и водяного пара в системе). Наиболее опасным является начальный, стояночный период.

Коррозия печных змеевиков и трубных пучков воздухонагревателей, как в сернистой, так и в серной кислоте идет с водородной деполяризацией. Она протекает, как правило, под поверхностью зольных отложений или отложений продуктов коррозии. Скорость роста язв на углеродистых и низколегированных сталях под действием сернистой кислоты может достигать 1,5-2,0 мм/год, под действием серной — 8-10 мм/год, а в ряде случаев даже превышать эти значения. Важными факторами процесса являются, во-первых, способность отложений сорбировать серный ангидрид и воду, а во-вторых, самим играть роль кислоты. Температура стенки трубного пучка также имеет существенное значение.

При адсорбции влаги и серного ангидрида отложениями на стенке змеевика под отложением образуется тонкая пленка раствора серной (сернистой) кислоты. Заметная коррозия углеродистых сталей наблюдается даже в 0,005-0,01 %-х растворах H_2SO_4. По мере повышения концентрации кислоты в пленке скорость коррозии монотонно возрастает, достигая максимума при 52-55%, а затем начинает снижаться в связи с пассивацией поверхности. Как правило, стенка печных змеевиков работает в активной области концентраций кислоты. Сам продукт коррозии, сульфат железа, также выступает в качестве кислоты.

Материальное исполнение металлоемких конструкций при производстве серной кислоты. В разбавленной серной кислоте (массовая доля менее 10%) ее агрессивность ограниченна, поэтому применение аустенитных сталей и, в некоторой степени, титана может быть экономически эффективным в области низких температур.

При температурах выше 100 °С становятся необходимыми более коррозионностойкие материалы, такие как тантал или хастеллой.

Серная кислота в диапазоне концентраций от 10 до 90%, как известно, особенно коррозионноактивна. Специальные металлы, такие как титан и Хастеллой С276 подвергаются быстрой коррозии в серной кислоте при температурах ниже 100°С.

Концентрированная серная кислота (безводная) является менее коррозионно активной, чем разбавленная водная. Железо и его сплавы могут проявлять в целом хорошее сопротивление коррозии в концентрированной серной кислоте. Кремнистый чугун имеет низкую скорость коррозии в 99% серной кислоте, но будет подвергаться коррозионному растрескиванию в концентрированной серной кислоте, содержащей SO_3 (олеуме).

В зависимости от температуры, аустенитные нержавеющие стали также могут применяться в олеуме.

Очень немногие материалы, включая титан и экзотические металлы (цирконий и тантал) могут применяться в серной кислоте выше температуры кипения. Танталин, безусловно, самый экономичный вариант. Он сохраняет свою коррозионную стойкость выше точки кипения при концентрации кислоты до 99%, тогда как цирконий теряет свою коррозионную стойкостью в серной кислоте при концентрациях выше примерно 75%. При очень высоких концентрациях серной кислоты (> 98%) стойкость к коррозии тантала, а также танталина будет уменьшаться из-за существования «свободного» SO_3. Таким образом, этот материал в целом не подходит для дымящей серной кислоты (олеума).

Исследования известных материалов показали, что тантал оказался самым стойким из них по отношению к коррозии в сернокислотной среде. Скорость коррозии тантала в серной кислоте является незначительной при любых концентрациях в диапазоне от 0 до 99% и при температурах вплоть до 150 °С. В настоящее время получают так называемый танаталин, который представляет поверхностный слой тантала на нержавеющей стали получаемый газофазным напылением. В серной кислоте при температуре выше 150 °С скорости коррозии танталина следует принимать во внимание, но все же при высоких температурах тантал корродирует гораздо меньше титана и циркония.

Процесс химического осаждения из паровой фазы (CVD), используемый Tantaline, позволяет получить прочный, однородный танталовый слой, который соответствует сложной геометрии и присоединяется к основному металлу посредством диффузионной связи.

Тантал образует инертный оксидный слой, который предотвращает коррозионное воздействие агрессивных технологических жидкостей даже при повышенных температурах. Это сводит к минимуму механические поломки, перекрестное загрязнение и загрязнение, которые являются критическими проблемами для приложений в широком спектре отраслей.

Теплообменники, выполненные танталином, доказали свою устойчивость к коррозии, вызванной многими технологическими жидкостями, включая HCl и H_2SO_4. Применение этой уникальной обработки поверхности к линейке высококачественных, высокопроизводительных теплообменников обеспечивает экономичное решение для повышения эксплуатационной надежности. Тантал успешно применяется уже продолжительное время в критически важных областях.

Контроль и мониторинг коррозионных процессов. Расходы предприятия по производству серной кислоты на борьбу с последствиями коррозионных процессов в смете ремонтных работ достигают 30-50%. Также предприятия несут убытки от вынужденных простоев технологических установок, подверженных коррозии. Поэтому одним из путей сокращения указанных расходов является проведение изучения корневых причин увеличения скорости коррозии металлоемких производств, разработка программ обеспечения надежности оборудования и реализация антикоррозионных мероприятий. Если говорить отдельно по мероприятиям можно выделить два основных мероприятия, которые дают заметный эффект при борьбе с коррозией:

1) Разработка документа контроля коррозии основных технологических установок предприятия. Данный документ разрабатывается на основе результатов коррозионного аудита предприятия, анализа отобранных коррозионных отложений и тестирования прокорродировавших образцов и вырезок металла. В документе описываются все активные и потенциальные механизмы деградации, определяются контура коррозии, устанавливаются причины высокой скорости коррозии, выдаются рекомендации и мероприятия по уменьшению скорости коррозионного или эрозионного износа проблемных участков технологического оборудования и способы контроля и мониторинга коррозии.

Эффект – увеличение жизненного цикла статического оборудования на 5-7% и увеличение межремонтного пробега.

2) Повышение компетенций инженеров по коррозии. Исследования показали, что 76% отказов оборудования вызваны ошибками персонала и несвоевременной реакцией на эксплуатацию вне допустимых пределов функционирования оборудования.

Эффект – увеличение жизненного цикла статического оборудования на 2-3%, снижение процента отказов оборудования, улучшение практик по пониманию процессов влияния деградационных механизмов и изменений в технологическом процессе на состояние статического оборудования, создание собственной экспертной группы коррозионистов и практики контроля коррозии на предприятии.

Преимущества внедрения антикоррозионной программы в разрезе предприятия следующие:

- Предупреждение отказов оборудования.
- Снижение количества незапланированных останов.
- Возможности увеличения производительности оборудования.
- Увеличенный межремонтный пробег.
- Сокращение расходов на ремонтные работы.
- Улучшение прибыли.

В настоящее время лидирующие позиции по коррозионному направлению в республике занимает Центр компетенции по проблемам коррозии (Центр), действующий на базе АО «Институт топлива катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского». Центр обладает более чем 30-летним опытом работ по исследованию коррозионных процессов металлоемкого оборудования промышленных предприятий.

Современная материально-техническая база, аккредитованные аналитические лаборатории и высококвалифицированный персонал Центра позволяет решать широкий спектр задач по коррозионному направлению, в том числе:

- Проведение коррозионного аудита, исследование причин инцидентов.
- Проведение лабораторных анализов образцов и испытаний материалов на коррозионную стойкость (собственная аккредитованная лаборатория).
- Разработка документов по управлению коррозией для установок предприятий, оценка рисков, выдача рекомендаций по уменьшению скорости коррозии
- Моделирование и исследование причин коррозии на отдельных установках, блоках и аппаратах.
- Разработка нормативов и методик контроля и управления коррозией.
- Обучение сотрудников предприятий по коррозионному направлению, лабораторным методам анализа.
- Проведение научно-исследовательских работ.
- Нестандартные испытания и исследования с разработкой методик испытаний и изготовление необходимой оснастки.

Исследования и разработка документов контроля коррозии проводятся в соответствии с международными стандартами ASTM, NACE и API.

Центр имеет опыт проведения коррозионных аудитов на предприятиях нефтегазовой, металлургической отраслях и на жилищно-коммунальных объектах.

Вышеприведенные сведения показывают важность контроля коррозионных процессов, мониторинга реализации антикоррозионных мероприятий и учета условий эксплуатации оборудования любого металлоемкого производства в целом, и предприятий по производству серной кислоты, в частности.

ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА БФВ СУБЛИМАТНОГО ЗАВОДА АО «СХК»

Дворянчиков А.В.,
АО «Сибирский химический комбинат», г. Северск, Россия

АО «Сибирский химический комбинат» - это комплекс производств, производящих низкообогащенный уран из любых видов природного или регенерированного урана.

Одной из стратегических целей АО «СХК» является обеспечение экологической безопасности и сокращение негативного воздействия производств и поставляемой продукции на окружающую среду.

В конверсионном производстве, размещенном на Сублиматном заводе АО «СХК», одним из техногенных отходов является сульфат кальция технический (фторгипс), получаемый как побочный продукт процесса получения безводного фтористого водорода методом разложения плавиковошпатового концентрата серной кислотой.

В настоящее время обращение с фторгипсом предусматривает его распульповку промышленной водой, последующей его нейтрализации раствором щелочи (гидроксидом натрия), и сброс в гидрографическую сеть с содержанием загрязняющих веществ в рамках установленных национальным законодательством нормативов (взвешенных вещества, железа, сульфат-аниона (сульфаты), сухого остатка, фосфатов (по фосфору), фторид-аниона, хрома трехвалентного, хром шестивалентного, бора, аммоний-иона).

Руководство предприятия придерживаясь системного и комплексного подхода к анализу экологических рисков и оценки влияния планируемой деятельности приняло решение о реализации мероприятия по исключению метода гидроудаления нейтрализованного фторгипса из производства безводного фтористого водорода Сублиматного завода АО «СХК».

Рассматриваемые варианты обращения с сульфатом кальция техническим:

- «сухая» нейтрализация сульфата кальция твердым оксидом либо гидроксидом кальция, с последующим вывозом отхода производства на полигон временного размещения отходов;
- реализация фторгипса потребителям;
- создание производства техногенного ангидрита из получаемого в производстве безводного фтористого водорода фторгипса с целью дальнейшего использования ангидритовой продукции в производстве строительных материалов: вяжущее (ТАВ), пластификатор, каркасно-монолитные модули помещений (КММП), профильные ангидритовые изделия типа швеллер, сухая строительная смесь композитов: половой стяжки, шахтных закладочных растворов, штукатурных растворов, шпаклевки, композит буровых растворов.

Преимущества «сухого» метода.

1. Снижение концентрации вредных веществ в сбросных водах АО «Сибирский химический комбинат».
2. Развитие партнерских отношений в рамках «производство-наука-бизнес».

ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИИ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Кангожин Б.Р.[1], Тасболатова Л.Т.
[1]ТОО «Казахский институт технического развития», г. Алматы, Казахстан
[2]Satbayev University, г. Алматы, Казахстан

Одним из путей решения энергетического кризиса в стране, о которых бьют тревогу компетентные органы и эксперты в области энергетики, предполагается строительство атомной электростанции.

Казахстан планирует построить АЭС в районе поселка Улкен в Алматинской области (на юго-востоке страны). Стройка, по данным Минэнерго Казахстана, может занять до 10 лет. Стоимость одного энергоблока в среднем составляет $5 млрд. В прогнозном энергобалансе страны до 2035 года в качестве одного из вариантов рассматривается ввод в эксплуатацию АЭС суммарной мощностью 2,4 ГВт. С технологией для строительства АЭС Казахстан собирается определиться в конце 2022 - начале 2023 года.

В настоящее время Казахстан изучает предложения от ведущих мировых компаний для строительства АЭС на территории своей страны. Уже составлен шорт-лист из четырех поставщиков, имеющих проверенные временем реакторные технологии большой мощности с опытом эксплуатации. В их числе – корейская KHNP, китайская CNNC, российский "Росатом" и французская EDF.

В связи с этим наряду с созданием необходимой нормативной базы по обеспечению электромагнитной совместимости АЭС необходимо ее обеспечения начиная с этапа проектирования.

Область использования атомной энергии одна из самых обширных отраслей промышленности. В ней используется оборудование от простых индикаторов и чувствительных датчиков до высоковольтных трансформаторов, и автоматизированных систем управления технологическими процессами. Любое оборудование и системы должны подвергаться испытаниям на электромагнитную совместимость и соответствовать ее требованиям в обязательном порядке. Поэтому первоочередной задачей становится разработка стандартов технических средств для атомных станций, в которых будут учтены требования и методы испытаний технических средств для АЭС как по устойчивости к электромагнитным воздействиям, так и по помехоэмиссии.

Технологии ЭМС применяются и при строительстве зданий энергоблоков, организации заземления, грозозащиты и даже кабельной продукции, ведь риск возникновения нештатных и аварийных ситуаций на таких опасных и важных объектах должен быть сведен к минимуму. Электромагнитная совместимость в атомной отрасли обеспечивается и на уровне расчетов, проектов, в лабораториях на испытаниях блоков и элементов систем,, испытаниями по месту эксплуатации оборудования при модернизации, продлении срока служба или строительстве новых энергоблоков, при измерении электромагнитной обстановки на станции и категорировании помещений, работниками самих станций, организационно-техническими мероприятиями.

В соответствии с природой источников помех и с учетом практического опыта при обследовании электромагнитной обстановки на объектах АС, на ОРУ (открытые распределительные устройства) высокого и сверхвысокого напряжений, необходимо выполнить следующие работы:

• проверить целостность контура заземления ОРУ и целостность присоединений оборудования и конструкций ОРУ к контуру заземления;

• выполнить коммутации разъединителями ненагруженных участков шин ОРУ с одновременной регистрацией кондуктивных импульсных помех на входах кабелей от трансформаторов тока и напряжения к устройствам релейной защиты;

• измерить индустриальные радиопомехи в цепях трансформаторов тока, напряжения и в цепях оперативного постоянного тока;

• измерить напряженности магнитного поля промышленной частоты в помещении релейного щита в нормальных условиях (фоновое поле) и при коротком замыкании в сети питания 220 В переменного тока;

• измерить напряженности затухающего колебательного магнит-ного поля при коммутации участков шин разъединителями на ОРУ и при коммутационных переключениях в помещении ре-лейного щита;

• измерить напряженности радиочастотных электромагнитных по-лей в нормальных режимах работы оборудования в разное время суток (мониторинг фонового поля) и выполнить те же измерения при работе устройств мобильной радиосвязи и электроприборов (пылесоса, электродрели и пр.) в помещении релейного щита;

• выполнить мониторинг напряжений и регистрацию импульсных явлений в цепях трансформаторов тока, напряжения и в цепях оперативного постоянного тока;

• в соответствии с рекомендациями [15] выполнить имитационные эксперименты, необходимые для последующих расчетов пара-метров редких явлений и соответствующих им параметров помех, воспроизвести которые в натуре невозможно (короткие замыкания, разряды молний на молниеприемники или элементы конструкций ОРУ);

• измерить потенциалы электростатических зарядов оперативного персонала при работе на изолирующих подставках в условиях низкой влажности в помещении релейного щита;

• проанализировать результаты проведения обследования электромагнитной обстановки на ОРУ и при необходимости дать рекомендации проектным организациям по применению устройств защиты от недопустимого для оборудования уровня помех.

Ниже хотелось бы остановиться на зонной концепции защиты зданий, оснащенных электронными устройствами, от электромагнитного воздействия атмосферных разрядов, ядерных взрывов и коммутаций в энергетических сетях, сопровождающихся выделением больших энергий, которая была разработана в 70-е годы прошлого века. В дальнейшем эта концепция нашла широкое применение при обеспечении электромагнитной совместимости. Эта концепция выделяет определенные зоны с характерными для нее электромагнитными условиями (рис. 1).

Зона 0 характеризуется оригинальными электромагнитными недемпфированными помехами. Она подразделяется на две зоны: 0А, где возможны прямые удары молнии, и 0в - зона, защищенная от прямых ударов. В зоне 1, окруженной электромагнитным экраном, помехи ослаблены. Экран 1 может, например, представлять собой каркас здания. В зоне 2, пространстве, ограниченном экраном 2, содержащем, например, чувствительное электронное оборудование, помехи еще больше ослаблены, а в зоне 3, например, внутри прибора, где находится особо чувствительная электроника, помехи ограничены до безопасных величин.

Из рисунка ясно, что все металлические провода электропитания, пересекающие границы зон, должны быть снабжены элементами, снижающими помехи и перенапряжения.

Указанные меры направлены на то, чтобы ступенчато, от зоны к зоне внутри системы снизить помехи и перенапряжения.

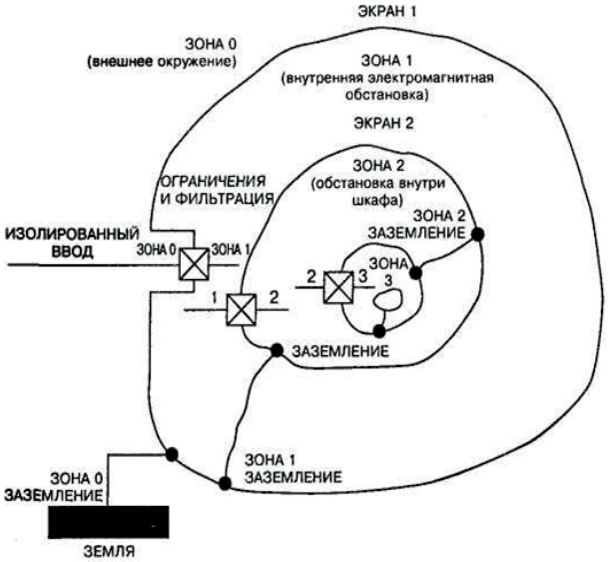


Рисунок 1 – Экранирование и заземление в зонах комплексного устройства

Из рисунка видно, что экраны частично принимают на себя кондуктивные помехи, поступающие по проводам питания. Ясно, что внутренние источники помех в пределах экрана не устраняются (рис. 2). Источники таких внутренних помех, например, в электротехнических устройствах, в которых имеет место регулярная работа - коммутации реле, выключателей, тиристоров, или аварийные режимы (отключение защитных выключателей или предохранителей) - создают полевые или кондуктивные помехи.

Наконец, две пространственно разделенных зоны 1 с помощью экранированного соединения в принципе, могут образовать общую зону (рис. 3).

Описанная зонная концепция в немецких нормах защиты приборов (нормы VG) предписана как

генеральная методика защиты систем и приборов от электромагнитного воздействия атмосферных разрядов и ядерных взрывов (рис. 4). Здесь также выделены защитные зоны. В зоне 0 могут быть оригинальные электромагнитные условия. Защитный объем зоны 1 окружен экраном.

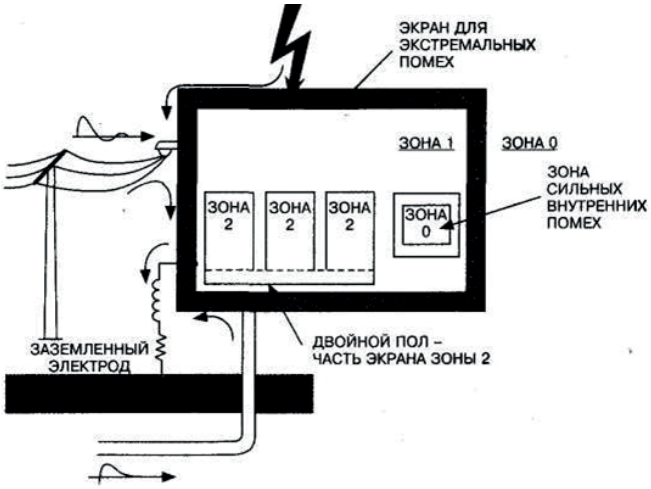


Рисунок 2 – Использование экранов для нейтрализации экстремально интенсивных источников внешних и внутренних помех

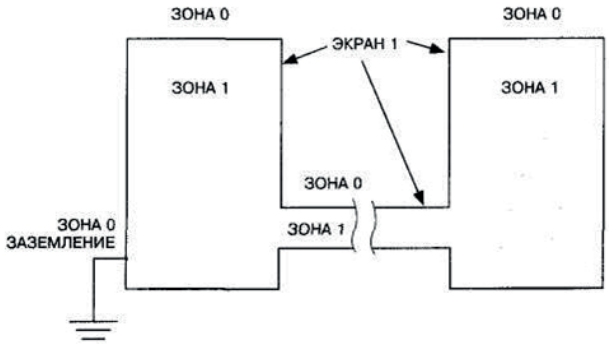


Рисунок3 – Объединение двух зон

В защитной зоне 2 электромагнитные помехи ослаблены. Все металлические элементы электроснабжения, проходящие через экраны на границах зон, раздельно присоединены к экранам. Кроме того, здесь показано, что приборы в защитной зоне должны быть защищены, причем для них должны соблюдаться такие же условия, как и на границах зон.

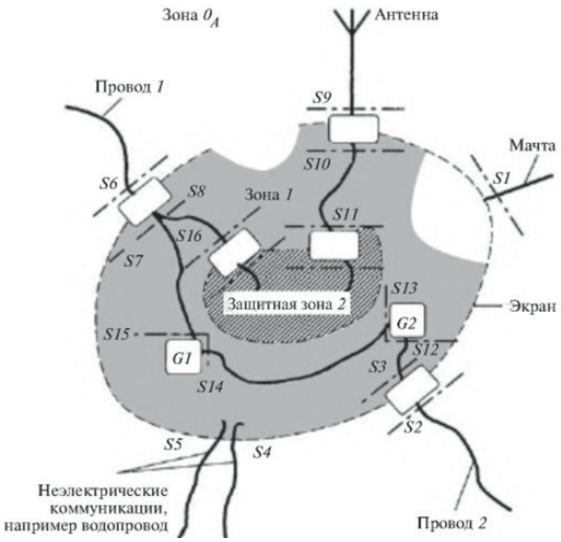


Рисунок 4 – Деление системы на зоны с границами зон

Исходя из указанного принципа ученые считают, что в принципе зонная концепция молниезащиты позволяет защитить любые технические устройства, в том числе чувствительные электронные системы от электромагнитных воздействий, в том числе от прямых ударов молнии в устройства. Детализированные ниже способы применения зонной концепции не имеют ограничений и могут применяться на электростанциях, крупных вычислительных центрах, химических заводах, в телефонных сетях и устройствах и т.д. Это достигается тем, что строительные сооружения и их оснащение выполнены в соответствии с зонной концепцией молниезащиты. При этом следует отметить следующее:

• зонная концепция молниезащиты исходит из того, что первичная металлическая конструкция строительного сооружения используется или может быть использована в качестве экрана. Подобная экранная структура образуется, например, стальной арматурой крыши, стен, полов здания, а также металлическими деталями крыши, фасадов, стальными каркасами, решетками. Эта экранирующая структура образует электромагнитный экран с отверстиями (за счет окон, дверей, вентиляционных отверстий шага сетки в арматуре, щелей в металлическом фасаде, отверстий для линий электроснабжения и т.п.). Такой экран с системообусловленными отверстиями будем в дальнейшем называть экраном с отверстиями;

• следующей особенностью является то, что экранная структура расположена и должна работать непосредственно рядом с молниеприемниками, спусками, заземляющими проводами;

• наконец, следует учитывать, что в крупных технических сооружениях практически невозможно проконтролировать прокладку всех проводов; в различных местах помещения могут появиться неконтролируемые соединения между приборами и системами. Поэтому первоначально созданная звездообразная или пространственная концепция выравнивания потенциалов преобразуется в смешанную систему выравнивания потенциалов.

К проблемам молниезащиты относятся также ориентация канала молнии, отвод тока по объекту и отвод тока в землю (главная задача классической молниезащиты), выравнивание разности потенциалов, и, естественно, определение пространственных областей, в которых электромагнитная обстановка, обусловливающая кондуктивные и полевые помехи, не опасна для электронного оборудования. Зонная концепция должна интегрировать все сегодняшние достижения в области электромагнитной совместимости, облегчать выполнение требований стандартов, в частности, в отношении концепций выравнивания потенциалов и заземлений.

Первым требованием является то, что наряду с зоной 0, где возможны прямые удары молнии, и в которой существуют специфические электромагнитные поля, следует выделить зону $0_в$, в которой существует оригинальное электромагнитное поле, но в пределах которой невозможны прямые удары.

Первичный защитный объем промышленного сооружения ограничен зоной 0, причем между зонами $0_А$ или $0_в$ и 1 располагается более или менее сплошной экран (с отверстиями).

В технике молниезащиты принято экран этот располагать полностью или частично между зонами $0_А$ или $0_в$ и 1, между молниеприемником, спуском и проводом, идущим к заземлению. В этом случае по электромагнитному экрану с отверстиями частично или полностью протекают переходные токи, обусловленные молнией.

Зонная концепция молниезащиты ориентируется на предельные электромагнитные источники помех, а именно, на прямой удар молнии в защищаемое здание с электронным оборудованием, и поэтому предусматривает всеобъемлющие мероприятия по защите. Одновременно при выполнении требований по защите при ударе молнии обеспечивается защита от ядерного электромагнитного импульса.

Таким образом, предпроектное обследование даст возможность улучшить электромагнитную обстановку на атомных электрических решениях и избежать от возможных электромагнитных помех при дальнейшей эксплуатации.

Список использованных источников

1. Электромагнитная совместимость электрической части атомных электростанций. Э.В. Вершков, А.В. Жуков, А.В. Калеников, Д.А. Козлов, И.П. Кужекин, С.Л. Кужеков, Б.К. Максимов, О.В. Сарылов, Л.В. Ярных. - М.: Знак, 2006. – 280 с.

2. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К. и др. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике./ Под ред. А.Ф. Дьякова. – М: Энергоатомиздат, – 2003.

3. ГОСТ Р 50746-2000. Совместимость технических средств электромагнитная. Технические средства для атомных станций. Требования и методы испытаний. М.: Издательство стандартов. – 2001.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

Тимаков А.С, Токсанбаев Б.Ж, Фоменко А.С., Принзин Н.А., Близнюк В.И.
ТОО «Институт высоких технологий», г. Алматы, Казахстан

Введение

Добыча и переработка природного урана на рудниках ПСВ подразумевает образование твердых и жидких радиоактивных отходов. В соответствии с классификацией МАГАТЭ все радиоактивные отходы, образующиеся на предприятиях Компании, относятся к категории низкоактивных отходов (НРО).

Согласно требованиям Положения о порядке захоронения радиоактивных отходов в Республике Казахстан, выведенный из эксплуатации радиоактивный ионит (в том числе разрушенный ионит) должен утилизироваться на полигонах для захоронения НРО.

Среднегодовой показатель по закупу всеми уранодобывающими компаниями Казахстана уран селективного ионита для ведения технологического процесса составляет порядка 1500 – 2000 м^3, соответственно и ежегодный объем образованного разрушенного ионита в какой-то мере соизмерим с данной величиной (в пересчете на массу).

При этом стоимость для захоронения тонны НРО на существующих полигонах ежегодно только увеличивается, кроме того размеры полигонов НРО имеют свои ограничения, а организация новых полигонов НРО несет существенные организационные и экономические трудности и может нанести ощутимый вред экологии региона (в теории каждый вид образующихся радиоактивных отходов должен быть кондиционирован таким образом, чтобы конечный продукт мог быть подвергнут безопасному длительному хранению или полному распаду до экологически безопасных веществ, на практике все может обстоять куда хуже).

Сокращение объема НРО, направляемого на захоронение в специализированных могильниках, является актуальной задачей, решение которой принесет не только экономический эффект, но и существенно улучшит экологическую ситуацию в регионе. Кроме того, некондиционная ионообменная смола содержит остаточный уран (вплоть до значимых количеств), а также такие ценные элементы как рений, которые можно экономически рентабельно извлечь.

Переработка ионообменных смол является наиболее сложной и дорогостоящей операцией по сравнению с переработкой других видов радиоактивных отходов (РАО). Существуют различные способы утилизации отработанных ионообменных смол, как анионитов, так и катионитов (зависящие в том числе от радиационной активности и элементного состава). Все они имеют свои достоинства и недостатки. В то же время на сегодняшний день не существует готовых к тиражированию установок для переработки отработавших ионообменных смол, каждое оборудование рассчитывается индивидуально.

Актуальность данных исследований состоит в том, что результаты анализа этих способов позволят выбрать и разработать приемлемую и эффективную, в условиях ДЗО НАК «Казатомпром», технологию переработки некондиционного ионита (с целью снижения объемов и количества НРО с возможным доизвлечением ценных компонентов).

Анализ существующих способов переработки и утилизации отработанных ионообменных смол (ОИОС)

Сокращению объема и локализации отработавших ионообменных смол посвящены национальные программы практически всех стран с развитой энергетикой – США, Германии, Франции, России и др. МАГАТЭ разработало специальную программу исследований по обращению с отработанными ионообменными смолами.

Утилизацию радиоактивных ионообменных смол с их последующим захоронением в настоящее время ведут с использованием таких технологических приемов как цементирование, прессование, остекловывание, битумизация, омоноличивание, термическая обработка (пиролиз, пирогидролиз, комплекс плазменной переработки), термовакуумная сушка, центрифугирование, сверхкритическое водное окисление и другие. Каждый из указанных методов, наряду с некоторыми достоинствами, имеет ряд серьезных недостатков. Однако, главными из них являются высокие экономические издержки.

Анализ достоинств и недостатков, применяемых на сегодняшний момент технологий переработки отработанных ионообменных смол, показывает, что оптимальными вариантами с позиций принципа минимизации РАО являются технологии термической обработки и глубокой дезактивации (глубокая десорбция).

Практика регенерирования ионообменных смол в процессе переработки продуктивных растворов (ПР) на рудниках показывает, что после проведения десорбции, денитрации и отмывки, ионит может содержать до 0,25 % остаточного урана. В то же время разрушенный ионит, может содержать гораздо больше остаточного урана, так как образуется и выводится на разных стадиях технологического процесса с различной степенью насыщения ураном. Из чего следует, что наиболее верным решением будет отмывка рабочего сорбента от ОИОС (выведение ОИОС из процесса) именно после процесса десорбции или денитрации, когда сорбент имеет наименьшее количество остаточного урана. Кроме того, за большое количество циклов сорбции и регенерации в ионите происходит накопление ценного элемента рения, который так же содержится в разрушенном сорбенте.

ОИОС, извлеченная из процесса и в частности из шламоотстойников, содержит до 50 – 60 % (и более) как межзерновой, так и внутризерновой воды, удаление которой позволяет вполовину уменьшить вес и объем данного вида НРО. При этом обычный процесс термовакуумной сушки при температурах 80 – 100 ^{o}C является обратимым процессом, то есть, высушенная ОИОС абсорбирует влагу из воздуха и практически восстанавливает свой объем и массу со временем.

Для решения поставленных задач по сокращению данного вида НРО, сокращение затрат на захоронение НРО и извлечения ценных компонентов –проведены исследования утилизации ОИОС при помощи термической обработки, как с предварительным элюированием урана и рения, так и без, а также с извлечением «ценных» элементов из «сорбента» подверженного термическому воздействию (разложению). Термообработка проводилась без доступа кислорода, а также в атмосфере воздуха без предварительной обработки и с обработкой реагентами (Ca $(OH)_2$, KOH, NaOH, H_2O_2 и др.).

В рамках данной работы также был проведен более детальных анализ объемов и качества, образовываемых на добычных предприятиях, разрушенных и выведенных из эксплуатации сорбентов в отдельности по каждому предприятию.

Экспериментальная часть

Комплексные исследования по изучению термодеструкции некондиционного ионита, а также анализ газов выполнены на экспериментальном и аналитическом оборудовании РГП «Институт проблем горения» (ИПГ). Для анализа газов использовалась газовая хроматография с масс-спектроскопическим детектированием (Agilent 7890A/5975C). Экспериментальные аналитические исследования выполнены в Лаборатории анализа и исследования материалов ТОО «Институт высоких технологий».

Для исследований физико-химических свойств ОИОС нами были получены образцы некондиционного ионита из шламоотстойников рудников «АППАК», «Инкай», «Ирколь», «Орталык», «РУ-6» и «Хорасан». Внешний вид образцов ОИОС представлен на рисунке 1.

Органолептический анализ образцов смол показал наличие в пробах, как цельных зерен, так и разрушенных, присутствие в незначительных количествах песка, ила и различных органических включений. Все образцы ОИОС были доставлены в лабораторию исследования и анализа материалов (ЛИАМ) в пос. Таукент для определения содержания урана, рения и РЗМ.

Рисунок 1 – Образцы ОИОС с рудников: «Ирколь», «Хорасан», «РУ-6», «Орталык», «Инкай» участок №1 и №2.

Кроме урана в ОИОС всех рудников отмечается наличие рения от 0,01 до 0,1 % на разных рудниках. Такое содержание рения позволяет предположить рентабельность его извлечения в перренат аммония сернокислотной десорбцией и экстракцией из полученных сернокислых растворов.

Особенности термического разложения ионита

В настоящее время на рудниках НАК «Казатомпром» используются сильноосновные аниониты, матрица которых состоит из цепей полистирола сшитых молекулами дивинилбензола.

Содержание ДВБ в ионообменных смолах находится на уровне 4 – 10 %, оптимальная степень сшивки составляет 8 % .

В качестве функциональной группы сильноосновные аниониты содержат четвертичные аммониевые основания R3NOH с подвижными отрицательно заряженными ионами (OH^-, Cl^-, NO_3^-, SO_4^{2-} и др.).

В зависимости от способа получения полистирола разрушение наступает при различных температурах. Технический полистирол начинает разрушаться при 130 °С, тогда как чистый полистирол только при 210 °С. Термическая деструкция полистирола усиливается при температурах выше 300 °С. Конечными продуктами разложения полистирола являются преимущественно мономер и небольшое количество димера и тетрамера.

В присутствии кислорода термическая деструкция полистирола протекает быстрее, чем в атмосфере инертного газа или в вакууме. Быстрый распад полистирола, сопровождаемый пожелтением или побурением полимера, происходит при температуре выше 200 °С.

Глубокая сушка ионита до 250 °С

Одним из важных свойств ионообменных смол является способность к набуханию в водных растворах. Коэффициент набухания основных ионитов лежит в широких пределах – $К_Н$ = 1,3 – 2,0. Т.е. объем набухшей смолы может в 2 раза превышать объем сухого ионита. Дело в том, что ионит, высушенный при температурах менее 100 °С, находясь на открытом воздухе, сорбирует находящуюся в нем влагу и практически восстанавливает свой объем до первоначального состояния. Температурная устойчивость большинства анионитов – не выше 60, максимум 80 °С.

Задача глубокой сушки, кроме удаления меж поровой влаги состоит в разрушении функциональных групп и исключения повторного набухания после термообработки.

Навеску исходной смолы массой около 3 грамм (4 см^3 по объему) засыпали в открытые кварцевые пробирки, которые помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температурах 100, 150, 200 и 250 °С до получения постоянной массы образца 1,5 – 2,0 часа. После термообработки пробирки с высушенной смолой закрыли шлифованными пробками для предотвращения контакта с окружающей атмосферой.

На рисунке 2 показан внешний вид смолы до и после термообработки. После сушки при 150 °С смола приобрела слабо коричневый цвет, интенсивность окраски увеличивалась с повышением температуры. Начиная с 200 °С наблюдалось незначительное выделение газа с резким неприятным запахом, что свидетельствует об изменении структуры зерен и реакции ионита с кислородом воздуха.

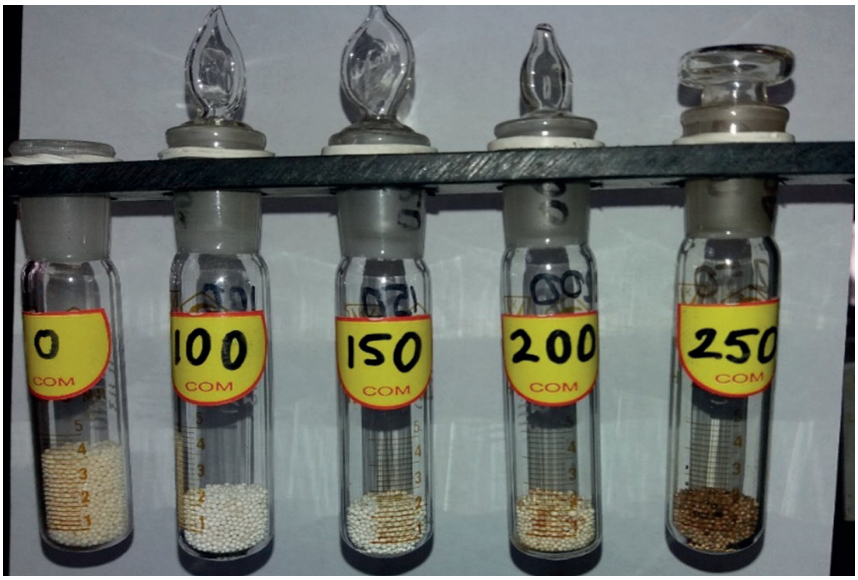


Рисунок 2 – Внешний вид высушенной смолы.

Результаты опытов по глубокой сушке ионита представлены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение массы и объема смолы в процессе глубокой сушки

Показатель	Температура высушивания, °С			
	100	150	200	250
Масса смолы исх., г.	2,82	2,36	2,56	2,70
Масса смолы конечн., %	52	45	44	42
Объем смолы конечн., %	~50	~50	~50	~50

Из таблицы видно, что объем высушенной смолы уменьшился в 2 раза. Считая истинную массу ионита без влаги (высушенного при 100 °С), отметим, что с увеличением температуры сушки происходит уменьшение массы смолы и начинается выделение газа. Это свидетельствует о начале термической деструкции зерен и разрушении функциональных групп.

Для проверки влагопоглощения высушенной смолы в исследуемые пробирки добавили воду до отметки 4 см^3 и оставили в открытом виде на 1 час. Объем смолы высушенной при 100 °С увеличился более чем вдвое и принял первоначальный вид. Объем остальных образцов практически не изменился и остался на прежнем уровне. Внешний вид высушенного ионита, обработанного водой, показан на рисунке 3.

Рисунок 3 – Влагопоглощение высушенной смолы

Результаты опытов по глубокой сушке ионита показывают, что термообработка ионита при температуре 150 – 200 ^{0}С позволяет снизить массу и объем ионита практически в 2 раза и предотвратить его набухание при контакте с жидкостью и влагой из атмосферного воздуха.

Реализация данной работы на практике, позволит сократить предприятиям расходы на транспортировку и захоронение НРО в два раза. Простота технологии «глубокой сушки» потребует минимальный перечень дополнительного оборудования и материальных затратах, и не увеличит общий показатель предприятий по выбросам вредных веществ в атмосферу.

Термодеструкция ионита при температурах 300 – 900 °С

Для исследования поведения исходной ионообменной смолы при термическом воздействии разных температур равное количество смолы по 3,5 грамм ~ 5 см^3 засыпали в семь фарфоровых тиглей (300, 400, 500, 600, 700, 800 и 900 °С), закрыли их фарфоровыми крышками и поместили в муфельную печь при комнатной температуре. Включили нагрев со скоростью 10 °С/мин. По достижении заданной температуры выдерживали 30 минут и извлекали по одному тиглю.

На рисунке 4 показан внешний вид исходной смолы и огарка после термообработки. После остывания до комнатной температуры взвешивали огарки, измеряли объем, визуально оценивали внешний вид. Результаты опытов представлены в таблице 2.

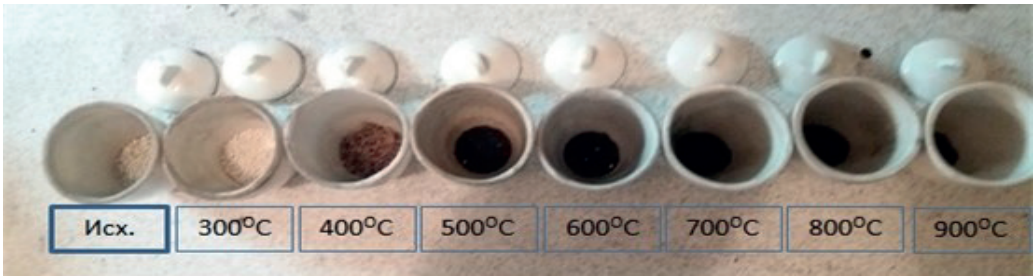


Рисунок 4 – Внешний вид смолы после термической обработки

Таблица 2 – Изменение массы и объема огарка в процессе термической обработки.

Температура печи, °С	Смола		Огарок			
	Масса, г	Объем, см³	Масса, г	Объем, см³	Масса, %	Объем, %
300	3,5	5	1,84	2,8	52,6	56
400			1,2	2,0	34,3	40
500			0,66	1,2	18,9	24
600			0,37	0,6	10,1	12
700			0,18	0,3	5.1	6
800			0,1	0,16	2,9	3,2
900			0,07	0,1	3,1	2,0

Максимальное уменьшение массы смолы составило около 97 % при температуре 900 °С.

Анализ паров жидких и газообразных продуктов сушки и термодеструкции в интервале температур 100 – 800 °С

Термообработка смолы, начиная с 300 °С, сопровождалась выделением газа, предположительно содержащего амины с резким неприятным запахом.

Для оценки и анализа газообразных продуктов, выделяющихся в процессе термохимической деструкции ионита были изготовлены многоразовые кварцевые реакторы-пробоотборники с герметичным узлом для отбора проб, показанные на рисунке 5.

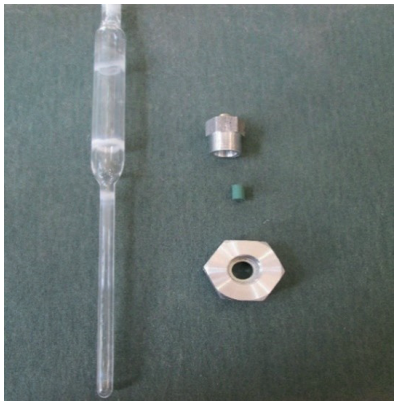


Рисунок 5 – Реактор-пробоотборник

В реактор засыпалось небольшое количество ионита (0,2 грамма), затем выходное отверстие закрывалось с помощью узла для отбора проб, имеющего резиновый уплотнитель, через который при помощи медицинского шприца можно отбирать пробы газа для анализа. На рисунке 6 показаны прошедшие термообработку и приготовленные для отбора проб и анализа реакторы-пробоотборники.

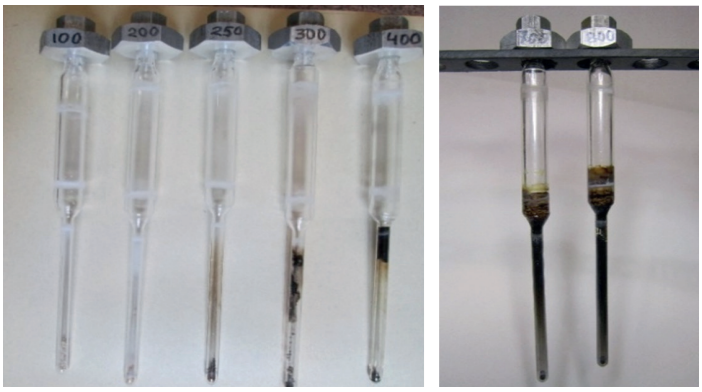


Рисунок 6 – Внешний вид реакторов-пробоотборников после термической обработки

С целью предотвращения взаимообменных реакций в газовой фазе внутри реактора анализ продуктов термодеструкции ионита осуществлялся сразу после его термической обработки.

При помощи медицинского шприца отбиралась проба газа объемом 5 мкл, анализ проводился в режиме без деления потока, колонка хроматографическая капиллярная DB-35MS (Agilent, США) 30 м ×

0,25 мм, толщина пленки 0,25 мкм, температура термостата колонки: 35 °С (выдержка 15 мин), нагрев до 280 °С со скоростью 10 °С/мин (выдержка 2 мин), температура испарителя: 80 °С, режим детектирования – мониторинг ионов в диапазоне m/z 10 – 550.

В таблице 3 приведены результаты количественного и качественного анализа газообразных продуктов глубокой сушки ионита при температурах 100 – 250 °С.

Таблица 3 – Результаты анализа газов глубокой сушки ионита методом ГХ-МС

Т сушки, °С	Соединение	Время удерживания, мин	CAS No.	Площадь пика, у.е., 10^{-3}	Массовая доля, по площадям пиков, %
100	Воздушная смесь	1,274		344691	100
150	Воздушная смесь	1,274		230591	54
	Триметиламин	1,360	75-50-3	199593	46
200	Воздушная смесь	1,274		216540	44
	Триметиламин	1,360	75-50-3	273041	56
250	Воздушная смесь	1,274		176432	30
	Хлорметан	1,323	74-87-3	39069	7
	Триметиламин	1,360	75-50-3	375582	63

Из таблицы видно, что при температуре 150 °С начинается деструкция матрицы ионита, при этом расчеты показали, что ионит теряет около 7 % массы в виде триметиламина. В результате сушки 1 т ионита при 150 °С выделится 14 кг триметиламина. Триметиламин относится к веществам 3 класса опасности, ПДК в воздухе рабочей зоны 5,0 г/м^3. Улавливание триметиламина практически полностью происходит в мокрых скрубберах.

Повышение температуры термодеструкции привело к дальнейшему разложению матрицы ионита, в результате чего начали выделяться соединения углерода с серой, а также такие углеводороды, как стирол, бензол, толуол и др. продукты распада матрицы.

Результаты эксперимента по высокотемпературному пиролизу ионита приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты анализа газообразных продуктов высокотемпературного пиролиза ионита методом ГХ-МС

Темпе ратура, °С	Соединение	Время удерживания, мин	CAS No.	Площадь пика, у.е., 10^{-3}	Массовая доля, по площадям пиков, %*
300	Воздушная смесь	1,274		176560	21,2
	Хлорметан	1,323	74-87-3	59954	7,2
	Триметиламин	1,360	75-50-3	393379	47,3
	Диметил сульфид	1,599	75-18-3	51406	6,2
	Дисульфид углерода	1,676	75-15-0	42418	5,1
	Диметил дисульфид	4,910	624-92-0	73047	8,8
	Диметил трисульфид	20,296	3658-80-8	18457	2,2
	1-Этинил-4-метилбензол	20,394	622-97-9	7724	0,9
	Пентадеканаль	29,318	2765-11-9	2145	0,2
	Гексадеканаль	30,725	629-80-1	3286	0,4
	Октадеканаль	31,922	638-66-4	2624	0,3
	Гептадеканаль	33,003	376-70-0	2102	0,2
400	Воздушная смесь	1,274		212514	12,8
	Хлорметан	1,323	74-87-3	31899	1,9
	Триметиламин	1,360	75-50-3	446396	26,8
	Диметил сульфид	1,599	75-18-3	64690	3,9
	Дисульфид углерода	1,676	75-15-0	53669	3,2
	Диметил дисульфид	4,910	624-92-0	239369	14,4
	Этилбензол	10,254	100-41-4	94047	5,7
	п-Ксилол	10,941	106-42-3	262270	15,8
	Стирол	15,204	100-42-5	20805	1,3
	1-Этинил-3-метилбензол	18,588	620-14-4	191087	11,5
	Димметил трисульфид	20,314	3658-80-8	7057	0,4
	1-Этинил-4-метилбензол	20,394	622-97-9	21549	1,3
	1,2,4,5-Тетраметилбензол	20,498	95-93-2	17396	1,0

700	Воздушная смесь	1,274		120760	19,9
	Хлорметан	1,323	74-87-3	14820	2,4
	Триметиламин	1,360	75-50-3	50618	8,3
	Диметил сульфид	1,599	75-18-3	6532	1,1
	Дисульфид углерода	1,676	75-15-0	22189	3,7
	Бензол	2,612	71-43-2	97787	16,2
	Толуол	4,928	108-88-3	105515	17,5
	Этилбензол	10,254	100-41-4	22626	3,8
	п-Ксилол	10,941	106-42-3	85138	14,1
	Стирол	15,204	100-42-5	9002	1,5
	1-Этинил-3-метилбензол	18,588	620-14-4	512172	8,5
	1-Этинил-4-метилбензол	20,394	622-97-9	13336	2,2
	1,2,4,5-Тетраметилбензол	20,498	95-93-2	4587	0,8
800	Воздушная смесь	1,274		118143	12,5
	Хлорметан	1,323	74-87-3	29769	8,2
	Триметиламин	1,360	75-50-3	50608	8,0
	Дисульфид углерода	1,676	75-15-0	9294	3,2
	Бензол	2,612	71-43-2	102696	28,2
	Толуол	4,928	108-88-3	48606	13,4
	Этилбензол	10,254	100-41-4	5416	3,6
	п-Ксилол	10,941	106-42-3	26275	12,2
	Стирол	15,204	100-42-5	9002	1,5
	1-Этинил-3-метилбензол	18,588	620-14-4	17283	7,4
	1,2,4,5-Тетраметилбензол	20,498	95-93-2	6346	1,7

Из таблицы видно, что при повышении температуры пиролиза происходит дальнейшая деструкция полистирола и дивинилбензола. Продукты разложения реагируют между собой и с составляющими воздушной смеси, при этом образуются высокотоксичные органические продукты, в связи с чем необходимо вести процесс в окислительной среде воздуха. Выделяющийся при сгорании сульфогрупп ионита серный ангидрид легко уловить в мокром скруббере (с образованием серной кислоты). Образующиеся при сгорании азот, двуокись углерода и пары воды являются естественными составляющими атмосферного воздуха и практически не влияют на экологическую обстановку.

Выводы

Сравнительно мало затратным способом утилизации отработанного ионита является ее глубокая сушка при температуре 150 – 200 °С, которая сопровождается небольшим потреблением энергии и незначительным выделением триметиламина (3 класс опасности), который сравнительно легко улавливается в мокром скруббере. Масса ионита после сушки уменьшается в 2 раза и более, при этом ионит теряет способность к поглощению влаги.

Сжигание ионита в окислительной среде воздуха с обязательным досжигом отходящих газов позволит сократить массу НРО более чем в 15-20 раз.

Список использованных источников

1. Смольников М.И., Марков В.Ф., Маскаева Л.Н., Бобылев А.Е., Мокроусова О.А. «Проблемы утилизации отработанных ионообменных смол атомных электростанций (обзор)» //"Бутлеровские сообщения". – 2017. – № 3. Т 49.

2. Ионообменные смолы и их свойства. – 09.04.2012. – Издательский центр «АКВА·ТЕРМ» – Режим доступа: https://aqua-therm.ru/articles/articles_217.html

3. Малкин А.С., Полистирол физико-химические основы получения и переработки / А.С. Малкин, С.А. Вольфсон, В.Н. Кулевнев, Г.И. Файдель – М. : Химия, 1975 – 146 с.

4. Долежел Б. Коррозия пластических материалов и резин. Перевод с чешского / Б. Долежел. – М. : Химия, 1964. – 248с.

ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКЦИЮ ЖИВОТНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Байгазинов Ж.А.[1,2] , Лукашенко С.Н.[2], Ковач Т.[3], Актаев М.Р.[4], Баубек Н.А.[5]
[1]Институт радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК, Курчатов, Казахстан
[2]ВНИИ радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия,
[3]Институт радиохимии и радиоэкологии, Университет Паннонии, Веспрем, Венгрия
[4]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
[5]ТОО Baiterek Engineering, Астана, Казахстан

Начиная с 2007 г. на базе Института радиационной безопасности и экологии НЯЦ РК проводятся исследования параметров перехода радионуклидов в животноводческую и птицеводческую продукцию. Основное внимание уделено радионуклидам ^{137}Cs и ^{90}Sr, трансурановым радионуклидам ^{241}Am и $^{239+240}$Pu, которые являются основными дозообразующими и наиболее распространенными радионуклидами на Семипалатинском испытательном полигоне.

Эксперименты проводились в летний период в условиях стойлового содержания животных. Отдельным группам животных (КРС, МРС, лошади, свиньи) и птиц скармливали загрязненный корм, почву, спаивали загрязненную воду, в некоторых экспериментах перорально вводили водный раствор с различными радионуклидами. Корм и почву заготавливали с различных испытательных площадок СИП, которые различались характером радионуклидного загрязнения (места проведения наземных ядерных испытаний, места испытаний боевых радиоактивных веществ, зоны радиоактивных водотоков).

Для контроля поступления радионуклидов в организм животных и птиц в течение всего периода проведения эксперимента проводился ежедневный учет количества съеденного корма, почвы и выпитой воды, а также отбор проб растительности, почвы, воды, согласно схемам проведения экспериментов.

Сроки содержания животных и птиц варьировали от 1 до 120 суток. В конце каждого срока, производился забой животных и птиц методом обескровливания. На анализы отбирались: печень, почки, легкие, сердце, селезенка, мышечная ткань, костная ткань, курдюк, шерсть, кожа, язык, мозг. В дальнейшем, отобранные и подготовленные биопробы передавались на спектрометрические измерения.

В результате проведенных работ получены коэффициенты перехода радионуклидов ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am и $^{239+240}$Pu в органы и ткани лошадей, овец, свиней и кур несушек в системе «корм-продукция», «почва-продукция», «вода/раствор-продукция». Изучена динамика перехода радионуклидов в продукцию овцеводства, свиноводства и птицеводства.

Полученные результаты исследований подтверждают уже имеющиеся данные о динамике накопления и характера распределения радионуклидов ^{90}Sr и ^{137}Cs в организме животных и птиц. Показано, что полученные коэффициенты перехода оказались на порядок меньше, чем средние значения коэффициентов перехода, представленные в базе данных МАГАТЭ. В условиях длительного ежедневного поступления $^{239+240}$Pu и ^{241}Am в организм животных с различными компонентами окружающей среды, процесс накопления наблюдается для печени, в других органах и тканях накопления не установлено. Установлено, что биологическая доступность радионуклидов ^{137}Cs, ^{90}Sr, ^{241}Am и $^{239+240}$Pu, поступивших с почвой намного меньше, чем при поступлении с кормом или водой.

TO THE ISSUE OF RESTORATION AND BURIAL OF RADIOACTIVE WASTE ON THE EXAMPLE OF KOSHKAR-ATA TAILING DUMP

Bigaliyev A.B.[1], Kulymbetov A.K.[3], Kozhahmetova A.N.[1], Abzhalelov A.B .[2], Aytkulov K.[2] , Akbaev A.[1], Soloviyeva E.[1]

[1]Al-Faraby Kazakh National University, Republic of Kazakhstan

[2]RSE «Republic microbes collection» of Science Committee of Ministry Education and Science of Republic of Kazakhstan

[3] S. Asphendiyarov Kazakh National Medical University, Republic of Kazakhstan

Abstract. The purpose and objectives of the present study was the evaluation of the radiation activity of gamma radiation tailing Koshkar-ata and the nearby settlements; its impact on the health of the population and introduction of technology of bioremediation of water polluted with oil products, salts of heavy metals, radionuclides and carrying out the rehabilitation works. Reconnaissance surveys showed activity is in the range of 0.05-0.011 mSv/hour. High radioactivity retained on site v. Baskuduk, Akshukur and near HGMS – 1,73 mSv/h. The study area is characterized by a low level of background radiation, the average value of der in the whoa is 0.14 mSv / h. the Absolute maximum-0.66 mSv / h – registered in the point NO: 6. It was established that there was no clear dependence of cytogenetic abnormalities on the age of the examined patients according to the micronucleus test (MN). It was established that there was no clear dependence of cytogenetic abnormalities on the age of the examined patients by the micronucleus test (MI). In turn, an increase in the frequency of cells with cytogenetic disorders (MN) was revealed depending on the location of the settlement from the source of pollution, in particular the Koshkar-ata tailing dump. Thus, the greatest frequency is found in persons living in the area GHS Aktau and towns have Baskuduk, Akshukur that corresponds to the data of radioecological surveys of these territories. An increase in human eco-dependent diseases in accordance with the new classification of who namely cancer and congenital malformations related to diseases with a genetic component was found. Congenital anomalies were revealed, in particular, the number of newly registered diseases - 364.9 (per 100 000 population) and the absolute number – 2073 in Kazakhstan.

Main part. Laboratory assessment of radionuclide composition of samples and biosubstrates of risk group [1]. Taking into account the long-term wind rose characteristic of the area, as well as the results of past studies and the location of settlements, three routes were selected and agreed with the state institution "Management of natural resources and environmental management of the Mangystau region: №1 westward to the sea; №2 in the South-East direction through the industrial zone of Aktau; №3 in an easterly direction through v. Mangyshlak to the railway Beineu – New Uzen. Was selected biological substrates took place farm animals, samples dominant plant species adjacent to the tailings areas from localities where samples were taken of peripheral blood of residents within given routes (№1 in Aktau, №2-zone HGMS, №3-v. Akshukur, v. Mangystau 1-5, v. Baskuduk). Determination of radionuclide content was carried out by spectrometric method using gamma spectrometer "Multirad" [2]. The results of laboratory tests are presented in table.

Table 1 - Define the content of radionuclides in samples of biological substrates took place farm animals and plants

	The name of the sample	Place of selection	Measurement results, Bq / kg			
			Cesium -137 (Cs^{137})	Radium -226(Ra^{226})	Thorium 232 (Th^{232})	Kalium -40 (K^{40})
1	Cow hair	Village Akshukur,	<3,0	<3,0	8,0± 4,03	< 3,0
2	Horse hair	Aktau city, Racetrack	<3,0	9,0± 6,03	9,0± 5,01	<3,0
3	Camel hair	Village Akshukur	<3,0	15,0 ± 7,02	7,0± 4,03	<3,0
4	Horse hair	Aktau city, Racetrack	<3,0	7,0±4,03	14±8,02	<3,0
5	Horse hair	Village Akshukur	<3,0	<3,0	8,0 ±4,03	<3,0
6	Worm wood	Village Mangystau 1 , height 4 m № 43° 40850 at 05118,134	<3,0	22,0 ± 11,01	39,0± 16,01	21,0±9,01
7	Worm wood plant	Aktau city (Chemical plant) height 13,7	<3,0	<3,0	8,0 ±5,03	38,0 ±3,01
8	Worm wood plant	Village Akshukur	<3,0	17±8,02	<3,0	31,0±13,01
9	Worm wood plant	Village Mangystau III	<3,0	<3,0	<3,0	10,0±3,02
10	Worm wood	Village Baskuduk	<3,0	47,0 ± 13,01	26,0 ± 8,01	18,0±6,01

From the data of the table 1 it follows that in the biological substrates of farm animals there is a noticeable accumulation of individual radionuclides. In particular, radium Ra226 and Th232 thorium observed excess ND the horse (in the range of from 7.07±4, 03 to 9.09± 5,01, except for v. Akshukur) and camel (15,0 ± 7,02). The thorium in all sampling points marked excess of element content in the range of from 7.0 to 14.0. The highest level of thorium was recorded in the horse's coat. The excess ND on Cs137и K40 in all studied points is not observed

Laboratory studies of the plants showed a marked accumulation of individual radionuclides: high-level accumulation of Ra226 in paragraphs v. Mangistau-1 (22,0± of 11.01), v. Akshukur (17,0±8,02) and v. Baskuduk (47 ± of 13.01), and the content of Cs137 has not exceeded HG in all studied points. There is a high level of accumulation-Th232 in the plant wormwood, the maximum accumulation at the point of selection Mangystau-1 (39,0± 16,01) and v. Baskudyk (26,0 ± 8,01) and K40 (10,0-38,0).

In the conditions of high content of radionuclides, morphological variability of some plant species is found [3, 4]. Variability to vegetative and generative organs was subjected; there was a violation of pigmentation of the flower. The modified plants contained more uranium than normal plants of the same species and from the same area. The observed phenomena of morphological variability of the studied plants were 10-20% of the number of plants of this species occurring in the same conditions. It is known that the impact of radioactive elements, in particular uranium, on plants occurs not only as a result of external gamma irradiation, but also as a result of the root entry of radioisotopes and their accumulation in the above-ground parts of plants. Long-lived radionuclides St 90 and 137Cs are among the dangerous products of nuclear fission from the point of view of agricultural radioecology, which have a global character of distribution in the environment. The results of the studies showed that the activity of 90Sr and 137Cs in the soils of agrocenoses of the farming zone does not exceed the remote control. It from the literature data is known [5, 6] that the behavior of radionuclides in soil and their metabolism in plants are mainly subject to the same laws that are characteristic of stable elements. The results of chemical analyses for the determination of 90Sr and 137Cs showed that the main part of the radionuclides accumulated in the vegetative parts of plants

Vertical and horizontal migration of radioactive substances under the influence of precipitation is probably associated with sorption (absorption) and strength of their fixation in the soil. The involvement of individual radionuclides in the biological cycle of substances is closely related to the ability of plant roots to absorb from the soil solution and the strength of the adsorption of radionuclides by the soil-absorbing complex. When assessing the migration size of 90Sr in biological and food chains, it is usually considered in comparison with calcium migration. In many cases, the transition of radiostrontium from one link to another there is a relative decrease of its contents; this phenomenon is seen as discrimination against strontium relative to calcium. Usually, the discrimination rates in the soil-plant system are less than one [7].

The behavior of Cesium-137 in the transition from soil to plants is usually associated with the presence of potassium exchange. The reason for this is the fact that plants that contain more potassium usually accumulate more Cesium-137; and the distribution of Cesium-137 on individual organs and its movement within the plant, in turn, is closely related to potassium.

Results of the study "Ecological and genetic assessment of the impact of the Koshkar-ata tailing dump on the health of the population of adjacent territories, 2012-2016"[8]. The reconnaissance assessment of radiation activity by gamma radiation showed that it is within 0.05-0.011 mSv/hour along the perimeter of the Koshkar-ata tailing dump and in nearby settlements. High radioactivity retained on site p. Baskuduk, Akshukur and near HGS – 1,73 mSv/h. The study area is characterized by a low level of background radiation, the average value of der in the whole area is 0.14 mSv / h. the Absolute maximum-0.66 mSv/h – registered in the point NO:6. It was established that there was no clear dependence of cytogenetic abnormalities on the age of the examined patients according to the micronucleus test (MN) [8, 9]. The number of cells with MN varies slightly within the age groups (up to 30 years-0,204-0,211; up to 50 years-0,199 – 0,287; over 60 years-0,189 – 0,201; in children-0,102-0,245). In turn, an increase in the frequency of cells with cytogenetic disorders (MN) was revealed depending on the location of the settlement from the source of pollution, in particular the Koshkar-ata tailing dump. Thus, the greatest frequency is found in persons living in the area GHS Aktau and towns have Baskuduk, Akshukur that corresponds to the data of radiation ecological surveys of these territories. Next, we studied the dependence of morbidity in the surrounding areas, the so-called eco-dependent human diseases in accordance with the new classification of WHO. Among all specialty forms of human diseases, oncological and congenital malformations are diseases with a genetic component. Thus, in 2013-14, there are new cases of all types of cancer registered in outpatient institutions per 100 000 population in the Mangystau region, amounted to 111.3 per 100 000 population and the absolute number - 629. Congenital anomalies were revealed, in particular, the number of newly registered diseases

- 364.9 (per 100 000 population) and the absolute number – 2073 in Kazakhstan; in the studied areas: Aktau - 823.9 and 1510, in Mangistau district - 187.1 and 63; in Munaily district - 140.9 and 158, in Tupkaragan district -109.4 and 25, respectively. In the settlements adjacent to the tailings of Koshkar-ATA, the above mentioned indicators of morbidity were: in the Munaily district in the village of Atameken - 3956.3 per 100 000 population and the absolute number of 4130 (including 2272 in children), in Kyzyltobe - 7339.2 and 9079 (including 3131 in children), in the village of Baskudyk - 16064.4 and 9108 (including 4142 in children), respectively. In Tupkaragan district in the village Akshukur - 7362,8 per 100 000 population and absolute number 3264 (including 1235 in children). Analysis of the General morbidity of the population living in the surrounding area, shows the presence of dependence of indicators of General morbidity from the distance from the source of pollution. Studies to determine the quantitative content of radionuclides in the samples (surface and groundwater, biological substrates took place) of the settlements article, Mangystau – 1, Mangystau – 5, the Baskuduk village, S. Akshukur not exceed the established hygienic standards for limits of 0.2 and 1.0 Bq/kg, respectively. Established that separate soil samples taken from the settlements (p. Akshukur, p. Baskuduk, p. Mangystau) and industrial plant (factory HGMS), showed high content of radionuclides. Thus, the content of radiocesium-137 in all samples below 3 Bq/kg. according to the content of potassium-40 radionuclide was comparatively found in soil samples taken from the villages of Akshukur (414 Bq/kg) and Mangistau (242 Bq/kg), as in previous years [10]. In the biosubstrates of farm animals there is a noticeable accumulation of individual radionuclides. In particular, radium Ra226 and Th232 thorium observed excess ND the horse (in the range of from 7.0 to 9.0, except for p. Akshukur) and camel (15,0). The thorium in all sampling points marked excess of element content in the range of from 7.0 to 14.0. The highest level of thorium was recorded in the horse's coat. The excess ND on Cs137и K40 is not observed in all studied points. In plants there is a high level of accumulation of Ra226 in paragraphs p. Mangistau-1 (22,0± of 11.01), p. Akshukur (17,0±8,02) and p. Baskuduk (47 ± of 13.01), and the content of Cs137 has not exceeded HG in all studied points. Species specificity of accumulation of separate elements is revealed. So, the plant wormwood notes the maximum accumulation of Th232 at the point of selection Mangystau-1 (39,0± 16,01) and p. Baskuduk (26,0 ± 8,01), and the accumulation of K40 (10,0-38,0). The high content of radioactive isotopes in blood samples of the population of adjacent territories are noted on K-40 on all investigated points, and the maximum on point of Aktau (342 ± 20 BK/kg), on Cs-137 excess of the standard dose (ND) is not revealed, insignificant excess are observed on Pb-214, Pb-210, Ac-228, Tl-208. When studying the structure of morbidity of the population, a significant dependence on the state of environmental pollution was established (ecologic diseases were identified: circulatory systems, respiratory cancer, which develop under the influence of emissions of industrial waste into the atmosphere, as well as radioactive contamination.). There is a dependence of eco-diseases (environmentally dependent human diseases) on the quality and quantity of influencing factors of technology genic origin, as evidenced by the data of foreign and domestic researchers. It was found that the highest infant mortality rate was recorded in 2011 in the Mangystau region (21.1%), and the lowest in the Tupkaragan region (12.3%). In 2012-in Beineu district (19.0%) and Mangistau district (11.2%). In 2013, the Beineu district remained on the 1st place (18.3%) after the infant death, the Tupkaragan district was on the second place (4.8%). In 2014 1 place out of Mangystau district (12,3%), in 2nd place, Tupkaragan district (11.3%) and in last place in the Karakiyan district (7.9%). In 2015, the Mangystau district (14.6%) again took the 1st place; the city of Aktau (5.2%) took the last place. Chromosomal analysis showed that the frequency of cells with chromosome aberrations averages 2.4%, and the frequency of aberrations per cell is 0.0246. Identified as structural (93,6%) and numerical aberrations (6,4%) of chromosomes. Among cells with violations of the structure of chromosomes dominated by chromosome aberration type (67,04%) of the chromatid (32,95%), which is characteristic of radiation exposure. The results of molecular genetic studies (DNA analysis) show that due to the ambiguous environmental situation in the region, carriers of minor (mutant) genotypes may be more susceptible to adverse environmental factors and the development of genetic (hereditary) diseases.

Thus, the results of the research serve as a scientific justification for the need for environmental and genetic screening of health of the population of Aktau and primarily children.

The development of environmental measures to reduce the technological impact of "Koshkar-ata" require science-based, comprehensive measures, including legal, technological and financial issues" [11] and rehabilitation of public health on the basis. There is a need to restoration of the Koshkar-ata tailing dump area as a source of pollution and early diagnosis of the genome stability of natural populations and humans. In particular, knowledge the mechanisms of influence of mutagenicity of environmental factors and fundamental bases of preservation of gene pools of natural populations and sustainable development of ecosystems is one of the priority tasks facing scientists and experts.

The development of technology of biological treatment of water contaminated with petroleum products, salts of heavy metals and radionuclides, which includes: a) research on the allocation, identification study of pathogenicity, biological efficiency of isolated strains of microbs and microalgae from the lake tailings Koshkar-ata; b) laboratory model experiments, experimental field basin and production tests of drugs for bio-purification of water from pollutants; d) research on the development of application technology of domestic biopreparations for bioremediation of tailing Koshkar-ata. Results of biological re-cultivation of the water environment of the Koshkar-ata tailing dump and rehabilitation of public health on the basis of the results of previous studies, including analytical work related to the determination of biological, chemical, and physics-chemical properties of water before during and after biological re-cultivation. The survey started with a reconnaissance survey of the route of the reservoir. In the first year the ecological survey of the polluted sites of a reservoir, sampling of ground and underground waters, samples of plants and animals is made. For the second year in the conditions of field experience, the tests of the used strains of microbes and biological stimulators of growth and development of plants were carried out. Experimental field tests of consortia of oil-oxidizing microorganisms developed by the Institute for bio-purification of water environment contaminated with oil, heavy metals and radionuclides were carried out.

Were determined by the researchers of the Institute the dosage of biological products and the method of application. Mineral additives in the form of ammonium nitrate, urea and manure were added to the test plots. Mineral fertilizers were dissolved in fresh water and applied with watering can. The dosage was 30 g per 10 liters of water. Also in the experimental plots, in accordance with the test plan, made organic additives in the form of manure with a dosage of 1 kg per 1 m2. All plots were supplied with tablets indicating the name of the variants of the experiment and repetition. Developed strains of microorganisms were introduced in the form of paste. In a plastic bowl poured 6 liters of water, added the test consortium of strains, stirred with an electric stirrer, added another 4 liters of water, stirred and watered with garden watering cans experienced plots. Immediately after the application of the biological product, the plots were additionally watered with 15 liters of water for better penetration of strains into the soil, while the soil was loosened with a rake.

In the experimental pools strains of microorganisms were introduced in the form of paste and dried lyophilic powder. In a plastic bowl poured 6 liters of water, added the test consortium of strains, stirred with an electric stirrer, added another 4 liters of water, mixed with garden watering cans and watered the experimental pools. Part of these preparations was made with the crushed cane. For this purpose, the biological product was stirred intensively in 1 liter of water using a stirrer in a plastic bowl, then 1.5 kg of reed section was added to the suspension, mixed for 20 minutes. The resulting mixture was introduced to the surface of the pool. At the same time, a brief bubbling with compressed air through plastic tubes was carried out.

Two consortiums of oil-oxidizing microorganisms were used in the experiments:

1. Pseudomonas xanthomarina 17K, Rhodococcus erythropolis 28K, Dietzia maris 84T,
2. Acinetobacter sp. 15PCS, Rhodococcus sp. 22PCS, Yarrowia lipolytica 11d)

For comparison, the "Bakoil-KZ" biological product was used in the experiment».

Employees of Taza Orta LLP constantly monitored the water level in the basins of the ecopoligon, as evaporation was carried out topping up the water to the required level. Periodically, every 5-7 days, conducted watering with fresh water plots with test biologics.

Together with the scientific workers of the Institute were sampled periodically (1 time per month) soil samples (27 samples) and water (11 samples) from the ekopoligon for physico-chemical analysis on the content of the residual oil.

Soil sampling from the test plots was carry out by the envelope method, that is, from 5 points of the plot. From each point, about 0.5 kg of soil was taken, then on a piece of geomembrane 0.7 m x 0.7 m in size, it was thoroughly mixed and a total sample of about 1.0 kg was taken. The excess part of the soil sample was poured back onto the plot. Each selected soil sample was divided into 2 parts of 0.5 kg. One part was transferred to RSE on PCV "Institute of Microbiology and Virology" KN MES RK, and the other part was transferred to the accredited laboratory of the city of Atyrau – LLP "Analytical laboratory for environmental protection".

Water samples were also taken from the test pools. According to the method recommended by the experts of the Institute, samples were taken from different depths in a separate vessel 0.5 L. the samples were collected from depths of 20 cm and 80 cm, One part water samples were also transferred to the Institute, the other – in LLP "Analytical laboratory on environment protection", Atyrau.

The third year - production biological remediation of the polluted sites of a reservoir. Thus, based on physical

and chemical studies of samples and samples for oil and other pollutants of the reservoir, the analysis and generalization of the data.

Overall, the obtained results give the possibility of recovery of anthropogenic disturbed areas and conservation of biodiversity for sustainable development of ecosystems.

Reference

1. Shametov A.K., Kozhakhmetova A.N., Bigaliev A.B. Reconnaissance and radioecological observation of the wasters reservoir of environment subjects of Koshkar-ata areas. Fundamental research. NO: 12, 2014, p.1938-1944 (in Russion)

2. Ecological and genetic assessment of the impact of the Koshkar-ata tailing dump on the health of the population of adjacent territories. Research Institute of Ecological problems of KazNU named after Al Faraby, annual report 2014 y-r. P.61(in Russion)

3. Sobakin P.I., Molchanova I.V. Podvizhnost' estestvennyh radionuklidov i ih postuplenie v rastenija v uslovijah tehnogennogo landshafta // J.ekologija. 1996. no. 1. pp. 30–32. (in Russion)

4. Prister B.S.; Bizold G.; Devil-Kovelin Zh. Sposob kompleksnoj ocenki svojstv pochvy dlja

prognozirovaniya nakopleniya radionuklidjv rasteniyavy//Radiazionnaya biologiya. Radioecologiya. – 2003.- T.43- №:6- S. 688-696. (in Russion)

5. Криушин Н.В.Migraziya radionuclidov b tyazhelyh metallov v systeme "pochva-rastenie" 2002. – P.45. (in Russion)

6. Kuterbekov K.A., Glushenko V.N.., Poleshko A.N. and other. Metody y resultaty issledovaniya osnovnih negativnyh faktorov hvostohranilusha Koshkar-ata, vliyayushie na okruzhayushuyu sredu. Otchet NIR TOO "Ecoservis". 2005 (in Russion)

7. Носкова Л.М., Шуктомова И.И., Рачкова Н.Г. Migraziya estestvennyh radionuclidov b tyazhelyh metallov v systeme "pochva-rastenie" na terrytorii radievogo promysla. – Syktivkar, 2006.- pp.25-26. (in Russion)

8. Mezhdunarodnye osnovy normy bezopasnosti dlja zashhity ot ionizirujushhih izluchenij i bezopasnogo obrashhenijas istochnikami izluchenii. Vena: MAGATJe, 1997. (in Russion)

9. «Ecological and genetic assessment of the impact of the Koshkar-ata tailing dump on the health of the population of adjacent territories", annual scientific report. 2016. P.119 (in Russion)

10.Kadyrzhanov K.K., Lucashenko S.N., Gluschenko V.N.,Kijatkina N.G., Morenko V.S., Silachyov I.Y., Poleshko A.N.,Sadykov N.R., Zirojan V. Over all investigation of the influence on enviroment from Koshkar-Ata tailing pond and rehabilitation measure // ISTC Science Workshops at the InternationalConference on contamination Soil, ConSoil 2005, Bordeaux Convention Centre France. pp. 55–59.

11. Luckey T.D. Nature with ionizing radiation: a provocative hypothisis //Nutririon and cancer. - 1999. - Vol. 34. - pp. 1-11.

СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМОВ

Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кукушкин С.А., Султанов А.Т., Кейінбай С., Бугыбай З.К., Кусайнова А.Ж.

Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

Аннотация. В работе на поверхности кремниевой пластины Si(100) методом замещения атомов синтезированы монокристаллические пленки карбида кремния. Синтез пленок осуществлен при температурах 1200°C и 1300 °C в течение 20 минут в потоке газа CO при давлении 0.8 Па. Анализируется влияние температур 1200–1300°C на формирование моно- и поликристаллического слоев, а также наноструктурированных фаз SiC в приповерхностной области кремния методом замещения атомов. Показано формирование высококачественной кристаллической пленки карбида кремния и влияние условий синтеза на общий объем структурных фаз SiC, микроструктуру и наноструктуру поверхности.

Актуальность темы

Технологии интегральных схем, использующих кремниевые устройства, как правило, не могут работать при температурах выше 250°C. Для этих условий хорошо подходящим является карбид кремния, имеющий потенциал для использования в высокотемпературных средах, а также в мощных, высокочастотных и радиационно-стойких приложениях [1], включая ядерные реакторы и космическую электронику. Карбид кремния был впервые предложен в качестве материала для термоядерного реактора с низкой активацией в середине 1970-х годов. Однако серьезное развитие этого материала началось только в начале 1990-х годов, что было вызвано появлением композитных материалов, которые обеспечивали повышенную ударную вязкость и предполагали возможность использования этих обычно хрупких материалов в инженерных приложениях [2]. Высококачественные широкозонные полупроводниковые пленки карбида кремния (SiC), нитрида алюминия (AlN), нитрида галлия (GaN), нитрида бора (BN), оксида цинка (ZnO) и алмаза в настоящее время разрабатываются для использования в различных приложениях [1,3,4].

Однако для выращивания монокристаллических слоев необходимы подложки, параметры решеток которых отличались бы менее, чем на 4%. Параметры решеток подложки Si и этих слоев отличаются более чем на 19%, что делает затруднительным выращивание эпитаксиальных слоев [5-7]. Например, в случае карбида кремния отличие параметров решетки Si и SiC составляет 19% и при осаждении пленок карбида кремния методом магнетронного распыления удается получить преимущественно аморфные пленки карбида кремния [8,9]. Методом ионной имплантации удается получить аморфные пленки SiC с последующей их кристаллизацией в процессе отжига. Но даже отжиг при температурах 900-1300°C позволяет получить только поликристаллическую структуру слоя, если имплантация была проведена при комнатной температуре [10-12].

Однако в последние годы были достигнуты успехи по синтезу тонких эпитаксиальных пленок SiC на Si методом замещения атомов кремния атомами углерода [5,6] в соответствии с механизмом реакции $2Si_{solid} + CO_v = SiC_{solid} + SiO_v$. При этом имеет место абсорбция атомов углерода и десорбция атомов кремния. В процессе внедрения атомов углерода в кремний образуется ансамбль дилатационных диполей – атома углерода в межузельной позиции и кремниевой вакансии: ($C–V_{Si}$). При смещении атомов углерода из межузельных позиций в положения, занимаемые вакансиями, образуется карбид кремния. Структура формируемого слоя карбида кремния может быть близкой к монокристаллу, а также содержать различные структурные модификации SiC. При этом на поверхности кремния и в переходном слое пленка-подложка образуются поры, на стенках которых могут формироваться нанокристаллы карбида кремния [3,5,6,13,14].

В данной работе различными экспериментальными методами исследуется структура нанослоев SiC, синтезированных методом замещения атомов на поверхности монокристаллического кремния ориентации (100).

Экспериментальная часть

В данной работе методами ИК-спектроскопии, сканирующей электронной микроскопии и атомносиловой микроскопии исследуется структура нанослоев SiC, синтезированных методом замещения атомов на поверхности пластин c-Si ориентации (100) размерами 7x7x0,3 мм и удельным сопротивлением 4−5 Ом·см [11,12]. Синтез пленок SiC проводился в специальной электропечи при температуре 1200-1300°C в течение 20 минут в потоке газа CO при давлении 0.8 Па.

Для анализа состава и структуры пленок карбида кремния были сняты ИК-спектры поглощения с использованием ИК-спектрометра Nicolet iS-50 (ThermoScientific, USA). Программное обеспечение к спектрометру позволяет осуществлять разложение инфракрасных спектров на компоненты и определять

положение, амплитуду и площадь максимумов. Основные технические характеристики Nicolet iS50: отношение сигнал/шум - 55000, пределы погрешности шкалы волновых чисел - ± 0,01 см-1; разрешение - 0,09 см-1; светоделитель: XT-KBr (11000–375 см-1).

Для исследования поверхности образцов использовался сканирующий зондовый микроскоп СЗМ INTEGRA Therma с беспрецедентно низким уровнем температурных дрейфов (менее 10 нм/оС). Микроскоп позволяет выполнять точные манипуляции и длительные измерения одиночных нанообъектов размерами менее 100 нм в сверхмалых полях. Микроскоп обеспечивает исключительно высокую стабильность измерений в изменяющихся температурных условиях.

Исследование топографии поверхности слоев было проведено с помощью атомно-силового микроскопа JSPM5200 (Jeol, Japan) с использованием полуконтактного (AFM AC) метода. Исследование поверхности образца были выполнены при комнатной температуре на воздухе. Высокое вертикальное разрешение микроскопа составляет 0,01 нм, разрешение по плоскости – 0,14 нм, которые позволяют легко наблюдать очень мелкие структуры и превосходят другие микроскопы.

Результаты и обсуждение

Для анализа структурного качества пленок ИК-спектры поглощения пленок были разложены на составляющие. Было определено положение максимумов компонент в спектре и вычислена их площадь. Эти данные могут быть использованы для оценки степени кристалличности и фазового состава пленок. Полученные данные для пленки, синтезированной при температуре 1200°С, давлении 0,8 Па в течение 20 мин приведены на рисунке 1.

Интенсивный прямоугольный ИК-максимум в интервале 792–814 см-1 (рисунок 1) свидетельствует о формировании кристаллической фазы карбида кремния высокой степени совершенства структуры (около 64% объема фазы SiC). Установлено, что аморфная фаза, близкая к дефектной кристаллической (786–792 см-1) [11-14] составляет около 5% от общего объема фазы (рисунок 1) , а также присутствуют зародыши нанокристаллов и дилатационные диполи (31% Si-C-связей в области 853–950 см-1) [13,14]. Суммарная площадь SiC-пиков ИК-спектра составила 266 о.е.

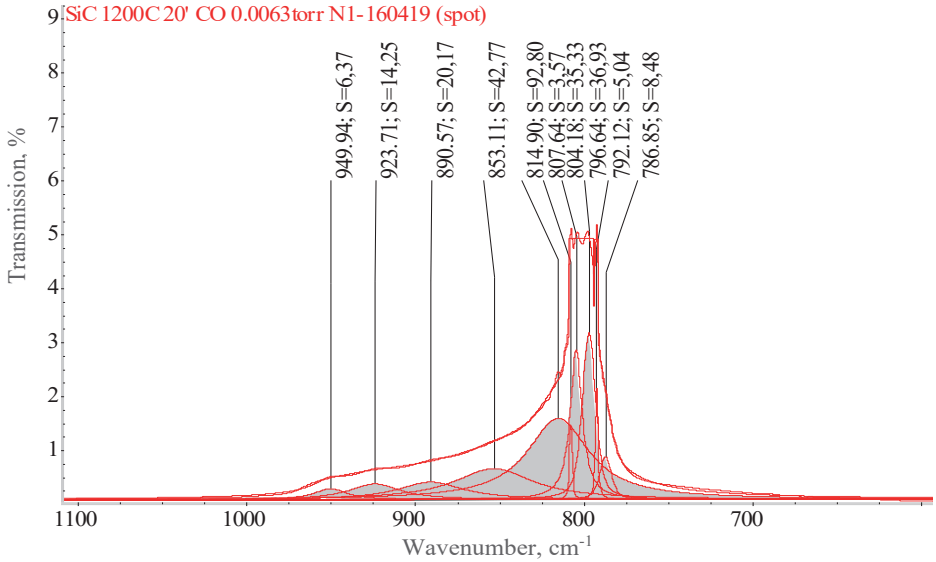


Рисунок 1 – Математическое разложение ИК-спектра пленки SiC, синтезированной в атмосфере газа CO (1200°С, 0,8 Па, 20 мин) методом замещения атомов

Обнаружено, что увеличение температуры от 1200 до 1300°С привело к более интенсивному формированию карбида кремния и росту количества Si-C-связей в 1,9 раза (с 266 до 499 о.е.). Эти данные не противоречат утверждениям в обзоре [7] об увеличении толщины слоев карбида кремния при увеличении температуры синтеза. Выросли все составляющие, в особенности аморфная фаза (< 795 см$^{-1}$, рисунок 2) [11-14]. Увеличение доли аморфной составляющей SiC свидетельствует о более интенсивной абсорбции углерода и формировании аморфных структур в переходном слое «пленка-подложка». Этой температуры оказалось недостаточно для кристаллизации этих структур. Доля кристаллической фазы с высокой степенью совершенства сравнительно уменьшилась с 64 до 58%.

Как указано в [17], теоретические величины пиков инфракрасного поглощения для кубической, гексагональной и ромбической модификаций составляют 795,9 см$^{-1}$ для β-SiC (3C-SiC), 799,5 см$^{-1}$ для 2H-SiC, 797,6 см$^{-1}$ для 4H-SiC, 797,0 см$^{-1}$ для 6H-SiC, 797,5 см$^{-1}$ для 15R-SiC. Так как полученные в эксперименте величины могут иметь незначительные отличия, то можно предполагать наличие в образце монокристаллической фазы кубического политипа 3C-SiC (максимум при 794,7 см$^{-1}$).

При этом существенно выросло количество острых максимумов в спектре вплоть до 864 см$^{-1}$. Это может указывать на интенсивное формирование нанокристаллов различного размера [12, 15].

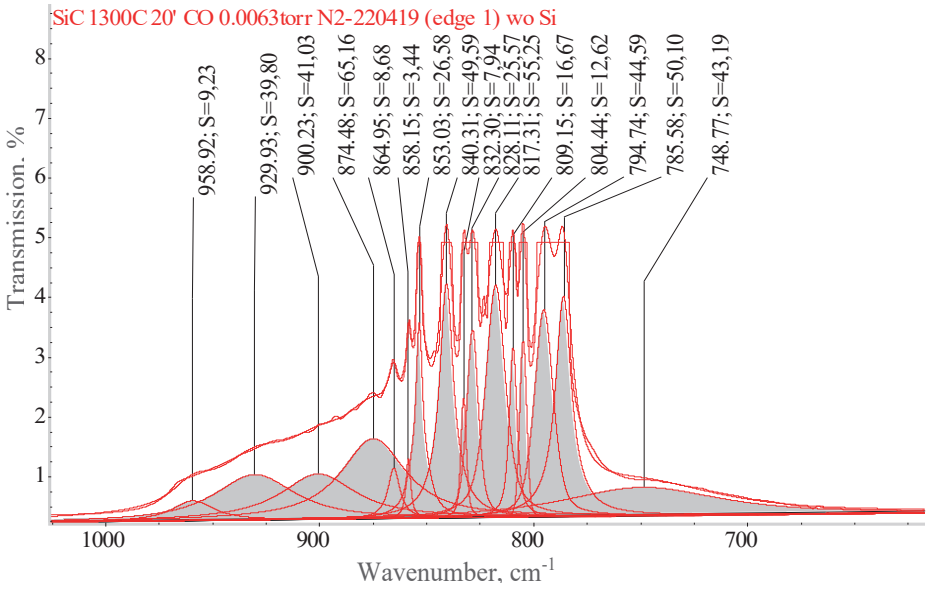


Рисунок 2 – Математическое разложение ИК-спектра пленки SiC, синтезированной в атмосфере газа CO (1300°C, 0,8 Па, 20 мин) методом замещения атомов

Исследования на сканирующем зондовом микроскопе СЗМ INTEGRA Therma показали, что при длительности синтеза 20 минут, температуре 1300°C и давлении 0,8 Па формируется микрокристаллическая структура поверхности (рисунок 3) с размерами зерен 3-20 мкм.

Studies on a scanning probe microscope SPM INTEGRA Therma showed that with a synthesis duration of 20 minutes, a temperature of 1300°C and a pressure of 0.8 Pa, a microcrystalline surface structure is formed (Figure 3) with grain sizes of 3-20 μm.

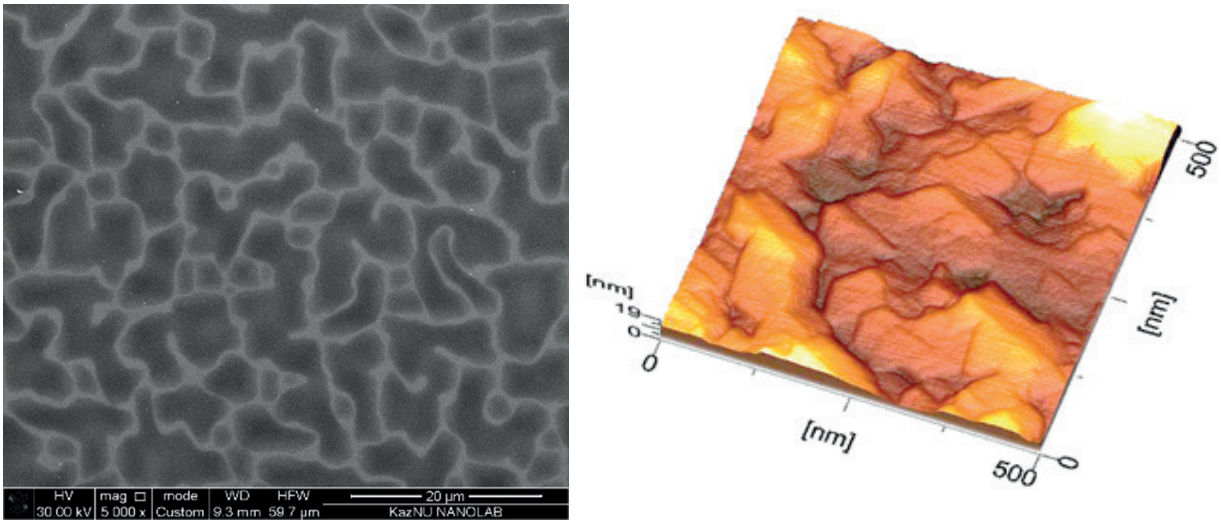


Рисунок 3 – Сканирующая электронная микроскопия (1300°C, 0,8 Па, 20 мин) и атомно-силовая микроскопия (1250°C, 264 Па, 15 мин) поверхности пленки SiC, синтезированной в атмосфере газа CO методом замещения атомов

Исследования на атомно-силовом микроскопе JSPM5200 (Jeol, Japan) показали формирование нанокристаллов на поверхности пленки карбида кремния при увеличении давления в камере до 264 Па (рисунок 3b). Неровная микроструктура поверхности указывает на возможность интенсивных процессов перемешивания на поверхности в процессе синтеза кристаллического карбида кремния.

Выводы

Методом замещения атомов в специальной электропечи при температурах 1200°C и 1300°C в течение 20 минут в потоке газа CO при давлении 0.8 Па в приповерхностной области пластины Si(100) синтезирована монокристаллическая пленка карбида кремния, содержащая кристаллические и микрокристаллические фазы β-SiC.

Обнаружено, что увеличение температуры с 1200°C до 1300°C привело к более интенсивному формированию карбида кремния и росту количества Si-C-связей в 1,9 раза. Показано, что около 80% Si-C-связей содержатся в составе кристаллической фазы карбида кремния, включая монокристаллический слой (11,4%), нанокристаллы (29,9%) и их зародыши (39%).

Список использованных источников

1. J.B. Casady. Processing of Silicon Carbide for Devices and Circuits / In book: Wide Bandgap Semiconductors: Growth, Processing and Applications. William Andrew, NY, 2000. P. 178-249. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780815514398500079
2. L.L. Snead, T. Nozawa, M. Ferraris, Y. Katoh, R. Shinavski, M. Sawan. Silicon carbide composites as fusion power reactor structural materials. // Journal of Nuclear Materials. - 417 (1–3). - 2011. - P. 330-339. https://doi.org/10.1016/j.jnucmat.2011.03.005
3. S.A. Kukushkin and A.V. Osipov. A new method for the synthesis of epitaxial layers of silicon carbide on silicon owing to formation of dilatation dipoles. // Journal of Applied Physics. - 2013. – 113. - P. 024909 (1-7). https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4773343
4. K.C. Kim, C.II. Park, J.II.Roh, K.S. Nahm, Y.H. Seo. Formation mechanism of interfacial voids in the growth of SiC films on Si substrates // J. Vac. Sci. Technol. A. – 2001. – 19 (5) . – P.2636–2641.
5. S.A. Kukushkin, A.V. Osipov, and N. A. Feoktistov. Synthesis of Epitaxial Silicon Carbide Films through the Substitution of Atoms in the Silicon Crystal Lattice: A Review // Physics of the Solid State. – 2014. – Vol. 56 (8). – P.1507–1535.
6. S.A. Kukushkin, A.V. Osipov. New method for growing silicon carbide on silicon by solid-phase epitaxy: Model and experiment // Physics of the Solid State. – 2008. – Vol. 50 (7) - P. 1238-1245.
7. S.A. Kukushkin, A.V. Osipov. Epitaxial Silicon Carbide on Silicon. Method of Coordinated Substitution of Atoms (A Review). // Russian Journal of General Chemistry. – 2022. - Vol. 92. - P. 584–610.
8. Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Keiinbay S., Sultanov A.T. Silicon carbide synthesized by RF magnetron sputtering in the composition of a double layer antireflection coating SiC/MgF_2. Optical Materials. 2022. 112370. P. 1-10. doi.org/10.1016/j.optmat.2022.112370 .
9. K.Kh. Nussupov, N.B. Beisenkhanov, D.I. Bakranova, S. Keinbai, A.A. Turakhun, A.A. Sultan. Low-temperature synthesis of α-SiC nanocrystals. Physics of the Solid State. Vol. 61, iss. 12. - 2019. - P.2473-2479. https://link.springer.com/article/10.1134/S1063783419120333
10. Borders J.A., Picraux S.T., Beezhold W. Formation of SiC in silicon by ion implantation. Appl. Phys. Lett. 1971. V. 18. 11. P. 509–511.
11. Nussupov K.Kh., Beisenkhanov N.B., Zharikov S.K., Beisembetov I.K., Kenzhaliev B.K., Akhmetov T.K., Seitov B.Zh. Structure and Composition of Silicon Carbide Films Synthesized by Ion Implantation. // Phys. Solid State. – 56(11). – 2014. – P. 2307–2321.
12. Nussupov K.Kh.,Beisenkhanov N.B. The Formation of Silicon Carbide in the SiCx Layers (x = 0.03–1.4) Formed by Multiple Implantation of C Ions in Si. In book: Silicon carbide – Materials, Processing and Applications in Electronic Devices. – 2011. – Ed. Moumita Mukherjee. – InTech. − Chapter 4. – P. 69 − 114.
13. Kukushkin S.A., Nussupov K.Kh., Osipov A.V., Beisenkhanov N.B., Bakranova D.I. Structural properties and parameters of epitaxial silicon carbide films, grown by atomic substitution on the high-resistance (111) oriented silicon. // Superlattices and Microstructures. – 111. – 2017. – P. 899-911.
14. S.A. Kukushkin, K.Kh. Nusupov, A.V. Osipov, N.B. Beisenkhanov and D.I. Bakranova. X-Ray Reflectometry and Simulation of the Parameters of SiC Epitaxial Films on Si(111), Grown by the Atomic Substitution Method. Physics of the Solid State. – 2017. - Vol. 59, No. 5. - P. 1014–1026. https://link.springer.com/article/10.1134/S1063783417050195
15. H. Mutschke, A.C. Andersen, D. Clément, H.T. Peiter. Infrared properties of SiC particles // Astron. Astrophys. – 1999. – V. 345. –P. 187–202.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ

Федорчук Ю.М.[1], Дуйсебаев Б.О.[2], Саденова М.А.[3], Рыбин А.С.[1], Нарыжный Д.В.[1] Данекер В.А.[1], Радивилов В.Р[4].

[1]Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия
[2]ТОО «Универсальное конструкторское технологическое бюро Казахстана», г. Алматы, Казахстан
[3]Восточно-Казахстанский государственный технический университет, г. Усть-Каменогорск, Казахстан
[4]Томская средняя школа №6, г. Томск, Россия

В атомной промышленности существует такая химическая технология, как производство фтора. В г. Усть-Каменогорске реакционно способный фтор получают в виде плавиковой кислоты (водный раствор фтороводорода) по реакции 1

$$CaF_2 + H_2SO_4 = CaSO_4 + 2HF \qquad (1);$$

По этой же реакции образуется побочный продукт – безводный сульфат кальция, который в научно-технической литературе именуют фторангидритом.

Многочисленные исследователи России, Казахстана, Японии и исследователи других государств доказали: фторангидрит обладает вяжущими свойствами – востребованным качеством при производстве строительных материалов.

В России систематизировали направления использования фторангидрита. Эти направления показаны на рисунке 1.

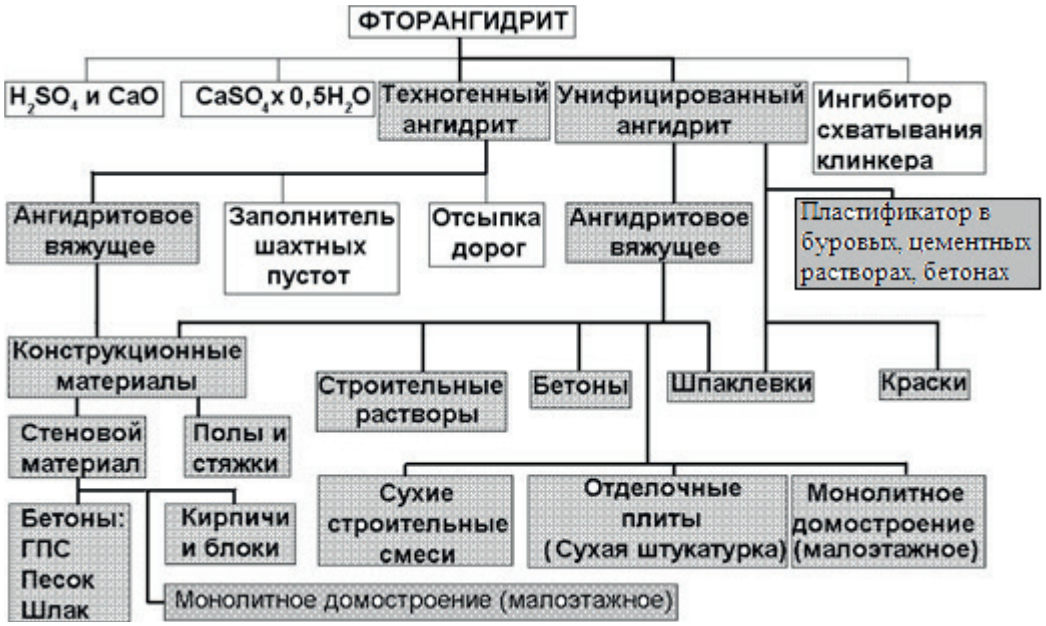


Рисунок 1 – Направления использования фторангидрита

1. Цель и задачи работы

Одним из технологических требований к промышленному сырью является неизменность его состава и свойств.

С момента введения в эксплуатацию производства плавиковой кислоты на УМЗ и до настоящего времени в данном производстве образуются твердые кислые, газящие фтороводородом на воздухе, сульфаткальциевые отходы, называемые в технической литературе фторангидритом. Такие отходы вызывают загрязнение окружающей среды. Согласно природоохранному законодательству Казахстана предприятия, загрязняющие окружающую среду (ОС), обязаны компенсировать ущерб от загрязнения. С целью предотвращения загрязнения ОС руководство УМЗ решило разработать отделение нейтрализации фторангидрита. В результате создания отделения нейтрализации фторангидрита – нейтрализатором служит

природный известняк, выделение фтороводорода на воздухе удалось почти сократить, но полностью нейтрализовать кислую составляющую фторангидрита не получилось. Даже через 3 суток значение pH водной вытяжки отвала находится в интервале (4,0–6,8). Этот материал по-прежнему относят к разряду отходов производства, потому что химический состав нестабилен.

Поэтому целью усовершенствования узла нейтрализации фторангидрита, конечным продуктом (сырьем) которого будет являться техногенный ангидрит (ТА) или техногенное ангидритовое вяжущее (ТАВ), подразумевается обеспечение существующего узла нейтрализации ФА эффективным оборудованием и химическими реагентами, стабильные свойства которого будут зафиксированы в соответствующих технических условиях (ТУ). В этом случае ТА найдет применение в различных строительных материалах и изделиях, начиная от добавок-ингибиторов в портладцемент и до отделочных листов ПАНО (панели ангидритовые отделочные) – альтернатива листам ГВЛ фирмы «knauf», автодорожных плит и др. (рисунок 1).

В конце прошлого века в г. Кирово-Чепецке на территории Кирово-Чепецкого химического комбината силами работников фтороводородного производства этого комбината из нейтрализованного фторангидрита были получены кирпичи и с их помощью построено одноэтажное служебное помещение, в котором располагались технологи фтороводородного цеха.

В это же время в г. Ачинске от города до Ачинского глиноземного комбината (АГК) были проложены трамвайные пути, основанием у которых являлся фторангидрит завода фтористого алюминия АГК, прочность сжатию указанного материала составляла (31,5–35,0) МПа.

Чуть позже на территории Пермского предприятия «Галоген» (сейчас это АО «Галополимер») из производимого на этом предприятии нейтрализованного техногенного ангидрита была проложена технологическая автомобильная дорога; прочность сжатию этого дорожного полотна показала результат (22,0–24,0) МПа.

В Японии в 1976 году было использовано в строительной промышленности 4,5 млн тонн ангидритовых панелей при строительстве жилых зданий.

В 1989-1992 гг. в г. Северске Томской области на основе фторангидрита АО «СХК» при участии сотрудников ТПИ (сейчас это Национальный исследовательский Томский политехнический университет) были созданы производства техногенного ангидритового вяжущего, ангидрито-шлаковых строительных блоков, ангидритовых строительных растворов (штукатурных, стеновых, монтажных, для дорожного покрытия и др.(рисунки 2–8)).

Рисунок 2 – Ангидритовые шлакоблоки (1990 г. выпуска)

Рисунок 3 – Двухэтажное помещение из ангидрито-шлаковых блоков (1990 г.)

Рисунок 4 – Каркасно-монолитное ангидрито-шлаковое модульное помещение (2013 г.)

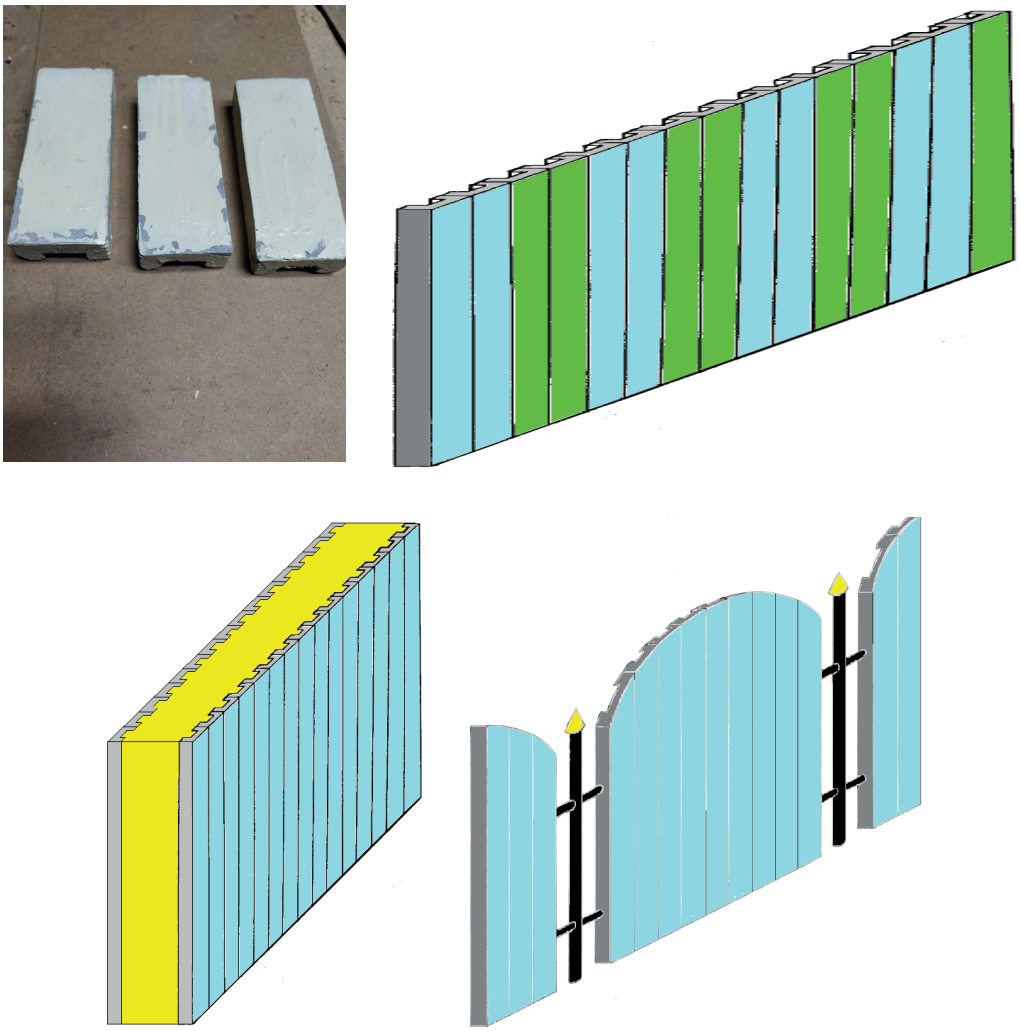


Рисунок 5 – Минеральный ангидрито-шлаковый швеллер (межкомнатные, межквартирные перегородки, забор для индивидуальных участков) (2015 г.)

Согласно поставленной цели по усовершенствованию технологии обезвреживания и утилизации твердых отходов плавиковой кислоты требуется решить следующие задачи:

а) разработать непрерывный экспресс-контроль кислотности отвала на выходе из печи разложения плавикового шпата;

Сотрудниками технологической лаборатории отделения общетехнических дисциплин Школы базовой инженерной подготовки Национального исследовательского Томского политехнического университета получены весьма перспективные результаты для сухого способа контроля кислотности фторангидрита, позволяющего через 1–2 минуты с момента выхода твердого отвала с фтороводородной печи внести коррективы в дозировку нейтрализующего агента (в данном случае это известняк) с целью получения максимально возможного качества вяжущих свойств в последующих процессах получения строительных материалов.

б) разработать методику анализа водорастворимого сульфата кальция в отвале;

До настоящего времени прямого способа определения водорастворимого сульфата кальция безводного, благодаря которому техногенный фторангидрит обладает вяжущими способностями, пока не установлено. Но опытные данные исследователей разных стран показывают прямую корреляцию вяжущих свойств (прочность получаемых ангидритовых образцов) с количеством нейтрализуемой избыточной серной кислоты во фторангидрите.

в) разработать футеровку трубопроводов и барабанной вращающейся печи для того, чтобы не допустить контакта серной кислоты с углеродистой сталью (исключить образование сульфатов железа и свинца в отвале выше 1% масс.);

г) проводить нейтрализацию фторангидрита оксидом кальция с активностью по кальцию не ниже 80% масс. и избытком относительно серной кислоты в отвале не выше 3,0% масс.;

д) в существующем производстве нейтрализации ФА транспортировку отвала от печей до отделения нейтрализации необходимо осуществлять в герметичных транспортных контейнерах для исключения контакта фторангидрита с влагой воздуха и с соблюдением температуры отвала до момента процесса нейтрализации не ниже 100 ℃ (в зимний период – футерованных с внешней стороны теплоизолятором);

е) в существующей технологической схеме нейтрализации фторангидрита оборудовать шаровую мельницу газовыми горелками для поддержания температуры фторангидрита в интервале температур (101–260)℃;

ж) в существующем производстве нейтрализации ФА заменить дезинтегратор типа «Горизонт» на дисмембратор ДИ-ПТ-1500 (патент РФ №2694313 от 11.08.2019 г) для осуществления надежной сухой нейтрализации в твердофазном состоянии реагентов и механоактивации ФА;

з) техногенный ангидрит необходимо хранить в герметичных силосах для исключения контакта ФА с влагой воздуха.

Выводы.

1. В результате модернизации (усовершенствования) технологии получения фтороводорода (плавиковой кислоты) и решения вышеперечисленных задач АО «УМЗ» перестанет ежегодно загрязнять окружающую среду (пойму реки Иртыш) кислыми сульфаткальциевыми отходами ориентировочно более 20 000 тонн/год.

2. За счет модернизации фтороводородного производства АО «УМЗ» и создания совместного предприятия (можно коллаборацию) по производству ангидритовой строительной продукции, например, импортозамещающих листов ГВЛ фирмы «Knauf», экономический эффект составит не менее 100 000 000 руб./год (более 800 миллионов тенге/год).

THE TRANSFER OF ^{137}CS AND HEAVY METALS TO THE TISSUES OF SNAILS' ORGANS

[1,2]Baigazinov Zh.A., [3]Lukashenko S.N., [2]Silybayeva B.M., [2]Bukabaeva Zh.T., [3]Kovacs T. [4]Aktayev M.R., [5]Baubek N.A.

[1]University of Pannonia, Veszprem, Hungay
[2]Alikhan Bokeikhan University, Semey, Kazakhstan
[3]Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia
[4]Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Astana, Kazakhstan
[5]LLP Baiterek Engineering, Astana, Kazakhstan

Three main tasks were investigated in the experiment with using gastropods (*Lissachatina fulica)*: distribution and dynamics of the accumulation of radionuclides into the organs of snails; determining the concentration ratio (C_R) value; stading the influence of the age / weigh of the snail on the variability of the transfer parameters (C_R).

It is found that with prolonged intake of ^{137}Cs into the body, its concentration in the body of snails increases during the first 40 days of the experiment, after which there is a significant slowdown in the growth of the radionuclide's activity. Also, it was found that food is the main source of the contamination in the body of snails compering with a soil (tab.1); therefore, it is necessary to reconsider the issue of assessing the content of radionuclides in the body of wild animals, in particular gastropods.

The biological availability of the Pb and U when they have taken with forage is one order of magnitude higher than it is intake by the soil (tab.1). Nevertheless, based on the obtained results of the Pb and U content in the body of snails, it can be concluded that the soil will be the main factor that determines the body's contaminant levels.

Table 1. C_R of ^{137}Cs and Pb and U into the body of snail

Radionuclide/ Element	A group of snails fed contaminated forage, ($C_{R\ organs/forage}$)	A group of snails fed contaminated forage and soil, ($C_{R\ organs/soil}$)	A group of snails fed contaminated Soil, ($C_{R\ organs/soil}$)
^{137}Cs	0.057±0.01	0.25±0.05	0.0040±0.001
Pb	0.083±0.002	0.0043±0.0008	0.0037±0.001
U	0.13±0.02	0.0086±0.002	0.014±0.003

РАЗДЕЛ VI
ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (ESG), ПРАВОВЫЕ, МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

НОРМАТИВНАЯ БАЗА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Блынский А.П., Тажибаева И.Л., Клепиков А.Х.
Научно-технический центр «Безопасность ядерных технологий», г. Алматы, Казахстан

В новом проекте Концепции развития электроэнергетической отрасли Республики Казахстан до 2035 года констатируется, что в настоящее время 81% электроэнергии в стране вырабатывается из ископаемых видов топлива. Спрос на электроэнергию в Казахстане растет по мере развития экономики. В связи со стремлением уменьшить зависимость от ископаемого топлива, улучшить охрану окружающей среды, необходимостью дальнейшего технологического развития и для диверсификации первичных источников энергии Казахстан рассматривает потенциальную роль ядерной энергетики в энергетическом балансе страны.

Предыдущие исследования в РК выявили необходимость в строительстве атомной электростанции. Эти исследования были основаны на прогнозах спроса, сбалансированных по существующей электрической мощности в Казахстане, прогнозах развития электрической сети до 2030 года, а также дополнительных генерирующих мощностей.

Если какая-либо страна готовится войти в атомный клуб, то есть построить и запустить АЭС, то ей предстоит сначала создать так называемую ядерную инфраструктуру (ЯИ). В это понятие входит законодательная и нормативная база, система управления (госорганы, регулятор, оператор), система национальной аварийной готовности и реагирования, обучения персонала и многое другое. Не менее важно формирование в стране позитивного отношения к атомной энергетике.

В 2000-е годы, когда более двух десятков стран заявили о желании построить у себя АЭС, МАГАТЭ сформулировало концепцию «Вехи по развитию ядерной инфраструктуры для атомной энергетики». Агентство выделило 19 элементов ЯИ, среди которых национальная позиция, законодательная основа, радиационная защита, аварийная готовность, обращение с РАО, вовлечение промышленности и т. д. Согласно требованиям МАГАТЭ, нужно не только создать ядерную инфраструктуру, но и присоединиться к целому ряду международных соглашений в области атомной энергии.

Ядерно-энергетическая программа – серьезное мероприятие, требующее тщательного планирования, старательной подготовки, больших капиталовложений и людских ресурсов. Инфраструктура для оказания поддержки успешному внедрению и расширению ядерной энергии охватывает широкий спектр вопросов, включая:

1) физические объекты для поставки электроэнергии;
2) площадку и вспомогательные сооружения для обращения с радиоактивными отходами;
3) нормативно-правовую базу;
4) финансовые ресурсы, необходимые для реализации требуемой деятельности.

Это влечет за собой пристальное внимание ко многим сложным и взаимосвязанным вопросам в течение длительного срока (более 100 лет).

Недостаточно развитая ядерная инфраструктура может вызвать задержку строительства объекта.

В странах-новичках нужно обеспечить комфортные условия для реализации проекта: поработать с общественным мнением, организовать обучение кадров, провести переговоры с местными властями. При этом в создании ЯИ задействуют ключевых участников проекта.

Государства – члены МАГАТЭ, намеревающиеся внедрить ядерно-энергетическую программу, должны будут пройти несколько этапов в ходе ее реализации. Опыт показывает, что для успеха важно тщательное планирование целей, ролей, обязанностей, взаимодействий и задач, которые должны выполняться на различных этапах ядерного проекта.

В развитии ядерной инфраструктуры участвуют три ключевые организации: правительство, владелец/оператор АЭС и регулирующий орган. Каждая из них играет определенную роль, исполняя обязанности, которые изменяются по мере достижения прогресса в реализации программы.

Регуляторные функции по безопасности, физической защите и гарантиям возложены на Комитет атомного и энергетического надзора и контроля (КАЭНК), который подотчетен министру энергетики.

В 2014 году Министерству энергетики (Департамент развития атомных и энергетических проектов) было поручено координировать развитие инфраструктуры, необходимой для поддержки ядерно-энергетической программы. Министерство энергетики провело ряд исследований, в том числе и самооценку, основанную на методологии МАГАТЭ, инфраструктуры атомной энергетики Казахстана. Окончательный отчет по самооценке был направлен в МАГАТЭ в августе 2016 года.

Миссия Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) ИНИР по фазе 1 была проведена с 31 октября по 7 ноября 2016 года. Команда ИНИР установила, что Казахстан создал значительную базу знаний и опыта в ядерной деятельности. Казахстан имеет понимание вопросов инфраструктуры, описанных в серии публикации МАГАТЭ по ядерной энергии под названием «Вехи в развитии национальной инфраструктуры для ядерной энергетики».

Для того чтобы помочь Казахстану добиться дальнейшего прогресса в развитии своей инфраструктуры, команда ИНИР сделала 10 рекомендаций и 12 предложений. Команда ИНИР также определила 3 передовые практики, которые могут принести пользу другим странам, рассматривающим возможность развития атомной энергетики.

На основе рекомендаций и предложений было в том числе определено, что Казахстан должен продолжать оценивать свою нормативно-правовую базу для ядерной энергетической программы.

Законодательной основе должно уделяться серьезное внимание, потому что именно законы позволяют любому государству сформировать цельную, работоспособную и эффективную атомную программу. Регулирующая основа имеет не менее важное значение, напрямую обеспечивая безопасность и качество всей деятельности в атомной энергетике. При структурировании регулирующего органа его следует наделять функциями, необходимыми для эффективного применения национальных законов и регулирующих положений, разработанных с целью обеспечения охраны здоровья людей, безопасности и защиты окружающей среды.

Для определения полноты нормативно-правовой базы в области использования атомной энергии для строительства АЭС в Республике Казахстан необходим соответствующий критерий. Представляется, что достаточно обоснованным будет применение подхода, которым пользуется МАГАТЭ. Прежде чем начать строительство атомных электростанций, необходимо разработать ядерную программу, под которую создать соответствующую национальную ядерную инфраструктуру. Документ «Основные этапы развития национальной инфраструктуры ядерной энергетики», согласно упомянутым выше рекомендациям МАГАТЭ, рассматривает 19 компонентов инфраструктуры, и для каждого компонента разработаны свои документы, определяющие необходимые требования, обязательные положения, а также рекомендации для национальных команд, разрабатывающих свои ядерные программы.

На сайте МАГАТЭ дана библиография, включающая 39 основных документов и 97 дополнительных [1].

Кроме документов МАГАТЭ на примере Республики Беларусь и Турции мы рассмотрим также национальные перечни НПА, составившие базу для осуществления программ развития атомной инфраструктуры.

Проведенный анализ показал, что нормативно-правовая база РК в области использования атомной энергии для строительства АЭС сформирована только частично.

В области национальной позиции Казахстан разработал иерархию политических документов, которые

включают в себя стратегическое руководство для развития атомной отрасли и призваны обеспечить условия для развития программы по атомной энергии:

- Стратегия Казахстан – 2030, который был представлен Президентом Республики Казахстан в Послании Президента страны народу Казахстана в 1997 году;
- Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года от 28 июня 2014 года.

Казахстан принял Закон Республики Казахстан № 442-V от 12 января 2016 «Об использовании атомной энергии», признающий важность ядерной безопасности, физической безопасности и нераспространения. В нем содержатся положения, касающиеся безопасности, физической безопасности и гарантий.

Премьер-министр Республики Казахстан издал приказ 60-р от 4 мая 2014 об утверждении первоочередных мер и распределении обязанностей, связанных с реализацией ядерно-энергетической программы в Республике Казахстан. Приказ определяет первоочередные мероприятия, связанные с реализацией ядерно-энергетической программы в Республике Казахстан, требования для создания компании, которая будет являться будущей организацией – владельцем/оператором АЭС в Казахстане.

Министерство энергетики отвечает за формирование политики, в частности в области ядерной энергетики. Эта функция возложена на Департамент развития атомных и энергетических проектов.

В июле 2014 года было зарегистрирована организация АО «Казахстанские атомные электрические станции» в качестве дочерней компании АО «Фонд национального благосостояния «Самрук-Казына».

Законодательная основа

Казахстан является участником следующих международных конвенций и соглашений, принятых под эгидой МАГАТЭ:

Основные международные договоры Республики Казахстан, ратифицированные законодательно:

- Закон Республики Казахстан «О ратификации Конвенции об оперативном оповещении о ядерной аварии» от 3 февраля 2010 года за № 243-IV ЗРК
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Конвенции о помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации» от 3 февраля 2010 года за № 244-IV ЗРК
- Закон Республики Казахстан «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции о физической защите ядерного материала» от 22 декабря 2004 года за № 17-III ЗРК
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Поправки к Конвенции о физической защите ядерного материала» от 19 марта 2011 года за № 416-IV ЗРК
- Закон Республики Казахстан «О присоединении Республики Казахстан к Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте» от 21 октября 2000 года за № 86-II О
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Конвенции о ядерной безопасности» от 3 февраля 2010 года за № 245-IV ЗРК
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1997 года (Сводный текст Венской конвенции о гражданской ответственности за ядерный ущерб от 21 мая 1963 года с поправками, внесенными Протоколом от 12 сентября 1997 года)» от 10 февраля 2011 года за № 405-IV
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Объединенной конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» от 3 февраля 2010 года за № 246-IV ЗРК
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Конвенции о доступе к информации, участию общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды» от 23 октября 2000 года за № 92-II О
- Закон Республики Казахстан «О ратификации Соглашения о взаимодействии государств-участников СНГ по обеспечению готовности на случай ядерной аварии или возникновения радиационной аварийной ситуации и взаимопомощи при ликвидации их последствий» от 1 февраля 2021 года за № 4-VII ЗРК
- Пересмотренное дополнительное соглашение о предоставлении технической помощи со стороны МАГАТЭ.

Основные законы Республики Казахстан

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI ЗРК.
2. Закон Республики Казахстан «Об использовании атомной энергии» от 12 января 2016 года № 442-V ЗРК (с изменениями и дополнениями 2022 г.).

3. Закон Республики Казахстан «О радиационной безопасности населения» от 23 апреля 1998 года № 219-I (с изменениями и дополнениями 2022 г.).

4. Закон Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях» от 16 мая 2014 года № 202-V (с изменениями и дополнениями 2022 г.).

5. Закон Республики Казахстан «Об охранной деятельности» от 19 октября 2000 года № 85-II (с изменениями и дополнениями 2022 г.).

6. Закон Республики Казахстан «О гражданской защите» от 11 апреля 2014 года № 188-V ЗРК. (с изменениями и дополнениями 2022 г.).

7. Закон Республики Казахстан «О противодействии терроризму» от 13 июля 1999 года № 416. (с изменениями и дополнениями 2022 г.).

8. Закон Республики Казахстан «Об экспортном контроле» от 21 июля 2007 года № 300
(с изменениями и дополнениями).

9. Закон Республики Казахстан от 9 ноября 2004 года № 603 «О техническом регулировании».

Соответственно, Казахстан разработал законодательную основу, определяющую обязанности «уполномоченного государственного органа» для контроля и регулирования ядерной деятельности, в том числе ядерных установок, а также включающую в себя положения ядерной и радиационной безопасности, физической безопасности и режима нераспространения.

Существует необходимость дальнейшей оценки нормативно-правовой базы для ядерно-энергетической программы, чтобы обеспечить согласованность между различными законами, применимыми к ядерному регулированию АЭС.

Кроме того, есть другие аспекты законодательной базы, которые должны быть усилены в исполнительных документах нижнего уровня, включая некоторые аспекты по лицензированию АЭС, ядерной безопасности и гражданской ответственности за ядерный ущерб. Относительно ядерной ответственности определенные юридические условия должны быть разработаны в рамках соответствующих международных правовых документов, участником которых является страна.

В дополнение к вышеупомянутым законам существует необходимость продолжить выявлять другие национальные законодательные акты, которые могут оказать влияние на ядерно-энергетическую программу.

Регулирующая основа

Комитет атомного и энергетического надзора и контроля (КАЭНК) был создан в качестве регулирующего органа приказом министра энергетики Республики Казахстан № 42, опубликованным 7 октября 2014 года.

КАЭНК является «функционально независимым от Министерства энергетики» с помощью таких мер, как отдельный процесс принятия решений по вопросам регулирования и отдельного бюджета. Ожидается, что предложения по пересмотру организационной структуры и увеличения числа сотрудников регулирующего органа для удовлетворения потребностей ядерно-энергетической программы будут разработаны после того, как будет принято решение о строительстве АЭС. Однако определение структуры, функций и кадрового обеспечения регулирующего органа должно быть рассмотрено на первом этапе, чтобы надлежащим образом планировать создание эффективного, независимого и компетентного регулирующего органа для АЭС в области ядерной безопасности, физической защиты и гарантий.

На сегодня в Казахстане имеется несколько перечней НПА в области использования атомной энергии, составленных в разное время:

1. Перечень П-00-00-04-03, утвержденный КАЭ МЭМР РК в 2003 году (237 документов) [2];

2. Перечень, приведенный в Национальном докладе по «Объединенной Конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» (59 документов, 2020 года) [3];

3. Перечень, приведенный в Национальном докладе по «Конвенции о ядерной безопасности» [4];

4. Перечень ИЯФ МЭ РК, 57 документов [5];

5. Перечень МАЭК, СТУ 2012, 132 документа [6];

6. Перечень УМЗ, 21 документ [7].

В настоящее время в РК нет общего перечня НПА в области использования атомной энергии, для каждого объекта использования атомной энергии применяется индивидуальный подход. Связано это с тем, что многие из документов разработаны и утверждены в Советском Союзе или Российской Федерации и их действие распространено на Казахстан именно для конкретной установки. КАЭНК МЭ

РК как регулирующий орган согласовывает перечень и дает разрешение на применение российских (или советских) НПА отдельно для каждой установки/объекта.

Для планируемой к сооружению АЭС целесообразно оставить такой же подход, т.е. частично согласовать регуляторные документы потенциальных поставщиков реакторных технологий (вендоров).

Сравнение упомянутых выше перечней приведено в таблице 1.

Таблица 1

№	Название перечня	Всего документов	В том числе РК	В том числе СССР и РФ	Необходимость актуализации, обновления, другие примечания
1	Перечень П-00-00-04-03	237	76	161	Требуется актуализация и обновление
2	Перечень НД по ОК	59	59	-	Обновляется
3	Перечень НД по Конвенции о ядерной безопасности	46	46	-	Обновляется
4	Перечень ИЯФ МЭ РК	57	10	33	14 документов МАГАТЭ. Перечень действителен.
5	Перечень МАЭК, СТУ 2012	132	-	132	Требуется актуализация и обновление
6	Перечень УМЗ	21	14	4	Два международных закона, один документ МАГАТЭ. Перечень действителен.

Международная практика показывает, что для каждой АЭС, строящейся или уже построенной в разных странах, составляется и принимается свой уникальный перечень НПА, используемый при планировании, проектировании, сооружении, эксплуатации и выводе из эксплуатации блоков АЭС. Рассмотрим в качестве примера две страны – Республику Беларусь и Турцию. Обе эти страны строят АЭС российского дизайна, подрядчиком выступает ГК «Росатом». Выбор объясняется тем, что в последнее время сотрудники регуляторного органа, а также другие специалисты Казахстана посещали площадки АЭС в этих странах и подробно знакомились с состоянием дел, включая и состояние нормативно-правовой базы.

Республика Беларусь

В целом НПА Беларуси можно представить в виде двух частей: НПА и технические НПА. В кратком виде они систематизированы ниже [8].

Нормативные правовые акты (79):

- Указы (10)
- Законы (5)
- Концепции (4)
- Программы (1)
- Постановления (38)

Инструкции и другие нормативные документы, обеспечивающие ядерную и радиационную безопасность (21)

Технические нормативные правовые акты (185):

Технические кодексы установившейся практики (10)

Государственные стандарты (48)

Нормы и правила по обеспечению ядерной и радиационной безопасности (43)

Экологические нормы и правила (1)

Санитарные нормы, правила и гигиенические нормативы (23)

Правила по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов (4)

Правила и нормы в атомной энергетике (ПНАЭ) (9)

Стандарты ГПО «Белэнерго». Атомная электрическая станция (характеристики) (1)

Стандарты ГПО «Белэнерго». Атомная электрическая станция (оборудование) (46).

Итого 264 документа.

Турция

В документе АО «Аккую Нуклеар» «Лицензионная база нормативно-правовых актов, стандартов и руководств для АЭС «Аккую» от 2014 года [9] имеются следующие разделы:

а) Нормативно-правовые акты

1. Нормативно-правовые акты Турецкой Республики (законы – 28, декреты – 4, подзаконные акты – 44)
2. Основные положения и требования МАГАТЭ (13)

3. Нормативно-правовые акты страны-поставщика (законы – 19, декреты, указы – 9, подзаконные акты – 162)

в) Стандарты

1. Стандарты Турецкой Республики (5)

2. Стандарты страны – поставщика оборудования и услуг (международные – 41, РФ –411)

с) Руководства

1 Руководства Турецкой Республики (18)

2 Руководства МАГАТЭ (63)

3 Руководства страны-поставщика (134)

4 Руководства третьих стран (11).

Итого от турецкой стороны упомянуто 99 документов, от РФ – 642, от МАГАТЭ – 76.

МАГАТЭ

Основной список материалов МАГАТЭ дан в разделе НПА для АЭС Аккую и включает 76 документов.

Помимо этого, документ МАГАТЭ «Основные этапы развития национальной инфраструктуры ядерной энергетики» рассматривает 19 компонентов инфраструктуры и для каждого компонента разработаны свои документы, определяющие необходимые требования, обязательные положения, а также рекомендации для национальных команд, разрабатывающих свои ядерные программы. На сайте МАГАТЭ дана библиография [1], включающая 39 основных документов и 97 дополнительных.

Рассмотрим также НПА Российской Федерации как страны, которая строит наибольшее количество АЭС в различных регионах мира.

Российская Федерация

4 февраля 2022 года приказом Ростехнадзора №33 утвержден Перечень нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (П-01-01-2021) [10].

Структурно Перечень П-01-01-2021 состоит из двух глав и приложения:

В главе 1 приведен перечень законодательных и нормативных правовых актов:

- международные договоры Российской Федерации (11 документов);
- федеральные законы Российской Федерации (45);
- указы Президента Российской Федерации (19);
- постановления и распоряжения Правительства Российской Федерации (82);
- технические регламенты (4);
- административные регламенты (9) и соглашения о взаимодействии (6).

В главе 2 приведен перечень нормативных правовых и нормативных документов Ростехнадзора.

В приложении Перечня приведены нормативные документы, утвержденные другими федеральными органами исполнительной власти и организациями (80 документов).

Перечень П-01-01-2022 изложен на 80 листах, всего в нем 256 документов. Предыдущее издание Перечня выпускалось в 2018 году.

После рассмотрения всех изложенных выше перечней документов можно сделать вывод, что Республике Казахстан в случае принятия решения о сооружении АЭС будет необходимо значительно расширить свою нормативную базу. Это целесообразно осуществить распространением нормативных документов поставщика реакторной технологии на территории РК. Кроме того, в полный перечень НПА, используемых при создании АЭС, в обязательном порядке должны быть включены документы МАГАТЭ, упомянутые в данной статье.

Положительными примерами организации строительства АЭС являются Республика Беларусь, Турция, а также Объединенные Арабские Эмираты. Корпорация по гидро- и атомной энергетике Кореи (Korea Hydro and Nuclear Power Co. Ltd, сокращенно KHNP) и Инжиниринговый дивизион госкорпорации «Росатом» (АО «Атомстройэкспорт») заключили контракт на сооружение «турбинных островов» по проекту АЭС «Эль-Дабаа» в Египте. В то же время генеральным подрядчиком строительства АЭС «Эль-Дабаа» и поставщиком ядерных технологий («ядерного острова») является АО «Атомстройэкспорт». Основываясь на этих примерах, а также на основе визитов экспертов, представителей государственных структур, включая регулятора, на площадке действующих и строящихся АЭС (Турция, Франция, Южная Корея, Китай, Венгрия, Беларусь), на сегодняшний момент строительство АЭС в Казахстане целесообразно поручить международному консорциуму, в составе которого будут компании из нескольких стран.

Выводы

1. В Республике Казахстан атомная отрасль имеет давнюю историю начиная с 50-х годов прошлого века. Казахстан применял в своей практике всю законодательную и нормативную базу, имевшуюся в Советском Союзе. Эта практика применялась и в первые годы после обретения независимости. Однако впоследствии РК стала на путь самостоятельного развития своих законов и других НПА, а также стала активно присоединяться к международным конвенциям и соглашениям. Вместе с тем в области использования атомной энергии процесс модернизации своей законодательной базы требует активизации и системного подхода. Для успешной реализации положений конвенций и соглашений не хватает подзаконных актов. Техническая документация типа ПНАЭ была поставлена на утрату, и теперь ее приходится вводить согласованием с КАЭНК МЭ РК.

2. Для создания своей национальной инфраструктуры с целью развития ядерной энергетической программы Республика Казахстан использует положительный международный опыт, который активно распространяется под эгидой Международного агентства по атомной энергии. В РК проведена в 2016 году миссия ИНИР МАГАТЭ, ее первый этап. Получены ценные рекомендации и предложения, реализация которых позволит более эффективно продвигаться по пути создания инфраструктуры.

3. Вопрос создания эффективно работающей законодательной базы для такой сложной отрасли, как атомная, является очень важным и требует тщательного подхода. Международный опыт показывает, что здесь существуют два подхода. Первый – это опираться на помощь МАГАТЭ и признанных международных экспертов, создавая собственное законодательство и разрабатывая полный набор НПА. Второй – принять у себя весь свод НПА, которыми пользуется поставщик АЭС в своей стране. Представляется целесообразным пойти по второму пути. В этом случае процесс обновления НПА будет проходить наиболее плавным и гармоничным образом. При этом получается оптимальная композиция из документов, включающая национальные НПА, международные конвенции и договоры, документы МАГАТЭ и документы страны – поставщика АЭС.

4. Опыт разных стран, создающих в настоящее время ядерную инфраструктуру, достаточно богат и неоднороден, его анализ может помочь в том, чтобы взять лучшее и постараться избежать ошибок, допущенных другими участниками аналогичных процессов.

5. В целом можно сделать вывод, что законодательство в области использования атомной энергии, имеющееся в Республике Казахстан и подкрепленное нормативно-правовыми документами различного уровня, нуждается в доработке и обновлении. С учетом изложенного выше при тщательном и полном выполнении рекомендаций миссии ИНИР, приведенных в ее отчете, в Казахстане реально создание полноценной инфраструктуры. Это потребует достаточных организационных усилий и ресурсов, как людских, так и финансовых.

6. Необходимый перечень НПА должен быть составлен в самом начале работ, еще на этапе подготовки межправительственного соглашения. Он должен быть утвержден Постановлением правительства РК. По мере необходимости перечень должен обновляться и переутверждаться.

Список использованных источников

1. Nuclear Infrastructure Bibliography | IAEA

2. Перечень П-00-00-04-03, утвержденный КАЭ МЭМР РК в 2003 г.

3. Четвертый Национальный доклад по «Объединенной Конвенции о безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами», 2020.

4. Третий национальный доклад Республики Казахстан о выполнении обязательств, вытекающих из «Конвенции о ядерной безопасности», 2019.

5. Перечень технической документации, действующей на КИР ВВР-К в соответствии с п.19 Технического регламента «Ядерная и радиационная безопасность», 2019.

6. Перечень нормативных правовых актов (технических регламентов) и нормативно-технической документации, действующей в Российской Федерации, используемой при проектировании вывода из эксплуатации реакторной установки БН-350, СТУ 91250, Астана, 2012. Арх. 11522.

7. Перечень инженерно-технических норм и правил, которые будут применяться при проектировании конструкций, систем и элементов ЯРЭУ по объекту «ТОО «Ульба-ТВС». Производство тепловыделяющих сборок (ТВС мощностью 200 тонн в год», 2016.

8. Республика Беларусь. Нормативные правовые акты (energodoc.by)

9. «Лицензионная база нормативно-правовых актов, стандартов и руководств для АЭС «Аккую», АО «Аккую Нуклеар», 2014.

10. Перечень нормативных правовых актов и нормативных документов, относящихся к сфере деятельности федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. Раздел II. Государственное регулирование безопасности при использовании атомной энергии (перечень п-01-01-2021), приказ Ростехнадзора РФ от 4 февраля 2022 г. № 33.

КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА (ПО ОПУБЛИКОВАННЫМ ДАННЫМ)

Диссель К.А.
Филиал АО «Волковгеология» ЦОМЭ (Геологический музей), г. Алматы, Казахстан

В 1898 году французский физик Мария Склодовская-Кюри с мужем, также физиком, Пьером Кюри обнаружили в настуране, минерале урана, некое вещество, выделяющее большое количество радиации. Это открытие дало основание предположить наличие огромного потенциала невиданной ранее энергии, заключенной в атомах радиоактивных элементов.

В 1911 году Эрнест Резерфорд сделал важные открытия в области изучения атомов, а в 1932-м Эрнест Уолтон и Джон Кокрофт смогли впервые расщепить ядро атома.

В 1934 году физик из Венгрии Лео Силард подал заявку на патент с общим описанием ядерного реактора (патент был выдан в 1936-м). В 1938 году Отто Ган, Фриц Штрассман и Лиза Мейтнер открывают расщепление ядра урана при поглощении им нейтронов; а в декабре того же года Отто Ган и Фриц Штрассман впервые в мире осуществили искусственное расщепление ядра атома урана. С этого и начинается разработка ядерного оружия.

Германия

24 апреля 1939 года в высшие военные инстанции Германии поступило письмо за подписью профессора Гамбургского университета Пауля Хартека и его сотрудника доктора В. Грота, в котором указывалось на принципиальную возможность создания нового вида высокоэффективного взрывчатого вещества. В нем говорилось, что «та страна, которая первой сумеет практически овладеть достижениями ядерной физики, приобретет абсолютное превосходство над другими». 29 апреля 1939 года имперское министерство науки, воспитания и народного образования по поручению руководителя специального отдела физики имперского исследовательского совета, государственного советника профессора Абрахама Эзау провело обсуждение вопроса «о самостоятельно распространяющейся ядерной реакции», на которое среди прочих был приглашен профессор Э. Шуман, руководитель исследовательского отдела Управления вооружений сухопутных сил III Рейха.

Письмо Хартека и Грота было передано физику Курту Дибнеру из научного отдела Управления вооружений. По настойчивым просьбам Дибнера Управление вооружений, не дожидаясь принятия официального решения высших военных властей, освободило Дибнера от выполнения всех побочных работ и поручило ему заниматься только вопросами ядерной физики, создав для этого специальное отделение. В июне 1939 года Дибнер организовал сооружение первой в Германии реакторной сборки на полигоне Куммерсдорф под Берлином.

В 1939 году рабочая группа профессора А. Эзау по проблеме ядерной энергии при рейхсминистерстве образования инициировала принятие закона о запрете вывоза урана из Германии. У бельгийской фирмы Union Miniere в Бельгийском Конго было срочно закуплено большое количество урановой руды.

Начало практических работ по созданию ядерного оружия

26 сентября 1939 года Управление армейских вооружений для рассмотрения вопроса о способах создания ядерного оружия собрало совещание специалистов в области ядерной физики [1], на которое были приглашены Пауль Хартек, Ханс Вильгельм Гейгер, Вальтер Боте, Курт Дибнер, а также Карл-Фридрих фон Вайцзеккер и Вернер Гейзенберг [2]. На нем было принято решение засекретить все работы, имеющие прямое или косвенное отношение к урановой проблеме и осуществлению программы, получившей название «Урановый проект» (нем. – Uranprojekt Kernwaffenprojekt). Участники совещания посчитали возможным создание ядерного оружия за 9–12 месяцев.

Всего в Германии было 22 научные организации, напрямую связанные с атомным проектом.

Разработками ведал имперский министр вооружений Альберт Шпеер, административным руководителем группы Гейзенберга, Отто Гана, Вайцзеккера и др. стал физик Эрих Шуман.

Концерн «ИГ Фарбениндустри» начал изготовление шестифтористого урана, пригодного для получения урана-235, а также сооружение полупромышленной установки по разделению изотопов. Тогда же Вернер Гейзенберг начал теоретические работы по конструированию ядерного реактора.

Первый немецкий реактор был построен к февралю 1942 года – на четыре месяца раньше, чем аналогичная разработка Ферми в Чикаго. Это был опытный реактор Лейпцигского института, разработанный профессором Гейзенбергом и супругами Депель [8].

Для получения больших количеств тяжелой воды был переоборудован норвежский завод в Рьюкане. Однако действиями сначала партизан, а затем авиации этот завод был выведен из строя и снова начал работать лишь к концу 1943 года.

В марте 1943 г. в связи с настроениями руководства страны Управление вооружений отказалось от работ по урановому проекту, и они были переданы в ведение имперского исследовательского совета.

Последний эксперимент по получению цепной реакции был намечен на январь 1945 года, но 31 января все оборудование спешно демонтировали и отправили на юг Германии.

Атомная бомба не была создана в Германии, фактически стоявшей у истоков открытия ядерной энергии (Отто Ган, Лиза Мейтнер, Макс Борн, Отто Фриш, Рудольф Пайерлс), хотя существовало достаточно ученых, принявших нацистский режим достаточно спокойно и продолжавших успешно и творчески трудиться. В Германии, даже после отъезда многих ученых, не принявших нацизм или испытывающих трудности в связи с еврейским происхождением, оставалось много ученых, не менее прославленных и плодотворных, чем уехавшие, например Вернер Гейзенберг, Карл фон Вайцзеккер, Вальтер Боте, Манфред фон Арденне и многие другие, по ряду причин:

- возможный, неудачный выбор «тяжеловодного» пути, не оптимального с точки зрения быстрого достижения цепной ядерной реакции, необходимой для создания ядерного оружия. На осуществление этой методики, как и развернутого только к концу работ «графитового» пути, не хватило времени до военного разгрома рейха;
- возобладание настроений о необходимости сосредоточения научных, производственных и финансовых ресурсов только на проектах, дающих скорейшую отдачу в виде создания новых видов оружия;
- недостаточность средств – было затрачено в двести раз меньше средств и в них было занято в полторы тысячи раз меньше людей, чем в американском «Манхэттенском проекте».

Америка

«Проект Манхэттен» (англ. – Manhattan Project) – кодовое название программы США по разработке ядерного оружия, осуществление которой формально началось 17 сентября 1943 года. Перед этим с 1939 года исследования велись в «Урановом комитете» (S-1 Uranium Committee). В проекте принимали участие ученые из Соединенных Штатов Америки, Великобритании, Германии и Канады.

В рамках проекта были созданы три атомные бомбы: плутониевая «Штучка» (Gadget) (взорвана при первом ядерном испытании), урановый «Малыш» (Little Boy) (сброшена на Хиросиму 6 августа 1945 года) и плутониевый «Толстяк» (Fat Man) (сброшена на Нагасаки 9 августа 1945 года).

Руководили проектом американский физик Роберт Оппенгеймер и генерал Лесли Гровс. Для того чтобы скрыть назначение вновь созданной структуры, в составе военно-инженерных войск армии США был сформирован Манхэттенский инженерный округ (Manhattan Engineering District)

В Манхэттенском проекте приняли участие около 130 000 человек [2], а его стоимость составила почти 2 миллиарда долларов США (около 22 миллиардов долларов в 2016 году). Более 90% затрат приходилось на строительство заводов и производство расщепляющегося материала, а менее 10% – на разработку и производство оружия [3]. Исследования и производство проводились на более чем 30 площадках в Соединенных Штатах, Великобритании и Канаде [4]. Проект также занимался сбором разведданных немецкого проекта по производству ядерного оружия. В рамках миссии «Алсос» персонал Манхэттенского проекта работал в Европе, иногда в тылу врага, где собирал ядерные материалы и документы, а также собирал немецких ученых.

Однако, несмотря на строжайшую секретность Манхэттенского проекта, «атомные шпионы» передали СССР большой объем технической информации, которая была использована при создании советской атомной бомбы.

Начало

В августе 1939 года физики Лео Силард и Юджин Вигнер составили так называемое письмо Эйнштейна Рузвельту, которое содержало предупреждение о возможной разработке нацистской Германией чрезвычайно мощной бомбы нового типа. В связи с этим авторы письма призывали США обеспечить накопление запасов урановой руды и финансирование исследований Энрико Ферми и других ученых в области цепных ядерных реакций. Письмо было подписано Альбертом Эйнштейном и доставлено президенту США Франклину Рузвельту. Рузвельт назначил Лаймана Бриггса из Национального бюро стандартов главой Уранового комитета для исследования проблем, поднятых в письме. 1 ноября 1939 года комитет доложил Рузвельту, что использование урана позволит создать оружие, обладающее разрушительной силой, значительно превосходящей что-либо известное.

В начале 1940 года Отто Фриш и Рудольф Пайерлс в Бирмингемском университете (Великобритания) сделали оценку критической массы урана-235. Результат был изложен в так называемом меморандуме Фриша – Пайерлса, который во многом инициировал широкомасштабные исследования возможности создания ядерного оружия.

В июне 1940 года Урановый комитет был преобразован в подкомитет S-1 Исследовательского комитета национальной обороны.

28 июня 1941 года Рузвельт подписал указ 8807 о создании Бюро научных исследований и разработок (англ. – en:Office of Scientific Research and Development) с Вэниваром Бушем в должности директора.

В августе 1941 года британский ученый австралийского происхождения Марк Олифант прилетел в США и провел ряд встреч с американскими чиновниками и физиками, агитируя «за бомбу».

Вступление США во Вторую мировую войну в декабре 1941 года ускорило исследования по атомной проблеме. Когда весной 1942 года Артур Комптон оценил величину критической массы урана-235 в пределах от 2 до 100 кг, то стало понятно, что можно изготовить атомную бомбу, которую сможет взять на борт самолет. Президент Рузвельт был проинформирован об этом и санкционировал начало практической работы по созданию такого оружия. 17 июня 1942 года Вэнивар Буш представил президенту доклад, в котором изложил план дальнейшей работы.

Урановая руда

Ключевым сырьем для проекта был уран. Богатейшим источником урановой руды являлся рудник Шинколобве (Конго), но он был затоплен и закрыт. Но бельгийский промышленник Эдгар Сенжье успел перевезти в США достаточное количество этой руды на склад в Статен-Айленде.

Безоболочечное ядерное взрывное устройство «Штучка» (Gadget) на основе плутония-239 и имплозивной схемы «Вариант III» было взорвано во время испытания «Тринити» на полигоне Аламогордо в штате Нью-Мексико 16 июля 1945 года. Испытание показало, что выбранный Вариант III имплозивной схемы сработал и достаточно надежен.

Вариант этого устройства, оформленный в корпус авиабомбы «Толстяк» (Fat Man), был сброшен на Нагасаки 9 августа 1945 года.

Первое ядерное испытание и применение ядерного оружия

Первое в мире испытание ядерного взрывного устройства на основе плутония-239 (в ходе испытания тестировалась именно плутониевая бомба имплозивного типа) было проведено в штате Нью-Мексико 16 июля 1945 года (полигон Аламогордо) (кодовое название «Тринити»)

В августе 1945 года США произвели бомбардировку японских городов Хиросима и Нагасаки.

СССР

В 1920–1941 годах активно проводились работы в ядерной области.

Работы с начала 1920-х годов интенсивно развивались в Радиевом институте и в первом Физтехе (оба в Ленинграде), в Харьковском физико-техническом институте, в Институте химической физики в Москве.

В 30-х годах проводились фундаментальные радиохимические исследования, без которых вообще немыслимо полное понимание этих проблем, развитие и тем более реализация.

Проводились всесоюзные конференции АН СССР по ядерной физике, в которых принимали участие отечественные и иностранные исследователи, работавшие не только в области атомной физики, но и в других смежных дисциплинах – геохимии, физической химии, неорганической химии и др. [2, 3]

Авторитетом в этой области считался академик В.Г. Хлопин. Также серьезный вклад сделали в числе многих других сотрудники Радиевого института Г.А. Гамов, И.В. Курчатов и Л.В. Мысовский (создатели первого в Европе циклотрона [2]), Ф.Ф. Ланге (создал первый советский проект атомной бомбы – 1940), а также основатель Института химической физики Н.Н. Семенов. Советский проект курировал Председатель СНК СССР В.М. Молотов[4].

В 1941 году исследования по атомной проблематике были засекречены [4].

Работа в 1941– 1943 годах

Информация внешней разведки

Уже с сентября 1941 года в СССР начала поступать разведывательная информация о проведении в Великобритании и США секретных интенсивных научно-исследовательских работ, направленных на разработку методов использования атомной энергии для военных целей и создание атомных бомб огромной разрушительной силы. Одним из наиболее важных документов, полученных еще в 1941 году советской разведкой, является отчет британского «Комитета M.A.U.D.». Из материалов следовало, что создание

атомной бомбы реально, что, вероятно, она может быть создана еще до окончания войны и, следовательно, может повлиять на ее ход. Примечательно, что стенограмма сверхсекретного заседания в Лондоне от 16 сентября оказалась на столе у начальника внешней разведки СССР П.М. Фитина уже 17 сентября.

С этого момента в СССР фактически началась работа по созданию атомного оружия (операция «Энормоз» (Enormous (англ.) – огромный, чудовищный) – в период, когда враг рвался к Москве, а положение на фронтах было угрожающим [7].

В мае 1942 года руководство ГРУ информировало Академию наук СССР о наличии сообщений о работах за рубежом по проблеме использования атомной энергии в военных целях и просило сообщить, имеет ли в настоящее время эта проблема реальную практическую основу. Ответ на указанный запрос в июне 1942 года дал В.Г. Хлопин, который отметил, что за последний год в научной литературе почти совершенно не публикуются работы, связанные с решением проблемы использования атомной энергии, что свидетельствовало об их засекречивании.

28 сентября 1942 года, через полтора месяца после старта Манхэттенского проекта, было принято постановление ГКО № 2352сс «Об организации работ по урану».

Оно предписывало обязать Академию наук СССР (акад. Иоффе) возобновить работы по исследованию осуществимости использования атомной энергии путем расщепления ядра урана и представить Государственному комитету обороны к 1 апреля 1943 года доклад о возможности создания урановой бомбы или уранового топлива.

Распоряжение предусматривало организацию с этой целью при Академии наук СССР специальной лаборатории атомного ядра, создание лабораторных установок для разделения изотопов урана и проведение комплекса экспериментальных работ. Этот день и принят как День работника атомной промышленности.

Официальное письмо главы НКВД Л.П. Берии на имя И.В. Сталина с информацией о работах по использованию атомной энергии в военных целях за рубежом, предложениями по организации этих работ в СССР и секретном ознакомлении с материалами НКВД видных советских специалистов, варианты которого были подготовлены сотрудниками НКВД еще в конце 1941 – начале 1942 годов, было отправлено И.В. Сталину в октябре 1942 года, уже после принятия распоряжения ГКО ГКО № 2352сс «Об организации работ по урану» от 28 сентября 1942 г.

Советская разведка имела подробные сведения о работах по созданию атомной бомбы в США, исходившие от специалистов, понимавших опасность ядерной монополии или сочувствующих СССР, в частности Клауса Фукса, Теодора Холла, Жоржа Коваля и Давида Грингласа.

Охота за данными уранового проекта Америки началась по инициативе начальника отдела научно-технической разведки НКВД Леонида Квасникова еще в 1942 году, но полностью развернулась только после прибытия в Вашингтон знаменитой пары советских разведчиков: Василия Зарубина и его жены Елизаветы. Именно с ними взаимодействовал резидент НКВД в Сан-Франциско Григорий Хейфиц, сообщивший, что виднейший физик Америки Роберт Оппенгеймер и многие его коллеги выехали из Калифорнии в неизвестное место, где будут заниматься созданием какого-то сверхоружия.

Основных же руководителей Манхэттенского проекта удалось установить Елизавете Зарубиной (агентурный псевдоним Вардо).

По воспоминаниям П.Судоплатова, через 12 дней после окончания сборки первой атомной бомбы в США описание ее устройства уже было получено в Москве.

В 1945 году туда же пришли подробнейшие документы о характеристиках испытательного взрыва на горе Аламогордо, о методах постановки атомной бомбы на боевой взвод, а также доклад об электромагнитном методе разделения изотопов урана.

Работы по созданию атомной бомбы

11 февраля 1943 года было принято постановление ГКО № 2872сс о начале практических работ по созданию атомной бомбы.

12 апреля 1943 вице-президентом АН СССР академиком А.А. Байковым было подписано распоряжение о создании лаборатории № 2 АН СССР. Начальником лаборатории был назначен И.В. Курчатов [11].

Постановление ГКО от 8 апреля 1944 г. № 5582сс обязало Народный комиссариат химической промышленности спроектировать в 1944 г. цех по производству тяжелой воды и завод по производству шестифтористого урана (сырье для установок по разделению изотопов урана), а Народный комиссариат цветной металлургии (П.Ф. Ломако) – обеспечить в 1944 году получение на опытной установке 500 кг металлического урана, построить к 1 января 1945 года цех по производству металлического урана и поставить лаборатории № 2 в 1944-м десятки тонн высококачественных графитовых блоков.

После разгрома гитлеровской Германии

После оккупации Германии в США была создана специальная группа, целью которой было не дать СССР возможности захватить какие-либо данные об атомном проекте Германии [12]. Ею были захвачены и немецкие специалисты, ненужные США, которые уже имели свою бомбу. 15 апреля 1945 года американская техническая комиссия организовала вывоз уранового сырья из Штасфурта, и в течение 5–6 дней весь уран был вывезен вместе с относящейся к нему документацией; также американцы полностью вывезли оборудование из шахты в Саксонии, где велась добыча урана. Позднее эта шахта была восстановлена, и было организовано предприятие «Висмут» по добыче урановой руды в Тюрингии и Саксонии, на котором работали советские специалисты и немецкие шахтеры.

Однако НКВД все-таки удалось добыть несколько тонн малообогащенного урана в институте Кайзера Вильгельма [13].

Потсдамская конференция

24 июля 1945 года в Потсдаме президент США Трумэн сообщил Сталину, что у США «теперь есть оружие необыкновенной разрушительной силы». По воспоминаниям Черчилля, Сталин улыбнулся, но не стал интересоваться подробностями, из чего Черчилль сделал вывод, что тот ничего не понял и не в курсе событий. Некоторые современные исследователи считают, что это был шантаж. В тот же вечер Сталин дал указание Молотову переговорить с Курчатовым об ускорении работ по атомному проекту.

Создание Специального комитета

Через 14 дней после атомной бомбардировки Хиросимы постановлением Государственного комитета обороны № 9887сс/оп от 20 августа 1945 года за подписью И.В. Сталина при ГКО был образован Специальный комитет для руководства всеми работами по использованию атомной энергии. Состав комитета: Л.П. Берия (председатель), Г.М. Маленков, Н.А. Вознесенский, Б.Л. Ванников, А.П. Завенягин, И.В. Курчатов, П.Л. Капица, В.А. Махнев, М.Г. Первухин. Спецкомитет был наделен чрезвычайными полномочиями по привлечению любых ресурсов, имевшихся в распоряжении правительства СССР, к работам по атомному проекту.

Для непосредственного руководства научно-исследовательскими, проектными, конструкторскими организациями и промышленными предприятиями, занятыми в атомном проекте, было создано Первое главное управление при СНК СССР (ПГУ), подчиненное Специальному комитету при ГКО. Начальником ПГУ был назначен нарком вооружений Б.Л. Ванников. В распоряжение ПГУ передавались многочисленные предприятия и учреждения из других ведомств, включая научно-технический отдел разведки, Главное управление лагерей промышленного строительства НКВД (ГУЛПС) и Главное управление лагерей горно-металлургических предприятий НКВД (ГУЛГМП) (с общим количеством 293 тыс. заключенных). Директива Сталина обязывала ПГУ обеспечить создание атомных бомб, урановой и плутониевой в 1948 году [12].

28 сентября 1945 года было принято Постановление Совета народных комиссаров СССР «О дополнительном привлечении к участию в работах по использованию внутриатомной энергии научных учреждений, отдельных ученых и других специалистов».

В приложении к документу был приведен список учреждений атомного проекта (под № 10 значился Физико-технический институт Украинской академии наук и его директор К.Д. Синельников) [15].

Создание промышленности

В 1945 году Правительством СССР были приняты следующие важнейшие решения:

о создании на базе Кировского завода (Ленинград) двух специальных опытно-конструкторских бюро, предназначенных для разработки оборудования, производящего обогащенный по изотопу-235 уран методом газовой диффузии;

о начале строительства на Среднем Урале (около поселка Верх-Нейвинский) диффузионного завода для получения обогащенного урана-235;

об организации лаборатории для работ по созданию тяжеловодных реакторов на природном уране;

о выборе площадки и начале строительства на Южном Урале первого в стране предприятия по производству плутония-239.

В состав предприятия на Южном Урале должны были входить:

• уран-графитовый реактор на естественном (природном) уране (завод «А»);

• радиохимическое производство по выделению плутония-239 из облученного в реакторе естественного (природного) урана (завод «Б»);

• химико-металлургическое производство по получению особо чистого металлического плутония (завод «В»).

Участие немецких специалистов в атомном проекте

В 1945 году в лагерях военнопленных на освобожденных территориях Польши и Германии целенаправленно искали специалистов, имевших отношение к ядерной проблеме, которых незамедлительно доставляли в СССР [5]. Большая часть немецких ученых (около 300 человек) была привезена в Сухуми и тайно размещена в бывших имениях великого князя Александра Михайловича и миллионера Смецкого (санатории «Синоп» и «Агудзеры»). В СССР было вывезено оборудование из немецкого Института химии и металлургии, Физического института кайзера Вильгельма, электротехнических лабораторий Siemens, Физического института министерства почты Германии. Три из четырех немецких циклотронов, мощные магниты, электронные микроскопы, осциллографы, трансформаторы высокого напряжения, сверхточные приборы были привезены в СССР. В ноябре 1945 года в составе НКВД СССР было создано Управление специальных институтов (9-е управление НКВД СССР) для общего руководства работой. Некоторые ведущие немецкие специалисты за эту работу были удостоены правительственных наград СССР, в том числе Сталинской премии.

Немецкое урановое сырье

Во время визита группы советских физиков в Германию в мае 1945 года они обратили внимание на другую сторону вопроса: урановое сырье, которое, как было известно, было захвачено немцами при оккупации Бельгии (она привезла его из южноафриканской колонии). В результате на одном из заводов были обнаружены около 130 тонн оксида урана желтого цвета, который местные рабочие принимали за краску и использовали при ремонте зданий.

Это сырье и пошло на производство первой советской атомной бомбы: собственного урана у страны на тот момент не было, разведка месторождений только началась. «Доставка урана из Германии позволила сэкономить по крайней мере год работы и приблизить на это время срок создания нашей бомбы. Позже в СССР нашли месторождения урана, но располагались они высоко в горах, дорог не было, и пришлось привозить этот уран во вьюках на осликах», – указывал академик Ю. Б. Харитон [16].

Создание минерально-сырьевой базы урановой промышленности

Естественно, встает вопрос о создании минерально-сырьевой базы для урановой промышленности, для чего в рамках строгой секретности создается ряд геологических экспедиций

Краткая история АО «Волковгеология»

Волковская экспедиция Министерства геологи СССР была образована 1 января 1948 года приказом Министерства геологии СССР № 173 от 29 октября 1947 года с целью поисков и разведки урановых руд на территории Казахстана.

С 1948 по 2012 годы преобразовывалась в:

- Производственное геологическое объединение «Волковгеология» (1979);
- Казахстанское государственное геологическое предприятие «Волковгеология» (1992);
- Акционерное общество «Волковгеология» (1994);
- Открытое акционерное общество «Волковгеология» (1999);
- Акционерное общество «Волковгеология» (2005).

Награды:

Орден Трудового Красного Знамени за большой вклад в развитие минерально-сырьевой базы атомной промышленности Указом Президиума Верховного Совета СССР от 30 августа 1983 г.;

Памятный знак ЦК КПСС Совета Министров СССР, ВЦСПС И ЦК ВЛКСМ «За высокую эффективность и качество работы в 11 пятилетке» с занесением на Всесоюзную доску почета на ВДНХ СССР;

Переходящее Красное знамя Министерства геологии СССР и ЦК профсоюза рабочих геолого-разведочных работ вручалось шесть раз;

Переходящее Красное знамя ЦК КПСС, Совета Министров СССР, ВЦСПС И ЦК ВЛКСМ с занесением на Всесоюзную доску почета на ВДНХ СССР вручалось девять раз;

В1985 г. переходящее Красное знамя ЦК КПСС Совета Министров СССР, ВЦСПС И ЦК ВЛКСМ передано коллективу ПГО «Волковгеология» на вечное хранение.

Акционерное общество «Волковгеология» – это уникальная компания в Казахстане с почти 70-летним опытом деятельности в сфере геолого-разведочных работ на урановых месторождениях. История предприятия началась 1 января 1948 года, когда приказом Министра геологии СССР была создана

Волковская геолого-разведочная экспедиция. На нее были возложены задачи поиска и разведки урановых руд на территории Казахстана для обеспечения потребностей оборонного комплекса и атомной энергетики СССР.

За первые 3 года работы Волковской экспедицией было выявлено Курдайское месторождение высококачественных урановых руд, которое в течение двух лет было разведано и передано для промышленного освоения. Это было первое промышленное гидротермальное месторождение в республике. В течение 1953–1957 годов при проведении попутных поисков на уран в эффузивах девонского вулканического пояса Чу-Балхашского водораздела были открыты месторождение Ботабурум и Кызылсай.

В 1957–1958 годах в этом же регионе был обнаружен ряд проявлений урана.

В 50-е годы в Северном Казахстане выявляются Кубасалдырское, Балкашинское, Шатское месторождения урана, затем Мынбайское Заозерное и Ишимское. Для форсирования разведки выявленных месторождений и расширения работ по поиску урана на базе ряда партий Волковской экспедиции в 1955 году была создана Степная экспедиция.

В мезо-кайнозойских образованиях поисковые работы в первый период были несистематическими, с применением незначительных объемов бурения. Но и эти работы выявили непромышленные концентрации урана в верхних слоях чехла.

Зато на полуострове Мангистау была выявлена группа радиоактивных аномалий и рудопроявлений, связанных с пластами глин, обогащенных ураноносными рыбными остатками. В 1956 году открыто крупное месторождение Меловое, на базе которого создается Прикаспийский ГМК и строится г. Шевченко (г. Актау). Затем обнаруживаются другие месторождения – Токмак, Тасмурун, Тайбагар, т.о. Мангистау становится самостоятельным урановорудным районом с уникальным органогенно-фосфатным типом комплексного уран-редкоземельно-фосфорного оруденения.

В 1957 году в Южном борту Илийской впадины в нижне-среднеюрской терригенной толще устанавливаются по результатам бурения урановорудные интервалы в кровле угольных пластов с промышленной мощностью – месторождение Кольжат.

Одним из основополагающих событий конца 50-х годов стало открытие силами Краснохолмской экспедиции Учкудукского месторождения в Центральных Кызылкумах (Узбекистан), где устанавливается пространственная связь уранового оруденения с границами зон пластовой лимонитизации, развивающихся в проницаемых водоносных горизонтах.

В 60-е годы в Южном Казахстане Волковской экспедицией были проведены поиски бурением аналогов Учкудукского месторождения в прибортовых частях Сырдарьинской и Чу-Сарысуйской депрессий, в Северо-Западном Приаралье, северном и южном бортах Илийской впадины.

В результате были выявлены перспективные водоносные горизонты, в связи с которыми установлены и прослежены до 100 км зоны пластового окисления (ЗПО), а также выявлены месторождение Кызылколь, Даут в западной оконечности Большого Каратау и ряд рудопроявлений. В Шу-Сарысуйской депрессии основным итогом становится выявление широкого развития ЗПО и открытие месторождения Уванас и ряда рудопроявлений.

К середине 60-х годов поиски месторождений ЗПО в Казахстане были приостановлены из-за ужесточения требований промышленности.

С конца 60-х по 90-е годы стал внедряться новый прогрессивный метод отработки обводненных месторождений – метод подземного выщелачивания, причем применение этого метода позволило главный недостаток – обводненность – превратить в основное достоинство и преимущество, позволяющее добывать уран без извлечения рудной массы и вмещающих пород на поверхность, тем самым сократив негативное воздействие на природную среду. Первым и главным объектом стало тогда еще непромышленное месторождение Уванас, которое уже после полевых испытаний было передано в эксплуатацию в 1977 году как крупный промышленный объект.

Большим событие стало открытие в 1976 году крупного месторождения Мынкудук, а впоследствии в 80-х годах месторождений Инкай, Буденовское и ряда других.

Семидесятые-восьмидесятые годы прошлого века ознаменовались открытием геологами Волковской экспедиции в Южном Казахстане крупной урановой провинции в Шу-Сарысуйской депрессии, затем совместно с геологами Краснохолмской экспедиции, преобразованной в объединение «Краснохолмсгеология», были открыты месторождения Северный и Южный Карамурын, Ирколь в Сырдарьинской депрессии, что вывело и эту территорию на передовые позиции в урановой отрасли;

были выявлены и различные типы уранового оруденения в Илийской впадине. Благодаря этим открытиям Казахстан по разведанным запасам урана, пригодным для отработки способом подземного выщелачивания, стал мировым лидером.

Подводя итог, надо еще раз сказать, что специалистами «Волковгеологии» за весь период существования компании было выявлено более 40 месторождений урана и создана крупнейшая в мире минерально-сырьевая база уранодобывающей промышленности Казахстана с суммарным запасом урана более 1,3 млн тонн. Основу этой базы составляют 19 крупных и уникальных месторождений урана гидрогенного типа, выявленные АО «Волковгеология» в Южном Казахстане.

Предприятием «Волковгеология» была дана прогнозная оценка ураноносности, выделены перспективные площади для поисков месторождений различного типа, разработана программа «Развитие урановой минерально-сырьевой базы РК на период до 2030 года».

Список использованных источников

1. Мания Х. История атомной бомбы. – 2012.
2. **Буланов А.** Первая бомба: история создания ядерного оружия в деталях. – 2019.
3. Феттер-Ворм Дж. Тринити. История создания атомной бомбы. – 2019.
4. Орлова Г. История советской атомной бомбы. – 2019.
5. Петров Н., Берикболов Б. и др. Урановые месторождения Казахстана. – 2008.

ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА ОСНОВЕ НОВОГО ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ – СПОНТАННОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА

Зарипова Ю.А., Дьячков В.В., Юшков А.В.
Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики Казахского национального университета им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

Введение

В основе идеи изучения физических базисов принципиальной возможности и конструкторских особенностей разработки термоядерного реактора на твердом и жидком топливе лежат два недавних открытия авторов доклада – экспериментальное доказательство существования в объеме ядер локальных сгустков ядерной материи, называемых кластерами (мультикластерами), и экспериментальные доказательства существования нового ядерно-физического явления спонтанного синтеза кластеров внутри объема ядра. Существенные кинетические энергии вторичных излучений от спонтанного синтеза (около 10 МэВ на один акт) могут быть утилизированы в интересах новой атомной и водородной энергетики. Особенностью такого энергетического реактора является принципиальная возможность подбора для синтеза твердого топлива, что раскрывает дополнительные горизонты термоядерных энергетических установок.

Ниже даны результаты измерений кластерных ширин синтезируемых мультикластеров в объемах различных ядер с легкими, средними и тяжелыми массовыми числами. Измерения проведены на казахстанском и дубненском ускорителях с использованием полупроводниковых и твердотельных трековых детекторов (ТТД). Выполнены также виртуальные ядерные эксперименты с помощью разработанных авторами пакетов программ для виртуальных научных и студенческих лабораторий по атомной и ядерной физике. В частности, в докладе описаны пакеты компьютерных программ для интерактивного конструирования термоядерного реактора на твердом топливе с учетом имеющихся в природе руд и минералов, как обогащенных, так и необогащенных. Такие виртуальные эксперименты направлены на оптимизацию подходящего для новой термоядерной энергетики топлива и на сокращение времени на экспериментальный поиск и эскизное проектирование.

Теоретически построена модель ядра не на основе старого нейтрон-протонного ядерного состава и строения Иваненко-Гейзенберга, а на основе современной мультикластерной ядерной архитектуры и топологии, модель которой восходит к основателям ядерной физики Э. Резерфорду и Л. Мейтнер, которые считали, в частности, что атомные ядра состоят не из нуклонов, а из альфа-частиц. Соответствующие пакеты компьютерных программ основаны на Базе атомов и Базе ядер, созданных ранее авторами в Лаборатории ядерных взаимодейсвий и радиационной безопасности (ЛЯВРБ) НИИЭТФ. Естественно, что указанные базы данных систематически пополняются авторами новыми современными ядерными данными в интересах адекватности расчетов. Физические основы указанной выше модели и ее математический формализм частично уже опубликованы нами в периодической печати [1] и доложены на трех международных и двух республиканских конференциях.

Конструкторские особенности будущей термоядерной установки на твердом топливе будут связаны с особенностями утилизации кинетической энергии заряженных и нейтральных продуктов термоядерного синтеза или с их комбинацией. Компьютерные программы позволяют виртуально оптимизировать концентрации полезного вещества, его плотность, размеры активной зоны и многие другие энергетические параметры. Параллельно оценивается экономическая целесообразность той или иной конструкции и ее применимость в условиях мегаполисов или пустынных труднодоступных мест. На основе виртуальных экспериментов отрабатываются варианты конструкций тепловыделяющих элементов и тепловыделяющих сборок вертикального и горизонтального расположения. Кроме того, виртуальными лабораториями предусмотрены исследования по непосредственной утилизации продуктов термоядерного синтеза в электрическую энергию наряду с тепловой утилизацией.

Существенной частью идеи конструкции составляют вопросы ядерной и радиационной безопасности частей реактора и установки в целом. Потенциально такой термоядерный реактор представляется безопасным. Так, его радиация (спонтанный ядерный синтез) является по существу фоновым излучением Земли. Лишь конструкции с обогащением топлива должны быть предметом особого рассмотрения. Социальное значение наших новых идей велико, так как если будут найдены практически целесообразные

физико-математические и конструкторские решения, то человечество реально будет обеспечено безопасной энергией на многие тысячелетия вперед.

Существенные кинетические энергии вторичных излучений от спонтанного синтеза (около 10–15 МэВ на один акт синтеза) могут быть утилизированы в интересах атомной и водородной энергетики уже отработанными классическими методами. Итак, ясно, что открывается принципиальная возможность параллельно с ионно-плазменным рабочим телом подбора для синтеза твердого или жидкого топлива.

1. Физические основы твердотопливной термоядерной установки

Цель работы: исследование возможностей разработки активной зоны энергетического термоядерного реактора на новых физических принципах и новом твердом или жидком топливе. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи:

– модернизировать методику обнаружения мультикластеров внутри объема ядра и измерения кластерных ширин, недавно разработанную авторами на пучках ускорителей, названную «петлевой методикой» [1];

– адаптировать петлевую методику к условиям конкретных ускорителей в Лаборатории ядерных реакций ОИЯИ (г. Дубна Московской области);

– методом дифракционного фраунгоферовского рассеяния ускоренных ионов на изотопах твердотельных химических элементов найти претендентов на твердотопливные или жидкостные ТВЭЛы, имеющие максимальные кластерные ширины водородных мультикластеров для осуществления, в первую очередь, дейтерий-тритиевой термоядерной реакции внутри объема ядер избранного химического вещества;

– в рамках современной мультикластерной квазикристаллической модели [2] вычислить вероятности «встречи» дейтронов и тритонов в различных твердых или жидких топливах, и на этой основе вычислить возможный объем активной зоны будущего твердотопливного или жидкотопливного термоядерного реактора;

– провести технико-экономические расчеты создания нового типа термоядерного реактора на твердо-жидком топливе с учетом запасов топлива в природе и совершенства логистики;

– выполнить эскизный проект будущего термоядерного реактора на твердо-жидком топливе на мощность 0,5 ГэВ;

– создать компьютерную интерактивную модель «действующего» термоядерного реактора на твердо-жидком топливе в качестве учебной виртуальной лаборатории для обучения студентов физико-технических специальностей и для сокращения сроков экспериментальных поисков оптимальных топлив.

По материалам экспериментов на ускорителях измерены кластерные ширины водородных, гелиевых и литиевых внутриядерных изотопов-кластеров, дающих основной вклад в энерговыделение при спонтанном ядерной синтезе. Определена степень чувствительности современных электронных спектрометров, твердотельных трековых детекторов при измерении угловых распределений дифференциальных сечений, как на ядрах-матрицах, так и на каждом мультикластере в отдельности; исследованы детектирующие системы в зависимости от времени экспозиции на пучках ускоренных ионов и на калибровочных источниках.

На базе экспериментов по измерению кластерных ширин определен систематизированный ряд молекулярных и композитных топлив для практической реализации эффективного спонтанного ядерного синтеза на экспериментальной модели объемом 1 м^3 твердотельно-жидкостного термоядерного реактора (ТТЯР) в ЛЯВРБ НИИЭТФ КазНУ. На этой физической модели ТТЯР методами альфа-, бета-, гамма-спектрорадиометрии изучены закономерности реального тепловыделения от различных параметров твердо-жидкостных ТВЭЛов и ТВС.

Разработаны физико-математические модели, созданы на этой основе виртуальные лаборатории, с помощью которых выявлены математически формализованные полуэмпирические закономерности распределения тепловыделения по объему ТТЯР и ТВС. Выполнены эскизные проекты ТВЭЛ для ТТЯР как в твердотельном исполнении, так и в жидкостном исполнении. Выполнены эскизные проекты ТВС для ТТЯР жидкостные и твердотельные, а также будут произведены оценки возможности конструирования ТТЯР для орбитальных и межпланетных полетов.

Все виды получаемой человечеством энергии (кроме ветровой, приливной и т.п.) связаны с преобразованием структуры вещества топлива – разъединением (делением) или слиянием (синтезом) его составных частей. То есть в этом процессе механизм получения энергии основан именно на высвобождении экзотермической энергии связи. Наиболее наглядно это видно в атомной энергетике, в которой высвобождается энергия связи двух осколков при делении ядер урана или плутония. Подчеркнем,

что в ядерной энергетике фундаментом базисом является явление спонтанного деления, открытого в 1940 году Петржаком и Флеровым. А в будущей термоядерной энергетике фундаментом базисом является явление спонтанного синтеза, в котором высвобождается экзотермическая энергия связи, наоборот, при слиянии (синтезе) легких ядер внутри объемов сложных ядер.

История открытия энергетически мощной реакции деления началась в 1934 году с открытия Энрико Ферми нового загадочного явления множественных периодов полураспада у искусственной радиоактивности, вызываемой нейтронами при их взаимодействии с ураном. Четыре года ряд ученых пытались разгадать, какие химические элементы дают мультипериодные времена полураспада, пока наконец радиохимический анализ, выполненный Ганом и Штрассманом в 1938 году, не доказал, что эти химические элементы имеют приблизительно половинную массу от урана, около массы химического элемента бария. Интерпретацию этого явления сразу же нашли Фриш и Мейтнер – это осколки деления урана под действием налетающих нейтронов. Вскоре, в 1940 году, Петржак и Флеров обнаружили еще одно, критическое для ядерной энергетики явление – спонтанное деление ядер.

Обратная делению ядерная реакция – это ядерная реакция синтеза с энергетической точки зрения сразу же вслед за делением обратила на себя внимание и впервые в формате неуправляемого процесса была использована в 1949 году в виде термоядерного оружия. С этого момента параллельно с совершенствованием термоядерных бомб шел интенсивный поиск технологии управляемой реакции синтеза в целях мирной энергетики. Квинтэссенцией явилось создание установки «Токамак», международной командой во Франции в 2020 году начата сборка международной энергетической установки, работающей на газо-ионной плазме.

2. Физическое обоснование возможности управляемого синтеза на твердом топливе

До настоящей работы в мировой литературе нами не найдено исследований управляемого термоядерного синтеза в жидкой или твердой фазе вещества. Нам впервые в мире удалось экспериментально обнаружить новое ядерное явление – спонтанный ядерный синтез. Но не в традиционной постановке эксперимента – простом взаимодействии двух свободных легчайших ядер, а в необычной – как синтез ядер-кластеров, осуществляемый внутри объема ядра. Подчеркнем, что это вполне вероятный процесс, процесс «встречи» легчайших и легких ядер-кластеров, так как в объеме ядра реализуется экстремально большая плотность ядерной материи в сто миллионов тонн на кубический сантиметр. При этом вылет продуктов этой необычной ядерной реакции за пределы ядра осуществляется уже в виде «обычных» вторичных продуктов «обычной» термоядерной реакции. Из этого, в частности, нам удалось понять, откуда при альфа-распадах тяжелых ядер у альфа-частиц берутся такие гигантские кинетические энергии, от 3 до 9 МэВ. Именно за счет внутриядерного синтеза. Фундаментальной основой нашего открытия является обнаруженное нами экспериментально еще одно новое явление – мультикластерный состав атомных ядер, в противоположность ивановско-гейзенберговскому протон-нейтронному составу ядер. Нами на казахстанском ускорителе У-150м проводились опыты по рассеянию альфа-частиц на легких и средних ядрах. Аналогично явлению мультипериодного по времени полураспада Ферми в этих опытах мы обнаружили мультипериодные, но по углу, угловые дифракционные распределения, которые сразу же указали на наличие в ядрах мультикластерного состава. То есть наряду с рассеянием альфа-частиц на ядре как целом, как на ядре-матрице, мы обнаружили аналогичное рассеяние на легчайших составных частях исследуемых ядер-матриц – дейтронах, тритонах, гелий-3 и гелий-4 [1]. И все – в одном эксперименте, в одном спектре рассеянных частиц, что совершенно исключает какие-либо погрешности, связанные, например, с примесями и абсорбцией. Этот запрет по принципу унитарности ядерных реакций внутри объема ядра вызывает необычное поведение угловых распределений дифференциальных сечений (УРДС), которое нами названо «модуляцией УРДС».

Еще одно наше открытие положено в основу создания твердожидкостного ТТЯР. Оно явилось решающим условием осуществления спонтанного мультикластерного синтеза внутри ядер. Это экспериментально открытое нами явление криволинейности неевклидовости пространства внутри ядер [3], которое сродни эйнштейновскому криволинейному пространству внутри и вокруг Солнца, блестяще подтвержденное экспериментально во время полного солнечного затмения.

Таким образом, эйнштейновская кривизна мегапространства сродни римановой кривизне ядерного пространства, возникающей в связи с наличием в объеме ядра микросгустков ядерной материи в виде мультикластеров, это изотопы водорода, гелия и лития создали условия для их многочисленных «встреч», за счет чего эти изотопы вступают в экзотермические ядерные реакции синтеза. Продукты синтеза, унося

за пределы ядра значительные кинетические энергии, в среднем около 10 МэВ на одно взаимодействие, и являются объектами данной работы в прикладных целях. Таким образом, удалось вскрыть истинный механизм альфа-распадов, который до открытия нами спонтанного ядерного ситеза был загадкой. Вся теория альфа-распадов ограничивалась лишь вычислениями вероятности преодоления альфа-частицами потенциального барьера и не давала ответа на вопрос о происхождении кинетической энергии альфа-частиц.

В настоящей работе ставилась двуединая задача: в экспериментах на ускорителях найти такие ядра, у которых кластерные ширины для изотопов водорода максимальные и спроектировать оптимальную конструкцию ТТЯР на жидком или твердом топливе. Основные узлы твердотельного или жидкостного ТТЯР будут конструироваться на базе аналогов из уран-плутониевых энергетических ядерных реакторов уже действующих АЭС. В конструкциях твердожидкостных реакторов атомных электростанций (ТЖЭС) будет учитываться использование как природных руд и минералов, так и обогащенных нужными изотопами топлива. Поскольку объемы, особенно твердотельных реакторов, ожидаются небольшими, то в работе планируется рассмотреть конструкции ТТЯР, таких «горячих камней», для космических полетов и для колонизации спутников и далеких планет. В таких конструкциях, естественно, будут отсутствовать какие-либо движущиеся детали.

Перспективным представляется не только генерация тепла и парообразование в твердотельно-жидкостных ТТЯР для мощной энергетики, но и прямое преобразование радиоактивности в виде спонтанного синтеза в низкопотенциальное электричество за счет заряженных продуктов спонтанного ядерного синтеза. Аналогом таких преобразователей служат существующие, главным образом, бортовые на спутниках батареи, действующие на основе альфа-распадов.

При конструировании мощных энергетических установок на основе спонтанного ядерного синтеза большой проблемой является утилизация кинетической энергии гамма-квантов и нейтронов, рождающихся в абсолютно экзотермическом канале радиационного захвата. Здесь будут подбираться композиционные материалы с большими сечениями фотоэффекта, комптоновского рассеяния и процесса образования пар. Эта конструкция будет являться бланкетом твердотельно-жидкостного ТТЯР.

3. Компьютерное моделирование термоядерной установки на основе минералов с максимальным выходом продуктов спонтанного синтеза: взгляд в будущее

Поскольку спонтанный синтез происходит во всех химических элементах, то есть по всей ZN-матрице изотопов, то задача состоит не в поиске самого феномена, а в поиске веществ, скажем природных минералов, с максимальным выходом продуктов синтеза. В минералогическом музее предполагается произвести измерения α-, β-, γ-радиоактивности природных минералов и их естественное тепловыделение.

Итак, обнаруженное нами новое ядерное явление – спонтанный ядерный синтез, потенциально может быть положено в основу будущей термоядерной твердотопливной энергетики. Вспомним известное с 1940 года явление спонтанного деления, лежащего в основе ядерной энергетики. Новое явление позволяет построение на его основе нового вида энергетики – термоядерной энергетики на твердых или жидких топливах.

В задачу данной работы входило создание виртуальной программы для оптимизации активной зоны будущей термоядерной установки на твердом топливе (ТТЯР). Оптимизация состоит в создании виртуальной модели будущей термоядерной АЭС, с помощью которой в интерактивном режиме можно будет подбирать оптимальные параметры разнообразных конструкций ТТЯР, в том числе и для студентов в учебных целях.

Итак, в результате настоящего исследования впервые в мире были заложены научные и инженерно-технические основы будущей мощной термоядерной энергетики на жидком или твердом топливах. Значимость в международном масштабе состоит в том, что будет на научной основе данного исследования построена атомная и водородная энергетика как с использованием спонтанного деления тяжелых ядер, так и на основе спонтанного синтеза легких ядер (внутриядерных мультикластеров).

Методы исследования в данной работе разбиваются на три группы: I. экспериментальные методы; II. теоретические методы в форме вывода формул; III. расчетные методы в форме разработки и создания оригинальных компьютерных пакетов программно-математического обеспечения.

1. К экспериментальным методам относятся опыты на пучках ускоренных тяжелых ионов, проводимые в ЛЯР ОИЯИ (г. Дубна, Московская область) с использованием ускорителей У-400, У-400м и У-280. Будут проводиться также радиометрические и альфа-, бета-, гамма-спектрометрические измерения

естественной радиоактивности руд и минералов в поисках оптимальных топлив для ТТЯР. Также будут изготавливаться и калиброваться твердотельные трековые детекторы для экспериментов на ускорителях и в естественной среде для спектрометрических и радиометрических измерений спонтанного излучения различных претендентов на топливо.

II. К теоретическим методам относятся исследования по выводу формул для кривизны внутриядерных пространств в формализме тензорного анализа и геометрий Римана-Лобачевского, в которых осуществляется динамика и статика внутриядерных мультикластеров. Будут вычислены параметры кривизны пространства ядер для перспективных с точки зрения топлив для ТТЭС, атомных ядер по всей менделеевской таблице с учетом процентного содержания конкретного изотопа в их естественной смеси изотопов.

III. К расчетным методам относятся разработки математического описания компьютерных программ, их алгоритмов и окончательные рабочие расчеты конкретных конструкций. Отладка этих программ и расчеты контрольных примеров с последующей их верификацией под практические конструкторские эскизы. Будут усовершенствоваться и дополняться уже имеющиеся в ЛЯВРБ НИИЭТФ КазНУ им. аль-Фараби базы атомных данных, базы ядерных данных и базы знаний для их приложения к задачам проекта. При выполнении данного проекта будут разработаны методики для измерения фоновой радиации с помощью современных электронных радиометров, твердотельных трековых детекторов и разработанного в лаборатории устройства для регистрации земных бета-радионуклидов.

На первом этапе будет модернизирована вакуумная камера рассеяния, имеющаяся в ЛЯР ОИЯИ для целей проекта. Будут выполнены наладочные и калибровочные измерения. Будут разработаны методики обследования естественной радиоактивности руд и минералов с учетом температуры, давления и влажности окружающей среды как на натурных образцах, так и в калориметрической установке объемом 1 м^3.

Будут сконструированы экспериментальные калориметрические модули как прообразы будущих ТВЭЛов и будущих ТВС. Параллельно будут выполняться теоретические исследования и разработки виртуальных компьюторных лабораторий для интерактивных расчетов калориметрического эффекта от спонтанного ядерного синтеза. Будут собираться экспериментальные ТВЭЛы и измеряться их калориметрический эффект. Параллельно будут проводиться расчеты ТВЭЛов и ТВС для различных геометрий активной зоны реакторов ТТЭС. Таким образом, в результате измерений с помощью современных электронных радиометров, твердотельных трековых детекторов и разработанного в лаборатории устройства для регистрации земных бета-радионуклидов будут однозначно установлены изотопы-матрицы с повышенным содержанием водородных мультикластеров для повышенной эффективности спонтанного ядерного синтеза в активной зоне термоядерного реактора.

4. Результаты и выводы

Итак, достоверно установлены основные закономерности распределения кластерных ширин по всей ZN-матрице конкретных ядер для всех химических элементов менделеевской таблицы. Предложены научные подходы в плане создания принципиально нового направления в мощной энергетике – разработке твердожидкостного и безопасного термоядерного реактора. Будут разработаны на основе физико-математического моделирования рекомендации по уменьшению концентрации долгоживущих радионуклидов, могущих образовываться в цепочках спонтанного термоядерного синтеза и последующих распадов в интересах радиоэкологии; будут получены закономерности формирования баланса в объеме ядер двух конкурирующих внутриядерных явлений – спонтанного деления и спонтанного синтеза. Предполагается получение новых фундаментальных знаний в области ядерной медицины и радиоэкологии с целью выявления уровней риска онкозаболеваемости.

Список использованных источников

1. Zaripova Y.A., Dyachkov V.V., Yushkov A.V., Zholdybaev T.K., Gridnev D.K. Direct experimental detection of spatially localized clusters in nuclei on alpha-particle beams // International Journal of Modern Physics E. – 2018. – Vol.27, No.2. –1850017.

2. Дьячков В.В., Зарипова Ю.А., Юшков А.В. Кластерная структура ядер и новые пространственные закономерности // Вестник КазНУ. Сер. физ. – 2016. – №2(57). – С. 89–97.

3. Dyachkov V.V., Zaripova Y.A., Yushkov A.V. Experimental Foundations of Nuclear Physics in Non-Euclidean Spaces / Proc. Int. Symp. Exotic Nuclei. – World Scientific, 2020. – P. 391–394.

ВКЛАД АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ» В ПОДДЕРЖАНИЕ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ

Боковая Н.Н., АО «НАК «Казатомпром», Казахстан

1. Зарождение режима нераспространения ядерного оружия

После того как в США было создано, испытано и применено при проведении бомбардировок городов Хиросима и Нагасаки, Япония, в августе 1945 года ядерное оружие в мире началась новая эра- эра возможной ядерной войны с потенциальным риском уничтожения всего живого на планете Земля. Основными вехами этой новой эры стало создание и испытание ядерного оружия СССР в 1949 году, в Великобритании в 1952 году, во Франции в 1960 году и в Китае в 1964 году.

В начале новой ядерной эры в Европе еще велись работы по восстановлению стран из руин после Второй мировой войны, фактически уже был произведен «раздел» Европы на зоны влияния США и СССР в соответствии с границами стран, освобожденных от немецких захватчиков, по этому же принципу создавались политические, экономические и военные союзы.

Исходя из сложившейся внешнеполитической ситуации многие страны начали создавать собственные ядерные программы, однако на рубеже 1950-1960 годов стало ясно что новый вид вооружений является достаточно проблемным для достижения стандартных военных целей таких как захват территории или отражение нападения, стала понятна дороговизна его создания и малая применимость для достижения сиюминутных политических целей. Таким образом в начале 1960-х в мире были страны, обладающие ядерным оружием и не желающие расширения ядерного клуба и страны, не обладающие потенциалом, в первую очередь экономическим и интеллектуальным, необходимым для самостоятельного создания ядерного оружия и не стремящиеся к обретению такого оружия, но высказывающие озабоченность об отсутствии гарантий безопасности и территориальной целостности как со стороны ближайших соседей так и со стороны ядерных стран.

В тоже время попытки использовать управляемую ядерную цепную реакцию для производства электричества, о отличии от неуправляемой ядерной цепной реакции в ядерном взрывном устройстве, начались в 1940-х годах и в США и в СССР. На рубеже 1950-1960- х годов в США, СССР, Великобритании, Франции, ФРГ были созданы и функционировали атомные реакторы, способные вырабатывать пригодную для использования электрическую энергию.

На рубеже 1950-1960-х годов пять государств обладали ядерным оружием, что провоцировало другие страны на принятие мер по его обретению, но эта ядерная пятерка не была заинтересована в расширении членов ядерного клуба, как и не была готова отказаться от обладанием ядерным оружием в виду начинающейся «холодной войны» и мирового противостояния США-СССР в котором обладание ядерным оружием рассматривалось как элемент сдерживания потенциального противника. В тоже время в мире рос интерес к возможному мирному использованию атомной энергии и перспективам, связанным с возможным ростом экономического потенциала стран, развивающих атомную энергетику.

На рубеже 1950-1960-х годов остановить гонку ядерных вооружений было очень сложно, но в мире еще была свежа память о Второй мировой войне и о глобальных потерях с ней связанных. В результате консультаций и переговоров, прошедших под эгидой ООН было достигнуто мировое понимание необходимости создания и поддержания функционирования режима нераспространения ядерного оружия, в 1957 году было создано Международное Агентство по Атомной Энергии (МАГАТЭ), как один из основных действующих институтов по поддержанию мирного развития атома. В соответствии с Уставом МАГАТЭ является ведущей мировой межправительственной организацией по научно-техническому сотрудничеству в ядерной сфере. Его деятельность направлена применение ядерной науки и технологий в мирных целях, поддержанию международного мира и безопасности.

В начале 1960-х годов в результате консультаций как на уровне ООН, так и путем переговоров на уровне стран был разработан Договор о нераспространении ядерного оружия (ДНЯО) в котором был закреплен факт наличия у пяти государств ядерного оружия и отсутствие ядерного оружия у других государств. В соответствии с положениями ДНЯО, все государства, его подписавшие обязуются подписать с МАГАТЭ Соглашение о применении гарантий, а также государства, обладающие ядерным оружием, обязуются не передавать ядерное оружие, государствам им не обладающим, а последние обязуются не приобретать ядерное оружие и подписать с МАГАТЭ соглашение о применении гарантий ко всему ядерному материалу, находящемуся под их юрисдикцией.

Для достижения целей мирного использования атомной энергии МАГАТЭ разработало и применяет систему гарантий, направленную на то чтобы специальные расщепляющиеся и иные материалы, услуги, оборудование, технические средства и сведения, предоставляемые агентством или по его требованию или под его наблюдением или контролем, не были использованы таким образом, чтобы способствовать какой-либо военной цели и распространять, по требованию сторон, применение этих гарантий на любые двусторонние или многосторонние соглашения или, по требованию того или иного государства, на любые виды деятельности этого государства в области атомной энергии.

Таким образом в глобальном смысле режим нераспространения ядерного оружия представляет из себя систему мер сдерживания по приобретению статуса ядерной державы теми странами, которые не обладали ядерным оружием к 1967 году и представляет из себя совокупность международных и двусторонних договоренностей по контролю над оборотом ядерных материалов, внутренние законодательные акты стран- участниц ДНЯО и практические шаги государств по соблюдению принятых на себя обязательств.

В настоящее время практическим механизмом по реализации режима нераспространения ядерного оружия является применение системы гарантий МАГАТЭ, в рамках которой большое внимание уделяется наличию и функционированию государственной системы учета и контроля ядерных материалов в соответствии с требованиями которой, на каждого собственника ядерных материалов должна быть возложена обязанность по ведению учета и контроля ядерных материалов с целью документального и фактического подтверждения количеств, перемещений и их местоположения с целью, обеспечения их сохранности и уверенности в отсутствии переключений ядерного материала на военные цели.

В соответствии со стандартным ядерным топливным циклом уранодобывающая промышленность является основой цикла, источником возникновения объекта применения гарантий- урана на стадии его добычи и первичной переработки, т.е. природный уран является исходным материалом для обогащения и создания либо топлива для атомных станций, либо ядерного оружия.

Мировая практика показывает, что все полученные за последнее время в мире результаты разработок ядерного оружия, связаны с программами обогащения урана. Для создания импровизированного ядерного взрывного устройства потребовалось бы 10 тонн природного урана - минимальное количество исходного материала.

Внедрение новых технологий переработки природного урана позволяет получать готовую экспортную продукцию непосредственно на местах его добычи и поэтому в настоящий момент актуальны вопросы обеспечения его сохранности и невозможности переключения на незаявленные виды деятельности, т.е. изъятие части его количеств из оборота на первоначальных стадиях ЯТЦ - при добыче и первичной переработке.

Наиболее интересным и перспективным направлением развития системы гарантий МАГАТЭ является ее применение к уранодобывающей промышленности.

С точки зрения последовательного поддержания системы нераспространения ядерного оружия и как следствие развития системы гарантий применительно к урановой промышленности является на уровне любой страны-участницы МАГАТЭ объективная необходимость развития систем учета и контроля природного урана и мер, позволяющих документально доказать законность происхождения и обоснованность местонахождения любых количеств природного урана в любых физических и химических формах.

В соответствии с данными WNA (World Nuclear Association) и МАГАТЭ тройка стран-лидеров по запасам урана выглядит следующим образом: Австралия – 30%, Казахстан – 12%, Канада – 8%. С 2009 года Казахстан вышел на первое место по добыче урана в мире, годовая добыча составила более 20 000 тонн урана.

2. Краткая справка по Республике Казахстан

Республика Казахстан является унитарным государством с президентской формой правления. Согласно Конституции, страна утверждает себя демократическим, светским, правовым и социальным государством, высшими ценностями которого являются человек, его жизнь, права и свободы.

Казахстан обрел независимость 16 декабря 1991 года. Столица – город Астана.

Численность населения Казахстана превышает 18,87 млн человек.

Занимая территорию 2 млн 724,9 тыс квадратных километров, страна находится на девятом месте по площади в мире. На севере и западе республика имеет общие границы с Россией, на востоке с Китаем, на юге с Кыргызстаном, Узбекистаном и Туркменистаном.

Во внешней политике Казахстан последовательно выступает за упрочение международной безопасности, развитию сотрудничества между государствами и укрепление режима нераспространения ядерного оружия и оружия массового уничтожения.

Казахстан - единственное государство в мировой истории, которое действительно обладало ядерным оружием в течение очень короткого периода времени (1410 ядерных боеголовок и крылатые ракеты, унаследованных от бывшего СССР), и добровольно отказалось от владения, хранения на своей территории и разработки этого оружия. Уже один этот факт создал и поддержал положительный международный имидж стране на десятилетия. Согласно Конституции, в Казахстане запрещена любая ядерная деятельность военного характера, в том числе разработка и хранение на его территории ядерного оружия, и даже ввоз радиоактивных отходов для переработки или захоронения запрещен.

14 февраля 1994 г. Казахстан стал членом Международного Агентства по Атомной Энергии (МАГАТЭ). Все ядерные объекты находятся под гарантиями МАГАТЭ и вся ядерная деятельность Казахстана осуществляется в соответствии с правилами и по стандартам МАГАТЭ.

В настоящий момент к уранодобывающим предприятиям страны применяются все существующие на настоящий момент механизмы контроля мирного использования урансодержащих материалов и механизмы контроля отсутствия возможностей переключения таких материалов на незаявленные виды деятельности.

3. Урановая отрасль Казахстана

Вся промышленная деятельность в Казахстане в атомной сфере осуществляется в АО «НАК «Казатомпром» (Казатомпром).

Казатомпром был образован в 1997 году указом Президента Республики Казахстан в качестве национального оператора Республики Казахстан по импорту–экспорту урана, редких металлов, ядерного топлива для атомных электрических станций.

С момента своего создания Казатомпром строго придерживался принципов безопасного, надежного и мирного использования атомной энергии, осуществляя поставки добытого урана и произведенной из него продукции только при условии предоставления гарантий об использовании продукции Компании исключительно в мирных целях.

Казатомпром является крупнейшим в мире производителем урана с добычей природного урана, пропорционально долям участия Компании, в размере около 24% от совокупной мировой первичной добычи урана в 2021 году. Казатомпром вместе с дочерними, зависимыми и совместными организациями ведет разработку 26 месторождений, объединенных в 14 уранодобывающих предприятий. Все уранодобывающие предприятия расположены на территории Республики Казахстан и при добыче урана применяют технологию подземного скважинного выщелачивания.

Подземное скважинное выщелачивание является способом разработки рудных месторождений без поднятия руды на поверхность. Метод подземного выщелачивания имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными методами: карьерным и шахтным. Степень воздействия последствий подземного выщелачивания на окружающую среду снижается главным образом потому, что, в отличие от традиционных методов, при подземном выщелачивании не вырабатываются отходы, связанные с подъемом руды на поверхность. При этом практически исключается образование пыли и сокращается уровень вредных выбросов в атмосферу.

Местоположение минеральных активов и объектов по добыче

4. Создание базы данных продукции уранодобывающих предприятий.

Казатомпром по факту является представителем урановой промышленности Казахстана и в полном объеме выполняет принятые страной обязательства в части поддержания режима нераспространения ядерного оружия в мире, соответствующих международных обязательств и законодательства Казахстана в части оборота ядерных материалов.

Большой практический опыт Казатомпром был использован при разработке рекомендаций по обеспечению физической ядерной безопасности и ведению учета и контроля природного урана в производстве уранового концентрата «Nuclear Security in the Uranium Extraction Industry», IAEA-TDL-003, 2016 г.

Понимая специфику расположений уранодобывающих предприятий Компании было принято решение о создании и ведении базы данных по продукции предприятий.

Работа была начата в 2019 году в ходе которой были отобраны пробы продукции всех уранодобывающих предприятий Казатомпром и в результате проведенных анализов были достигнуты следующие результаты:

1. Выполнены измерения микроэлементного состава проб ГП уранодобывающих предприятий.

На рисунках 1-2 представлены сравнительные данные по элементному анализу готовой продукции нескольких предприятий.

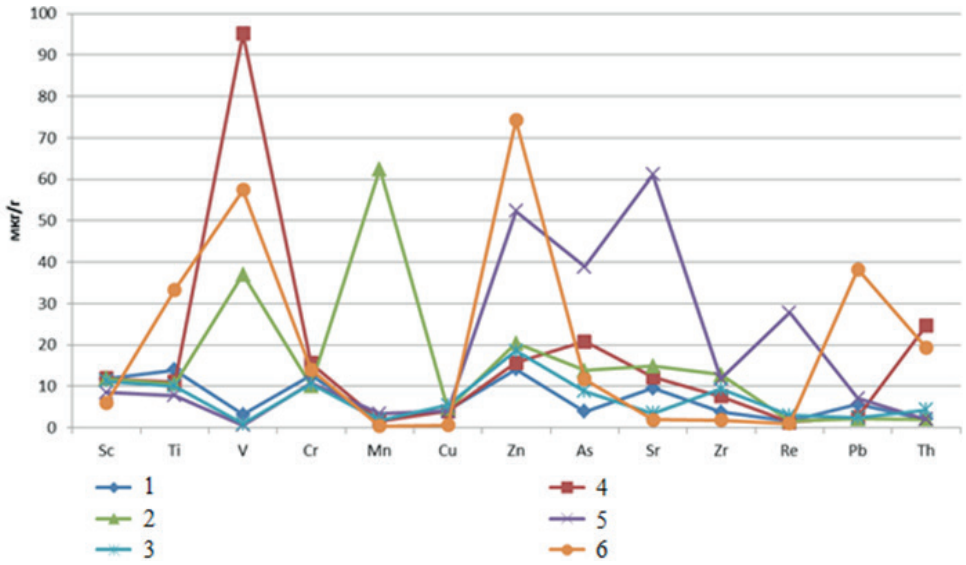


Рисунок 1 – Сравнительные данные по элементному анализу готовой продукции уранодобывающих предприятий

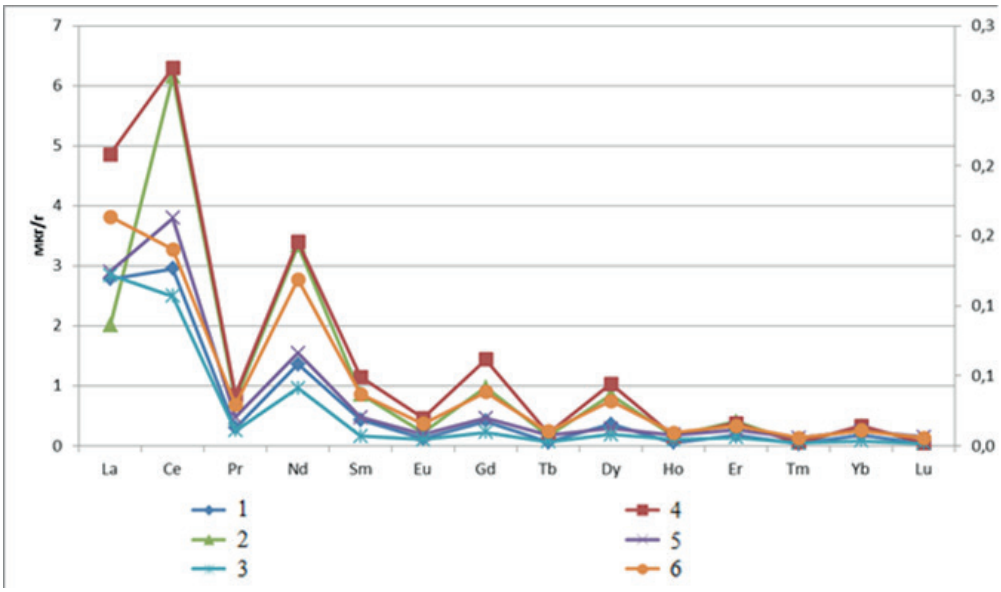


Рисунок 2 – Сравнительные данные по содержанию РЗМ в готовой продукции уранодобывающих предприятий

Анализируя данные рисунков, можно выделить несколько групп элементов, содержание которых в готовой продукции отличается в зависимости от урановорудной провинции. Маркером ГП может выступать как группа элементов, их соотношение, так и единичный элемент. Выявлены особенности сигнатур ГП предприятий, сделаны выводы о наиболее характерных микроэлементных сигнатурах анализируемых продуктах.

2. Выполнены измерения изотопного соотношения урана в пробах в двух испытательных лабораториях ЛИАМ ИВТ и ЦКЭИ ИЯФ. Сравнение данных показывает аналогичные результаты.

Результаты альфа-спектрометрического анализа показывают неравновесное отношение изотопов урана в ГП уранодобывающих предприятий. Соотношение активности изотопов урана234U/238U является сигнатурой ГП.

Выводы

1. Определены элементы-маркеры готовой продукции уранодобывающих предприятий, выявлен диапазон вариации концентраций элементов-маркеров.

2. Фракционный анализ РЗМ в ХКПУ может рассматриваться как первоначальный анализ идентификации ГП, анализ применим для определения принадлежности ГП к типу урановой провинции.

Список использованных источников

1. https://www.iaea.org/ru
2. https://www.akorda.kz/ru
3. https://kazatomprom.kz/ru

ПРОБЛЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

[1]Клепиков А.Х., [1]Тажибаева И.Л., [1]Блынский А.П., [2]Сневе М., [2]Жунусова Т.
[1]Научно-технический центр «Безопасность ядерных технологий», г. Алматы, Казахстан
[2]Агентство по ядерной и радиационной безопасности, г. Осло, Норвегия (DSA)

Проблемы рекультивации (ремедиации) объектов и территорий, загрязненных радиоактивными веществами, определяются напряженной радиоэкологической обстановкой в Казахстане, что обусловлено несколькими причинами. Территория Казахстана насыщена природными радиоактивными объектами (урановыми и ториевыми проявлениями от аномалий до месторождений). Это предопределило статус Республики Казахстан как одной из крупнейших в мире сырьевых баз природного урана (до 20% разведанных мировых запасов). Кроме того, на территории республики Казахстан располагались испытательные полигоны Советского Союза, на которых на протяжении 40 лет (с 1949 по 1989 г.г.) проводились ядерные испытания, повлекшие за собой негативные изменения окружающей среды. Немаловажную роль играют также неурановые месторождения природных ископаемых, такие, как углеводородные (нефть, газ, уголь) и месторождения полиметаллических руд, которые часто сопровождаются сопутствующими скоплениями природных нуклидов, извлекаемых на поверхность при разработке месторождений.

Урановая промышленность

Уранодобывающая промышленность, а также проведенные геологоразведочные работы, в районах, расположенных на территории урановорудных провинций Казахстана, являются одним из интенсивных источников поступления в окружающую среду природных радионуклидов, характеризующихся высокой экологической опасностью. Большей частью, расположение этих территорий связано с местами складирования отходов добычи и переработки урановой руды. Сами урановорудные объекты (до начала поисково-разведочных работ) не могут рассматриваться, как радиоактивное загрязнение (хотя таковыми по сути являются) и должны учитываться, как естественная составляющая повышенного природного геохимического фона. Загрязнителями природной среды они становятся после вскрытия рудных тел, перемещения и складирования урановорудной массы. В этом случае экологический ущерб, нанесенный окружающей среде, определяется рядом факторов, основными из которых являются тип и масштабы месторождения, способ вскрытия, природно-климатические условия, а также типы и особенности ландшафта района, на котором расположено месторождение. При этом, максимально возможный ущерб окружающей природной среде может быть нанесен в тех случаях, когда добыча (или разведка) проводятся на месторождениях урана со слабоконтрастными рудами, расположенных в густонаселенных районах с развитой гидрографической сетью и близким расположением к поверхности грунтовых вод.

При добыче (разведке) этих месторождений горным способом (карьеры, шахты) на поверхность извлекаются огромные массы пород; из них лишь незначительная часть с концентрациями природного урана, превышающими экономически выгодный предел, вывозится на дальнейшую переработку и обогащение. На месте разработок остаются огромные массы породы, в основном с фоновыми содержаниями естественных радионуклидов рядов урана и тория, но встречаются и объемы пород, которые относятся к низкоактивным отходам, требующим захоронения. Эти отвалы могут представлять опасность в связи с тем, что породы в них находятся в раздробленном виде и интенсивно выделяют радон, который может под действием ветра распространяться в приземных слоях атмосферы.

Следующий цикл переработки руды производится на обогатительных фабриках, обычно расположенных вблизи нескольких горнодобывающих предприятий. Из руды здесь извлекается концентрат, содержащий максимальные содержания урана, остальная часть руды накапливается в хвостохранилищах. Объемы хвостохранилищ на порядок ниже, чем отвалы, но среднее содержание урана в них выше. Пыль, развеваемая с поверхности хвостохранилищ, и выделяющийся радон могут создать вокруг них ореолы сверхнормативного для населения загрязнения. Отходы этой группы являются самыми значительными по объему (97% всех радиоактивных отходов) и широко распространены по территории Казахстана, так как в Казахстане разведано и длительное время (более 40 лет) разрабатывалось большое количество урановых месторождений; некоторые из которых являются крупными и уникальными по своим запасам.

Добыча и отработка месторождений урана и тория даёт большое количество твёрдых и жидких радиоактивных отходов, а также летучих загрязняющих веществ. Источниками радиологических рисков,

связанных с этими отходами, являются радионуклиды, образующиеся из цепочки распада урана-238, урана-235 и тория-232. Но общая радиоактивность в основном обусловлена семейством урана-238, из которого наиболее активными являются торий-230, радий-226, радон-222 и некоторые другие естественные радионуклиды.

Большая часть радиоактивности, присутствующей в руде, остаётся в хвостах предприятий по переработке. Радий-226 является нуклидом, имеющем основное значение с точки зрения оценки и контроля радиоэкологической опасности, связанной с хвостами предприятий по переработке радиоактивного сырья. Он может присутствовать при средней концентрации в диапазоне 10-1000 Бк/кг в зависимости от качества руды.

Выделение радона из отвалов и хвостов и вдыхание радона и продуктов его распада вместе с воздухом лицами, живущими и работающими вблизи его источника выделения, повышает риск возникновения раковых заболеваний. Это наиболее серьёзная потенциальная опасность в отношении здоровья, возникающая от присутствия этих отходов. Выделение радона из хвостов и отвалов зависит от многих факторов, таких как количество отходов, концентрация радия-226, влажность и др.

Вследствие больших периодов полураспада изотопов в семействах урана и тория потенциальное воздействие отходов на окружающую среду будет распространяться и, следовательно, потребует контроля в течение очень длительного времени.

Пыль, содержащая радионуклиды, поднятая ветром в воздух, может внести дополнительный вклад в облучение людей, находящихся за пределами места расположения РАО. Это может иметь отрицательные последствия для населения, живущего вблизи от мест расположения отвалов и хвостов.

Ядерные испытания

Ядерные взрывы на территории Казахстана проводились в период с 1949 по 1989 г.г. на Семипалатинском полигоне, на полигонах Азгир, Лира и др.

Самым крупным из ядерных полигонов является Семипалатинский, имеющий площадь 18.5 тысяч км^2. На Семипалатинском полигоне производились как поверхностные, так и подземные взрывы. За время функционирования СИП на его территории было проведено 466 ядерных испытаний, в том числе 30 наземных, 88 воздушных и 348 подземных ядерных взрывов. По оценкам экспертов, около 1,2 миллиона жителей было подвержено влиянию радиационного излучения.

В результате проведения поверхностных взрывов были загрязнены значительные территории на участке "Опытное поле" и ряде других участков, а также при «мирных» ядерных взрывах для создания озера и канала на участке Балапан.

Основное количество радиоактивности на этом полигоне депонировано в полостях подземных ядерных взрывов. Однако часть этой активности попадает в подземные водные горизонты, что приводит к загрязнению окружающей среды.

Наибольшую опасность для окружающей среды в настоящее время представляют места проведения ядерных взрывов с выходом продуктов ядерных реакций в атмосферу, места проведения работ с ядерными и радиоактивными материалами, а также места испытания боевых радиоактивных веществ. Эта опасность заключается в первую очередь в атмосферном переносе радионуклидов по территории, в проникновении радионуклидов в приповерхностные воды, а также в прямом воздействии радиационного излучения на людей, проводящих деятельность на территории полигона без специальных мер предосторожности.

Менее известны испытания, проведенные на полигоне «Азгир» (или "Галит"), а также взрывы в других местах Казахстана, это объекты - “Лира”, “Сай-Утес” (3 взрыва), а также взрывы (6 взрывов) в рамках программам “Меридиан”, “Регион”, “Батолит” по изучению геологического строения земной коры. На полигоне “Азгир” было проведено 17 взрывов в массивах каменной соли, поверхность в целом реабилитирована, однако, проблемы подземных вод здесь такие же, как на Семипалатинском испытательном полигоне. На площадке “Лира” на глубинах 700-900 м было создано 6 полостей объемом около 50 тысяч м^3, предназначенных для хранения газового конденсата Карачаганакского месторождения. Объем четырех из них до сих пор заполнен конденсатом на 10-75%.

Неурановая промышленность

Ряд месторождений полиметаллов, редких земель, и фосфоритов Казахстана содержит урановую минерализацию, которая при добыче руд извлекается вместе с основной. Часть радиоактивной минерализации уходит в отвалы и хвосты, часть остается в основной продукции (особенно в фосфорных удобрениях). На некоторых угольных месторождениях верхние окисленные части угольных пластов

также сопровождаются урановой минерализацией. Этот уголь не реализуется как топливо, а подлежит складированию в качестве РАО. При обследовании территорий нефтегазопромыслов выявляются радиационно загрязненные (в основном Ra-226 и Th-232) почвы, нефтешламы, оборудование, трубы, что связано с длительным воздействием на них нефтяных вод, обогащенных естественными радионуклидами. Подавляющая часть этих отходов (98%) образуется на нефтепромыслах. В настоящее время РАО данной группы приобретают все большее значение из-за интенсивного освоения месторождений нефти Мангышлака-Прикаспия и массового вовлечения в разработку мелких месторождений бурых углей юрского возраста, характеризующихся повышенным содержанием естественных радионуклидов.

На неурановых горнодобывающих и перерабатывающих предприятиях места хранения для объемных радиоактивных отходов до настоящего времени, как правило, не проектировались. В настоящее время проекты добычи углей, имеющие окисленные части, предусматривают хранение и последующее захоронение радиоактивных отходов. Из 76 зарегистрированных мест хранения 57 связаны с загрязненным оборудованием и грунтами на нефтегазпромыслах.

К радиационно-опасным предприятиям неурановой промышленности на территории Казахстана относятся в первую очередь нефтедобывающие и угольные. Пластовые воды нефтяных месторождений содержат наибольшее количество радионуклидов по сравнению со всеми известными пластовыми водами, кроме вод урановых залежей. В результате анализа проб из некоторых нефтегазовых месторождений установлено превышение допустимого содержания радия в сотни раз, а тория в 20-30 раз.

При разработке одного из месторождений каменного угля на территории РК образуется пустая порода, которая имеет в своем составе комплексный уголь с содержанием урана от 0.0046 до 0.0078%, а суммарная удельная радиоактивность угля достигает 867 Бк/кг. Такой уголь не подлежит реализации и должен быть захоронен как радиоактивные отходы.

Опыт реабилитации в РК

Серьезная попытка санации урановых горнодобывающих и перерабатывающих объектов была предпринята в рамках общесоюзной «Государственной программы по обращению с радиоактивными отходами на период 1991-95 гг. и на перспективу до 2005 года», разработанной Минатомэнергопромом СССР в 1991 г., но после распада СССР она не получила дальнейшего развития. До 1991 г. в СССР на территории 23-х хвостохранилищ были проведены различные по содержанию реабилитационные мероприятия, сводившиеся, главным образом, к перекрытию хвостохранилищ полуметровым слоем глинистого и суглинистого материала. Аналогичные работы были проведены и на территории подземных рудников.

С 2000 г. в рамках Программы 57.00 Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды финансировалась разработка проекта по реабилитации радиоактивно зараженных площадей хвостохранилища бывшего Прикаспийского горно-металлургического комбината в г. Актау, которое не эксплуатировалось с 1994 г.

Принятие решения Совета Министров Республики Казахстан (№ 103 от 31.12.92г.) "О срочных мерах по изменению радиологической ситуации в Республике Казахстан" активизировало работы по обследованию радиационной обстановки на территории Казахстана. В числе этих мероприятий на период 1993-95 гг. планировалась экспертиза источников радиоактивного загрязнения на территориях предприятий уранодобывающей промышленности. Наиболее масштабными по объему радиоэкологическими исследованиями этих лет были работы по выявлению загрязненных площадей; обследованию отвалов, подлежащих реабилитации; выявлению неконтролируемых и утраченных ампульных источников ионизирующего излучения.

Однако, несмотря на реальные и ощутимые результаты работ, в связи с обвальным ухудшением экономики началось постепенное их сокращение вплоть до полного прекращения в 1996 г.

Тем не менее, уранодобывающими, перерабатывающими и специализированными геологоразведочными предприятиями в 1993-96 гг. были разработаны проекты консервации и реабилитации ряда объектов, выполнялись научно-исследовательские работы по комплексной радиационно-экологической оценке закрытых урановых рудников, были начаты реабилитационные работы на не переданных в эксплуатацию урановых месторождениях. К сожалению, ни один из проектов, разработанных предприятиями в эти годы, не был реализован.

Все упомянутые работы в той или иной мере были использованы позднее в процессе исследований, выполнявшихся по линии TACIS в рамках программ NUCREG (1996 г.) и BISTRO (1999 г.).

Первым проектом было рассмотрено приблизительно 100 объектов урановой отрасли с выделением

по наиболее радиационно-опасным факторам 13 из них (3 хвостохранилища, 9 месторождений и рудопроявление Маякское), требующих принятия срочных реабилитационных мер. Второй проект, более обстоятельный, касался объектов уранодобывающей отрасли только Жамбылской области. Основное внимание в нем было уделено объектам, выделенным в первом проекте в числе наиболее радиационно-опасных - месторождениям Бота-Бурум, Курдай и Кызылсай. На примере этих крупных урановых месторождений, отрабатывавшихся на протяжении более 40 лет, был дан подробный анализ радиологической ситуации на территориях рудников и вблизи них.

По поручению Министерства энергетики и минеральных ресурсов РК в 2000 году РГП «Уранликвидрудник» разработал Программу консервации уранодобывающих предприятий и ликвидации последствий разработки урановых месторождений на период 2001-2010 гг.

В разработанной Программе стратегия действий в отношении санируемых урановых рудников базировалась на распространении рекомендаций, сделанных в отчётах по приведённым выше программам для закрытых урановых рудников Южного Казахстана; на признании приемлемости методики комплексной оценки риска для условий этих регионов и определении их приоритетности.

Особенностью работ по консервации и реабилитации недействующих рудников, занимавшихся подземной разработкой урановых месторождений, было то, что такие работы в объёмах, предусмотренных Программой, в Казахстане до этого никем не выполнялись. Ликвидация нескольких отработанных шахт в середине 80^{х} и 90^{х} годов осуществлялась силами действующего Целинного горно-химического комбината Минсредмаша СССР, владевшего не только налаженной инфраструктурой и прекрасно оснащенного технически, но и имевшего в своем составе подразделения, способные оперативно и, главное, квалифицированно выполнить все необходимые работы от проектирования до реализации проекта.

Другим немаловажным обстоятельством, существенно осложнявшим производство работ и значительно снижавшим их эффективность, был большой временной разрыв между прекращением деятельности горнодобывающих предприятий и началом работ по их консервации (или ликвидации), составлявший от 5 до 10 и более лет.

По завершении производства на ликвидируемых рудоуправлениях рудники оставались бесхозными вплоть до начала работ по их консервации или ликвидации. За этот период поверхностные комплексы рудников, как правило, приходили в полный упадок и практически переставали существовать: несанкционированно демонтировались и растаскивались металлоконструкции, разрушались здания и сооружения, территории промплощадок превращались в настоящие раскопки по извлечению кабелей с применением канавокопателей, экскаваторов и т. д.

В этих условиях, усугублявшихся отсутствием полных сведений об объёмах радиоактивных отходов, о радиационной обстановке на территории большинства недействующих рудников на момент разработки Программы и рабочих проектов, в них вносились существенные изменения в процессе их реализации.

Необходимо отметить, что ни для одного из закрываемых объектов не разрабатывался отчет по анализу безопасности и не проводился прогноз долговременной стабильности защитных барьеров, вследствие чего в течение прошедшего времени на некоторых реабилитированных объектах защитные барьеры были разрушены с возможным выходом радиоактивных материалов. Таким образом, есть потребность в проведении обследования таких объектов и определении необходимости повторной реабилитации с привлечением опробованных технологий и в соответствии с лучшими примерами международной практики.

Миссия экспертов МАГАТЭ, состоявшаяся в 2014-2015 г.г., дала рекомендации по реабилитации объектов, долговременному надзору и мониторингу, а также проведению первоочередных мероприятий по ремонту и восстановлению защитных покрытий и барьеров. В результате проверки Генеральной Прокуратурой, проведенной в 2016 г., было выпущено представление, что объекты проверки (бывшие урановые рудники, хвостохранилища) требуют консервации, не отвечают требованиям законодательства РК и представляют угрозу жизни и здоровью населения.

В 2017 году Министерство энергетики РК инициировало включение части объектов уранового наследия в межгосударственную целевую программу «Рекультивация территорий государств, подвергшихся воздействию уранодобывающих производств», которая была одобрена протоколом специального заседания Комиссии государств-участников СНГ по использованию атомной энергии в мирных целях. Участниками межгосударственной целевой программы являются Казахстан, Россия, Кыргызстан и Таджикистан. Координатором программы являлся Росатом.

В целях реализации данного протокола координатор программы на первоначальном этапе должен был

рассмотреть вопросы реабилитации урановых рудников № 8, 9 в Акмолинской области и № 3, 12 в Северо-Казахстанской области.

Данные недействующие урановые рудники в Северо-Казахстанской области превратились в экологическую проблему региона. В мае 2018 года на Совете безопасности Казахстана рассматривалась экологическая ситуация в Северо-Казахстанской области. Министерство энергетики предложило акимату зарегистрировать права недвижимого имущества бесхозяйных рудников в местных исполнительных органах. Затем восстановить защитные покрытия и ограждения, локализовать источник возможного излучения. Областной акимат утвердил план по устройству порядка на недействующих рудниках. Он должен был быть отработан в 2020 году. Однако, по состоянию на сегодняшний день, данный план выполнен лишь частично.

Серьезной радиологической проблемой западного региона Казахстана является хвостохранилище Кошкар-Ата, образованное в 1960-х годах, когда в Мангистауском регионе начали добывать уран, и в результате слива сточных радиоактивных вод Актауского горно-обогатительного комбината в небольшую впадину рядом с кладбищем Кошкар-Ата образовалось одноименное радиоактивное хвостохранилище. Бывшая котловина Кошкар-Ата оказалась удобным местом для размещения радиоактивных и токсичных отходов химико-гидрометаллургического комплекса города Актау

Высокая испаряемость и недостаток воды могут стать причиной полного высыхания озера в будущем. Южная часть Кошкар-Аты с высокой концентрацией загрязняющих веществ, твердых отходов и высоким уровнем радиации уже обезвожена. Постоянно дующий сильный ветер, характерный для данной местности, разносит опасные зараженные частицы на значительные расстояния. Местные власти озабочены возможным загрязнением Каспийского моря грунтовыми водами, содержащими ядовитые соединения. Согласно данным мониторинга, в настоящее время повышенный уровень загрязнения грунтовых вод и почвы ограничивается областью, шириной 2-4 км вокруг озера.

Реабилитация хвостохранилища "Кошкар-Ата" началась в марте 2021 года. По заказу Управления природных ресурсов и регулирования природопользования акимата Мангистауской области разработана проектно-сметная документация "Рекультивация хвостохранилища Кошкар-Ата" I этап", которая получила положительное заключение государственной эксперизы. Площадь реабилитации составляет порядка 66 квадратных километров.

Реабилитация направлена на уменьшение воздействия хвостохранилища Кошкар Ата на окружающую среду, в том числе на здоровье населения, предотвращение загрязнения подземных вод прилегающей территории и возможное поступление вредных веществ с загрязненными подземными водами в Каспийское море. После реабилитации будет разработана процедура передачи данного объекта в собственность земель республиканского значения.

Реабилитация бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) предусматривает комплекс мер, направленных на приведение территории в состояние, обеспечивающее максимальное снижение дозовых нагрузок на население и персонал, осуществляющие деятельность на этой территории. К одному из первых мероприятий по реабилитации можно отнести ликвидацию инфраструктуры испытаний ядерного оружия на полигоне. Работы проводились в рамках международного сотрудничества.

На площадке «Дегелен», в одноименном горном массиве, в 1996 -2013 годах были закрыты порталы 181 штольни, проведены работы по сооружению дополнительной защиты на порталах 20 штолен. Данные мероприятия, в целом, обусловили улучшение радиационной обстановки на территории горного массива.

Изъятие загрязненной почвы, содержащей ядерные материалы, также было выполнено на территории испытательных площадок «Опытного поля». Радиоактивно-загрязненная почва была вывезена и размещена на территории хранилища «Байкал-1». На территориях площадью более 4 км^2 снижение уровня радиоактивного загрязнения было обеспечено проведением глубокой вспашки. Такой метод реабилитации прошел апробацию на территории СИП. После перепашки на экспериментальных участках значения МЭД в среднем снизились на 56%, плотность потока β-частиц - на 86,5%. Максимальные значения удельных активностей радионуклидов на некоторых участках исследования находятся в слоях почвы на глубине 20-25 см.

Таким образом, к настоящему времени были выполнены масштабные работы по ликвидации объектов полигона. Ликвидированы штольни на площадке «Дегелен»; проведены защитные мероприятия на испытательной площадке «Актан-Берли», полностью исключающие возможность распространения радиоактивности и ее негативного влияния на окружающую среду и население; ликвидирована часть

скважин площадки «Балапан»; проведены мероприятия по ограничению физического доступа на площадку испытаний боевых радиоактивных веществ, по ремедиации загрязненных техногенными радионуклидами участков в районе площадок «Опытное поле» и «Дегелен». Комплекс проведенных мероприятий привел к существенному снижению степени опасности на территории СИП, тем не менее, предстоит дальнейшая большая работа по проведению обследования, реабилитации, мониторингу и передаче земель в народно-хозяйственное пользование.

Все еще остается сложным вопрос реабилитации объектов и территорий предприятий нефтегазовой отрасли, количество которых возрастает. Почти на всех нефтепромыслах радиоэкологическими работами установлены аномальные содержания природных радионуклидов радия и тория в пластовых водах, выходящих на поверхность при производстве буровых работ. Радиационный риск для населения от этих объектов связан, в основном, с возможностью использования складированных загрязненных труб и оборудования. Зараженные почвы часто засолены и замазучены, на них скудная растительность, что несколько снижает радиационные риски для местного населения, связанные с выпасом на них скота. Уровень мониторинга за распространением радионуклидов на этих объектах остается на очень низком уровне.

Принимая во внимание наличие в Казахстане обширных территорий, загрязненных радионуклидами, и оценивая масштаб проведенных и запланированных работ, можно сделать вывод, что проведенные реабилитационные действия являются лишь первоочередными мероприятиями, выполненными с целью снижения текущих радиологических рисков для населения и окружающей среды. Даже спустя десятилетия после начала работ по реабилитации загрязненных территорий, все еще остается необходимость предпринимать следующие систематические действия:

- проведение долговременного мониторинга и контроля за заброшенными объектами урановой промышленности;
- проведение долговременного мониторинга и контроля на местах проведения ядерных испытаний;
- проведение долговременного мониторинга и контроля на местах добыче нефти и газа с загрязненными почвами и складами радиоактивных отработавших труб и оборудования;
- возведение ограждений, там, где это необходимо, для предотвращения несанкционированного доступа на загрязненные территории.

Проблемы регулирования деятельности по реабилитации

Необходимо отметить, что после того, как ответственность за принятие решений о необходимости реабилитации загрязненных территорий была передана от Министерства здравоохранения местным исполнительным органам, ситуация, в целом, только ухудшилась. Это объясняется как недостатком компетенции и квалифицированных ресурсов для проведения таких работ, так и проблемами с выделением средств из местных бюджетов на проведение работ по реабилитации, часто требующих значительного финансирования.

Необходимо отметить и пробелы в законодательстве РК, которые мешают проведению таких работ на требуемом уровне. Последние изменения в законодательстве фактически перенесли ответственность за такие работы с уполномоченных органов в области охраны окружающей среды (Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан) и санитарно-эпидемиологического благополучия населения (Министерство здравоохранения Республики Казахстан) на уполномоченный орган в области использования атомной энергии (Министерство энергетики). При этом данный уполномоченный орган не располагает собственным нормативным документом, определяющим критерии того, реабилитацию каких территорий надо проводить и с реабилитации каких территорий надо начинать эту работу. Это связано с тем, что в Казахстане отсутствуют количественные критерии, определяющие уровни вмешательства в экологическую ситуацию и необходимость начинать реабилитацию территории.

Также не вполне ясно, как проводить реабилитацию территорий, загрязненных радионуклидами, поскольку в Казахстане отсутствуют регуляторные требования к реабилитации и очистке таких территорий. Не определены в количественном выражении радиационно-гигиенические критерии и нормы для территории для периода после ее реабилитации. Не определены требования к проведению контроля за реабилитированной территорией. Отсутствуют критерии для вывода территории из-под регуляторного контроля и, соответственно, нет требований к проведению радиационного мониторинга на реабилитированных территориях. В развитых странах регуляторные документы определяют радиационно-

гигиенические критерии и нормы в количественном выражении для реабилитированной территории в зависимости от целевого назначения ее использования.

Для заполнения всех этих пробелов в регуляторной базе Казахстана, как минимум, потребуется:

• Определить количественные критерии, определяющие как уровни вмешательства в экологическую ситуацию, так и необходимость начинать реабилитацию территорий.

• Определить критерии и гигиенические нормативы по реабилитации объектов и территорий, загрязненных радионуклидами, которые могли бы обеспечить социально приемлемые гарантии радиационной безопасности для населения, находящегося на территориях с радиоактивным загрязнением.

• Определить регулирующие документы для обеспечения радиационной безопасности персонала и населения при последующем после реабилитации использовании территории, зданий и сооружений. Для этого должны быть разработаны критерии по уровням остаточного загрязнения территории радиоактивными веществами для нескольких наиболее вероятных вариантов их использования после реабилитации, например, территории неограниченного использования; территории ограниченного использования как промышленного объекта, работающего с радиоактивными материалами; территории ограниченного использования как промышленного объекта, работающего без применения радиоактивных материалов.

• Определить дозовые квоты с целью предотвращения необоснованного облучения населения на территориях с радиоактивным загрязнением, а также разработать справочные уровни в величинах радиационных параметров, которые могут быть измерены при проведении радиационного контроля.

Часть этих вопросов рассматривается в рамках реализации проекта технической поддержки, которая оказывается Агентством по Ядерной и Радиационной Безопасности Норвегии Комитету атомного и энергетического надзора и контроля Республики Казахстан в связи с важностью таких работ для охраны здоровья населения и окружающей среды. В ходе работ по проекту технической поддержки был разработан ряд документов, определяющих основные проблемы в области радиационной и ядерной безопасности в РК. В настоящее время идет разработка документов, направленных на ликвидацию пробелов именно в области реабилитации объектов и территорий, загрязненных радиоактивными веществами, таких как:

• Реабилитация объектов и территорий, загрязненных радиоактивными веществами

• Окончательная оценка и мониторинг реабилитированных территорий и объектов в Казахстане»

В настоящий момент проекты документов проходят экспертизу и согласование и принимается решение об их объединении в единый документ, который позволит заполнить существующие пробелы в НПА РК и улучшить организацию работ по приведению загрязненных радиоактивными веществами объектов и территорий в состояние, безопасное для населения и окружающей среды.

НЕДОСТАТКИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗА ЭКЗОГЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА

Кокорев О.Н.[1,2,4], Жилина Е.Н.[1,3], Ершов В.В.[4,5], Самосудова А.В.[4,6], Набокова А.Н.[4]
[1]Томское региональное отделение Российского геологического общества, г. Томск, Россия
[2]ФГУП НО РАО филиал «Северский», г. Северск, Россия
[3]Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия
[4]Томское отделение подразделения Российского союза гидрогеологов по Сибирскому федеральному округу, г. Томск, Россия
[5] ФГБУ «ГИДРОСПЕЦГЕОЛОГИЯ», г. Москва, Россия
[6]Северский технологический институт - филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (СТИ НИЯУ МИФИ), Россия

Проанализированы нормативно-техническая документация, нормативно-правовые акты, а также архивные и отчетные материалы по ведению мониторинга экзогенно-геологическими процессами на предприятиях атомной отрасли Сибирского Федерального округа. Продемонстрированы примеры недооценки наблюдений за экзогенно-геологическими процессами. Приведены недостатки нормативно-технической документации и нормативно-правовых актов. Предложены пути решения и концепция модернизации сети мониторинга состояния недр.

Ключевые слова: Сибирский Федеральный Округ, ГК «РОСАТОМ» экзогенно-геологические процессы, нормативно-техническая документация, мониторинг, экология, экономика

В соответствии с инженерно-геологическим районирование Российской Федерации (РФ), территория Сибирского федерального округа расположена в пределах 5-ти регионов: двух платформ- Западно-Сибирской, Сибирской и трех горноскладчатых систем-Алтае-Саянской, Таймыро-Североземельской и Байкальской.

Характерной особенностью равнинной части округа является ее заболоченность. Наиболее высокой заболоченностью характеризуется Западно-Сибирская равнина в бассейне среднего течения рек Оби и Енисея. Левобережная территория бассейна среднего течения р. Оби расположена в пределах крупнейших болотных систем, одной из которых является Васюганское болото. В северной части Красноярского края болота приурочены к многолетной мерзлоте и подвержены термокарстовым процессам. (Егоров, Льготин, 2019).

Изучение ЭГП, их выявление и наблюдение за динамикой развития является одной из приоритетных задач при инженерно-геологических изысканиях на предпроектной и проектной стадии (СП 11-105-97 и др), но вот вопрос объектного мониторинга на момент строительства и эксплуатации пока не проработан полностью. Эксплуатирующая организация пренебрегает работами по ведению мониторинга за ЭГП.

Проблемы методического плана изучения опасных экзогенно-геологических процессов (ЭГП) заключается в определении четких критериев оценки изменения состояния объектов, методов наблюдений, периодичности наблюдений. Так, применяемые в настоящее время методы оценки активности ЭГП, в сравнении со среднемноголетними показателями, по причине отсутствия рядов наблюдения. (Егоров, Льготин, 2019)

Несмотря на научно-технический прогресс, защищенность людей на Земле от ЭГП не возрастает. Более того, отмечается постоянный рост материального ущерба от воздействия ЭГП. Основной причиной таких неблагоприятных изменений является нерегулируемый рост населения планеты и количества крупных городов, а также усиление техногенного воздействия на окружающую среду. (Вожик, 2019)

Российским геологическим обществом разрабатывается концепция модернизации системы мониторинга недр, в рамках этой концепции прорабатывается вопрос развития государственного мониторинга опасных геологических процессов на территории предприятий ГК «РОСАТОМ» Российской Федерации. Развитие региональной системы мониторинга за ЭГП связано в первую очередь с расширением сети наблюдений, путем использования точек наблюдения на закрытых территориях промышленных производств, сельскохозяйственных комплексов и тп. Для минимизации негативных воздействий ЭГП необходимо уделить особо внимание развитию мониторинга этих процессов, в том числе с использованием

инновационных технологий. Развитие мониторинга опасных ЭГП на территории РФ вырежется в применении следующих инновационных технологий:

1.Наблюдения за ЭГП с использованием беспилотных летательных аппаратов

2.Наблюдения за ЭГП с использованием современных автоматизированных систем контроля с беспроводной связью

Контроль за ЭГП на предприятиях и территориях городов СФО должен осуществлять экспертный совет Российского геологического общества, который должен осуществлять надзор совместно с региональными подразделениями Ростехнадзора, Росприроднадзора, Министерства экологии и др.

Модернизация государственной и региональной систем мониторинга состояния недр на территории Томской области, позволит осуществлять более эффективный контроль изменения состояния геологической среды под воздействием техногенных объектов, что оперативно реагировать на любые негативные изменения состояния компонентов геологической среды и принимать эффективные решения по минимизации этих изменений (Балобаненко, Кокорев, Щипков, 2019).

Список использованных источников

1. Балобаненко А.А., Кокорев О.Н., Щипков А.А. «Модернизация системы мониторинга состояния недр на территории Томской области» // Материалы Всероссийской молодежной научной конференции с участием иностранных ученых (Новосибирск, 07–12 октября 2019 года) 2019 – С. 143-145

2. Вожик А.А. «Инновационные технологии при осуществлении государственного мониторинга опасных экзогенных геологических процессов на территории Российской Федерации // Сборник тезисов Всероссийского совещания «Государственный мониторинг состояния недр» (г. Москва, 2019 г.)., – 2019. – С. 32-33.

3. Егоров Б.А., Льготин В.А. «Особенности и проблемы ведения мониторинга опасных ЭГП на территории СФО» (г. Москва, 2019 г.)., – 2019. – С. 29-30.

4. Орлова Н.А. «Развитие оползневых процессов под влиянием климатического фактора» (г. Москва, 2019 г.)., – 2019. – С. 29.

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИДЕЯМИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯМИ СОТРУДНИКОВ

Өмірғали А.Қ., Аманкелдина Ж.С.
АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан

1. ВВЕДЕНИЕ

Рационализаторство было одним из главных столпов советского производства. ВОИР (Всесоюзное общество рационализаторов и изобретателей) было основано еще в 1932 году и за время своего существования превратилось в масштабную систему, не имеющую аналогов в мире. Так, к 1988 году в ВОИР входило более 118 тыс. ведущих предприятий СССР и более 14,5 млн изобретателей и рационализаторов. После развала СССР эти цифры начали стремительно сокращаться, а рационализаторское движение пришло в упадок. Это связывают в первую очередь с самой структурой постсоветской экономики, которая была основана на добыче природных ресурсов, где влияние человека минимально. Но времена меняются — требования к специалистам и их производительности возрастают. И вместе с этим у рационализаторской практики открываются новые возможности и потенциал.

Под рационализаторством следует понимать два основных направления: оптимизацию любых процессов с целью сокращения издержек и внедрение новых продуктов, решений и технологий. Если предложения сотрудников приносят деньги компании, то возникает понятная всем сделка, с ними делятся прибылью и мотивируют к выработке новых решений.

При этом амбиции бизнеса и амбиции сотрудников должны быть одинаковы: если компания хочет выйти на лидирующие позиции, то она должна воспитывать из своих сотрудников звезд и уметь удерживать их [1].

Среди всего многообразия применяемых в настоящее время управленческих технологий особое место занимают системы формирования инновационного потенциала, которые становятся основным инструментом повышения конкурентоспособности бизнеса. Достигнутый уровень инновационного потенциала той или иной компании характеризуется при этом числом полученных патентов, которые выступают своего рода свидетельством эффективности протекающих в ней инновационных процессов. Чем более результативными являются эти процессы, тем на большее количество патентов может претендовать компания. Мировым лидером по количеству патентов, полученных в американском патентном ведомстве, является компания “IBM”, только в 2009 г. пополнившая свои активы 4 914 охранными документами. Следом за ней идут компании “Samsung” с 3 611 патентами и “Microsoft” с 2 906 патентами. Защищенные этими патентами инновационные продукты и технологии способны приносить компаниям доходы, значительно превышающие прибыль от реализации традиционной продуктовой линейки. Так, компания “General Electric” в расчете на один патент ежегодно получает прибыль в $11,3 млн., “Cisco Systems” − в $6,6 млн., а − “Hewlett-Packard” в $6,3 млн. [2].

В мировой практике производственного менеджмента, как и в научной среде, используют различные термины для того, чтобы обозначить определенные инструменты, методы, подходы, концепции и философии.

Непрерывное улучшение (Continuous improvement, CI) – это философия, которую Уильям Эдвард Деминг описал как «*инициативы по улучшению, которые повышают успехи и сокращают количество ошибок*». При этом существует ряд дополнений, отмечающих, что этот процесс охватывает все предприятие и направлен на поддержку постоянной инновационности компании, хотя некоторые специалисты утверждают, что в первую очередь имелись в виду улучшения, связанные с качеством продукции, качеством процессов и качеством всей производственной системы.

Менеджмент идей. С развитием рационализаторства как движения и как философии (Кайдзен) развиваются и системы управления данными элементами в повседневной жизни предприятия. Специалисты постоянно ищут возможности улучшить и сделать более эффективным сам процесс рационализаторства и непрерывного процесса усовершенствования.

Менеджмент идей объединяет в себе все формы подачи и внедрения идей сотрудников, не ограничиваясь производственной сферой предприятия и сугубо обученным персоналом. Данная концепция ставит во главу угла сами идеи, их возникновение и пользу от их внедрения как инновационный фактор развития предприятия, по сути, возвращаясь к истокам промышленной революции, когда из идей талантливых руководителей и инженеров рождались продукты, заводы, отрасли [3].

Поддержание высокой инновационной активности и тем более обеспечение ее постоянного роста требует от компаний качественных систем управления идеями, предназначенных для поиска, оценки, поддержки и реализации перспективных инициатив как в самой компании, так и за ее пределами.

Существует точка зрения о том, что с прогрессом рационализаторского движения и развитием практик менеджмента – менеджмент идей, который активно развивается последние пять лет и станет новой

формой рационализаторства, отвечающей современным вызовам. Управлять идеями надо и как можно эффективно.

2. ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ В АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ»

На сегодняшний день в АО «НАК «Казатомпром» получила свое право на реализацию система управления идеями и предложениями сотрудников (Система), в виде платформы, позволяющей автоматизировать работу с идеями, рационализаторскими предложениями и проектами НИОКР. Данная система предоставляет возможность каждому сотруднику в режиме online формировать идею/предложение (описывать проблемы, решения и ожидаемые результаты), производить авторскую оценку, высказать суждение о значимости идеи или предложения.

Система управления идеями и предложениями сотрудников – очень перспективное направление, учитывая, что огромное число сотрудников, способны генерировать идеи, которые позволят сокращать издержки и улучшать качество работы компании, по меньшей мере, экономически нецелесообразно было бы не использовать этот ресурс.

Цель данного направления – создание системы, которая позволит оптимизировать бизнес и технологические процессы посредством предложений сотрудников группы компании.

Задача состоит в том, чтобы любой сотрудник, который видит возможность в чем-то улучшить свою работу и работу своих коллег, мог проявлять активность и выступать со своей инициативой.

Предложение признается новым, если до подачи заявления:

1. не было известно «Казатомпром» и его дочерним зависимым организациям (ДЗО) из имеющихся у него источников в степени, достаточной для его практического осуществления;
2. не было заявлено другим лицом, которому принадлежит первенство (учитываются и ранее отклоненные предложения, зафиксированные в журнале регистрации заявлений на рационализаторские предложения);
3. не было рекомендовано вышестоящим органом или опубликовано в его информационных изданиях;
4. не было предусмотрено нормативами (стандартами, техническими условиями, должностными инструкциями и т.п.).

Предложение признается полезным, если его использование в «Казатомпром» и ДЗО позволяет получить экономический, технический, социальный, экологический или иной положительный эффект, отраженный в производственной и финансовой документации.

Не признается рационализаторским предложением:

1. предложение, снижающее надежность, долговечность и другие показатели качества продукции или ухудшающее условия труда и экологию;
2. условные обозначения, правила, нормативно-методические материалы;
3. предложение, касающееся внешнего вида изделий как такового;
4. предложение, ставящее только задачу без конкретного пути решения или заключающееся в констатации общеизвестных фактов.

Предложения отклоняются, если:

1. зарегистрировано аналогичное предложение с более ранней датой приоритета;
2. предложение не является рационализаторским, если недостаточно раскрыто решение задачи предложения для его практического осуществления;
3. предложение не может быть использовано в Обществе/ДЗО в настоящее время;
4. нет документов, подтверждающих опытно-промышленное использование или испытание у соответствующих производственных подразделений (для предложений на состав и способ производства продукции);
5. дано отрицательное заключение технических руководителей/экспертов.

Темы НИОКР должны соответствовать утвержденным приоритетным направлениям научно-технологического развития «Казатомпром»:

- Добыча и переработка продуктивных растворов, получение закиси-окиси урана (ЗОУ).
- Геология, геотехнология и горно-подготовительные работы, ремонтно-восстановительные работы скважин на урановых месторождениях.
- Высокие технологии ЯТЦ, получение и переработка РМ и РЗМ.
- Цифровизация, автоматизация и роботизация.

При прохождении экспертизы идеи/предложения/проекты НИОКР в обязательном порядке будут проходить проверку на дублируемость.

1. ВЫВОДЫ

Поддержание высокой инновационной активности и тем более обеспечение ее постоянного роста

требует от компаний качественных систем управления идеями, предназначенных для поиска, оценки, поддержки и реализации перспективных инициатив как в самой компании, так и за ее пределами.

Использование Системы позволит решить следующие задачи:

1. Управление идеями и предложениями по актуальным темам;
2. Организация работы с предложениями в рамках производственных систем/бережливого производства;
3. Управление работой с рационализаторскими предложениями;
4. Формирование культуры новаторства и вовлечение сотрудников в совершенствование компании;
5. Улучшение и оптимизация существующих бизнес и технологических процессов;
6. Отслеживание состояния компании и заблаговременное выявление опасных тенденции.

Результатами использования Системы станут (преимущества):

1. Единое информационное пространство для сбора и обработки идей и предложений;
2. Получение специализированных форматов предложений/НИОКР на решение актуальных задач;
3. Сбор предложений для решения актуальных проблем компании с помощью механизма сортировки;
4. Организация экспертизы, подготовка заключений по предложениям;
5. Информирование сотрудников о результатах прохождения этапов рассмотрения предложения;
6. Анализ накопленной в системе информации при помощи пакета аналитических отчетов, представляющих данные в различных разрезах.
7. Стимулирование активной деятельности сотрудников и накопление информации для составления рейтингов (Доска почета);
8. Обеспечение конструктивного коллективного обсуждения предложений и оценка их значимости;
9. Выявление перспективных сотрудников, имеющих задатки лидеров и обладающих дополнительными компетенциями для формирования кадрового резерва;

Таким образом, весь жизненный цикл предложения будет автоматизирован, начиная от момента регистрации в системе через доработку и экспертизу, заканчивая её реализацией и тиражированием на других дочерних зависимых организациях/департаментах. Система позволит каждому сотруднику не только заявить компании о своей идее, но и видеть, как она превращается в реальный проект в режиме реального времени.

Список использованных источников

1. Ведомости. Рационализаторство возрождают в новом формате // URL: https://www.vedomosti.ru
2. Фишер Д., Фейхи Д. Самые изобретательные корпорации. Кто из крупных компаний регистрирует больше всего изобретений // URL: http://www.forbes.ru
3. ЭЛЕКТРОННЫЙ АЛЬМАНАХ. Управление производством. Статья на тему: «Просто о важном. Рационализаторство VS Кайдзен» // URL: https://up-pro.ru

УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМИ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМИ РАБОТАМИ: ФИНАНСИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ, МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ

Өмірғали А.Қ., Аманкелдина Ж.С.
АО «НАК «Казатомпром», Астана, Казахстан

Введение

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР/R&D) — это совокупность деятельностей, направленных на получение новых знаний и их практическое применение для решения конкретных задач. НИОКР включает в себя три основные группы деятельностей: фундаментальные исследования; прикладные исследования; опытно-конструкторские и технологические разработки.

Компаниям научные разработки нужны для:

• Поддержки производства;

• Внедрения новой техники, защиты оборудования от коррозии, исполнения экологических требований и проектно-изыскательских задач, и т.д.;

• Снижения себестоимости традиционной продукции, в том числе: добычи и переработки полезных ископаемых в сырьевых корпорациях;

• Создания новых продуктов и новых бизнесов;

• Использования интеллектуальной собственности, созданной в результате корпоративных НИОКР (продажи лицензий).

Инновационное развитие путем проведения НИОКР актуально для компаний и организаций любого масштаба и любой специфики. Глобальные тренды, такие как появление прорывных технологий, цифровизация и ускорение жизненного цикла продуктов, приводят к радикальным изменениям в большинстве отраслей. Изменяются цепочки создания стоимости, смещаются зоны рентабельности, появляются новые игроки — и это коренным образом меняет соотношение сил в отраслях, существенно ускоряя внедрение новых идей и разработок. В этой связи финансирование и управление проектами НИОКР считаются ключевыми показателями научно-технического развития компании и страны в целом [1].

Для успешного инновационного развития, в том числе управления проектами с высокой долей НИОКР, необходима система управленческих решений, направленных на превращение блока R&D из центра затрат в прибыльный бизнес.

Финансирование ниокр и разработок

Наращивание технологического лидерства невозможно без расширения объема вложений в НИОКР. За последние десятилетия глобальный научно-технический и инновационный ландшафт претерпел существенные изменения. Многие страны вносят все более весомый вклад в глобальные усилия в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР); растет также и их доля в общем числе международных патентов в рамках международной патентной системы ВОИС;

К примеру, Росатом начинали 10 лет назад с ежегодных 0,6% от выручки, на сегодняшний день нарастили этот показатель до 4,5% [2].

Исторически в России большая часть НИОКР в отрасли велась силами государственных институтов, а не предприятий производителей. По размеру бюджетов, выделяемых на НИОКР, российские предприятия значительно отстают от зарубежных игроков: в среднем в России эти затраты составляют около 0,1% от выручки, в то время как у зарубежных компаний, таких как Nippon Steel или Voestalpine, они на порядок выше и составляют 1,2–2,0%.

Данные опрошенных «Ведомости&» крупных компаний свидетельствуют, что в общих затратах компаний вложения в НИОКР и инновации составляют от 2 до 7%, в свою очередь уровень расходов на НИОКР в мировых инженерных отраслях находится в диапазоне 3–10% от ежегодной выручки. В абсолютном выражении нефтяная промышленность инвестирует очень значительные суммы денег в исследования и разработки. Для крупных нефтяных компаний объем инвестиций составляет примерно от 200 до 800 миллионов долларов США в год [3].

Например, в Израиле бизнес вносит порядка 85% на научные исследования, в США – 70%, Сингапуре – 59%, Австралии – 56%, Индии – всего 36%. В Бразилии, судя по этим данным, за научные разработки отвечает исключительно государство. В России, по расчетам Института статистики Юнеско, бизнес вкладывает до 60% средств от общего объема научно-исследовательских работ.

В топ-10 мировых «транжир» на научные исследования, по версии журнала Fortune, входят: два

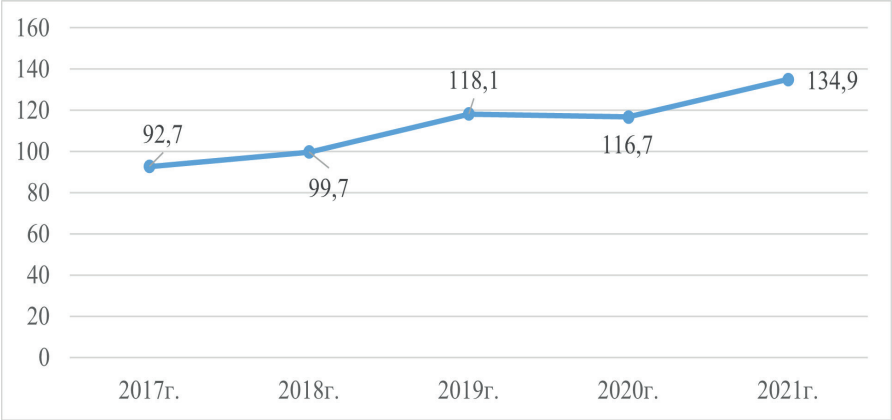
автогиганта (Volkswagen, Toyota), лидеры ИТ-индустрии (Intel, Microsoft, Google), Samsung и четыре компании, связанные с медициной (Roche, Novartis, Johnson&Johnson, Merc). На R&D они расходуют от 5% до 20% годовой выручки. В денежном выражении речь идет о 8-14 млрд. долларов.

Кстати, из известных мировых корпоративных гигантов самым «прижимистым» оказался Apple. После возвращения в компанию Стива Джобса на НИОКР здесь стали тратить менее 3% при астрономическом росте выручки.

Все ведущие компании в урановой промышленности или имеют собственное исследовательское подразделение или закладывают в бюджет расходы на проведение R&D до 5% (новые и небольшие компании до 10% и выше) годовой выручки. Важно понимать, какая от этого идет отдача. При этом многие предприятия с хорошей динамикой доходов тратят на R&D менее 1% [4].

Показатели по ниокр в республике казахстан

Согласно данным групп компаний Rankıng KZ затраты на НИОКР за 2021 год составили 134,9 млрд. тенге, на 15,6% больше чем в 2020 году. В период пандемии данный показатель был сокращен на 1,1% [5].

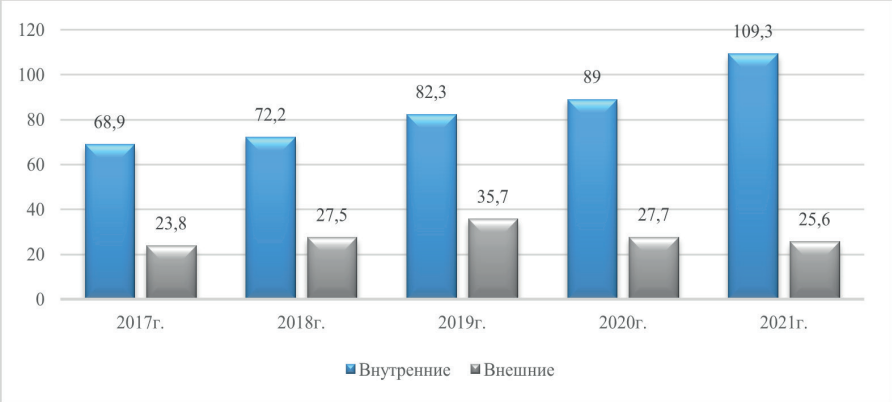


Затраты на НИОКР (млрд. тенге)

За 2021 год совокупная доля затрат на НИОКР составило по городам Алматы – 44,2 млрд. тенге, Астана – 26,3 млрд.тенге. Кроме этого были направлены средства в Мангистауской – 12,9 млрд. тенге, Восточно-Казахстанской – 9,0 млрд. тенге, Карагандинской – 7,8 млрд. тенге, Западно-Казахстанской – 1,4 млрд. тенге, и Северо-Казахстанской областях – 411,1 млн.тенге.

По видам деятельности наибольшее количество денежных средств было распределено на научные исследования и разработки 52,6 млрд. тенге, что на 18,5% превышает показателей предыдущего периода. Вдвое меньше было затрат на образование – 24,8 млрд. тенге, и деятельности в области архитектуры, инженерных изысканий, технических испытаний и анализа – 18,3 млрд. тенге.

По сравнению с 2020 годом предприятия на 22,8% больше потратили собственных средств на НИОКР – 109,3 млрд. тенге, что составило 81% общего обьема затрат. Доля иностранных организаций в затратах на НИОКР упало с 23,7% до 19%, а их объем составил 25,6 млрд тенге.



Внутренние и внешние затраты на НИОКР (млрд тенге)

Организация и планирование ниокр и разработок в странах ЭАЕС

В отличие от операционного ведения бизнеса, инновационная деятельность имеет принципиально иной профиль риска и менее предсказуемую результативность. В связи с этим необходимо использовать специальные методы (например, портфельное управление) и адаптировать корпоративную культуру и систему мотивации как внутри компаний, так и в государственных органах, формируя толерантность к риску и наделяя новаторов большей свободой для возможности экспериментировать и пробовать новое.

Инновации требуют широкого набора компетенций и серьезных ресурсов, которых зачастую нет у отдельно взятой компании, поэтому партнерство и эффективное взаимодействие с широким кругом участников инновационной деятельности (наука, стартапы, поставщики, компании смежных отраслей) так важно для внедрения новаторских решений и их успешной коммерциализации.

Республика Казахстан

В Казахстане принимаются системные меры на государственном уровне для решения задач по созданию наукоемкой экономики. Проводится дальнейшая реализация Закона Республики Казахстан «О науке», в котором определена модель управления наукой, адаптированная к передовой международной практике.

Государственную политику в области науки в Казахстане определяют Правительство РК, Высшая научно-техническая комиссия (ВНТК), Национальный научный совет (ННС), уполномоченный орган в области науки и отраслевые уполномоченные органы.

Реализация научных исследований проводится в соответствии с приоритетами развития науки, одобренными на заседании ВНТК.

ННС принимают решения о грантовом и программно-целевом финансировании (прекращении финансирования) за счет государственного бюджета. Составы ННС формируются уполномоченным органом и утверждаются Правительством Республики Казахстан.

В целях поддержки и стимулирования научной и научно-технической деятельности в действующем законодательстве предусмотрены преференции для научно-исследовательских работ, проводимых на основании договоров на осуществление государственного задания, а также договоров государственного заказа, в части освобождения от налога на добавленную стоимость оборотов по реализации следующих товаров, работ, услуг, местом реализации которых является Республика Казахстан.

Государством обозначены меры по увеличению финансирования науки из всех негосударственных источников для доведения расходов на науку до 1% от ВВП в 2025 году, которые приведут к увеличению вклада науки в социально-экономическое развитие страны. В 2020 году финансирование науки возросло почти вдвое.

Финансирование субъектов научной и (или) научно-технической деятельности может осуществляться одновременно по различным формам финансирования в порядке и на условиях, которые установлены порядком базового, грантового и программно-целевого финансирования научной и (или) научно-технической деятельности.

Для обеспечения стабильности функционирования и развития казахстанской науки с 2020 года конкурсы на грантовое и программно-целевое финансирование проводятся ежегодно.

С целью оказания государственной поддержки большему числу перспективных научных идей и развития потенциала казахстанских ученых, с 2020 года введены новые виды грантов (на коллаборацию, краткосрочные, индивидуальные, для молодых ученых и т.п.), которые позволили оказать государственную поддержку большому числу перспективных научных идей.

Малые (до 5-ти млн. тенге) и индивидуальные (для одного ученого с бюджетом от 5-ти до 8-ми млн. тенге) направлены на проект, результатом которого должна стать одна статья в рецензируемом издании. Проведя исследование и опубликовав эту статью ученый может претендовать уже на научное руководство исследовательской группой и получить в следующем году грант с большим объемом финансирования.

Гранты для молодых ученых (объемом до 80 млн. тенге на 2020-2022 гг., 54 млн. тенге на 2021-2023 гг.) направлены на обретение молодыми исследователями новых навыков и компетенций, опыта руководства и работы в составе групп, рост их публикационной активности и в целом, наращивание творческого потенциала.

Гранты на международную коллаборацию (на сумму до 70 млн. тенге) направлены на решение научных проблем совместно с зарубежными учеными и научными коллективами.

Традиционные гранты (объем финансирования – до 70 млн. тенге) - на проведение фундаментальных и прикладных исследований по одному из 10-ти приоритетных направлений, утвержденных ВНТК.

Грантовое финансирование коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической

деятельности осуществляется АО «Фондом науки» в соответствии с Постановлением Правительства РК от 9 июля 2020 года № 435 «Об определении акционерного общества «Фонд науки» юридическим лицом, осуществляющим финансирование научной и (или) научно-технической деятельности».

Национальная академия наук Республики Казахстан (НАН РК) является республиканским общественным объединением, в состав которого входит наиболее передовая часть ученых Казахстана. НАН РК принимает участие в определении приоритетных направлений развития науки республики, готовит для представления Главе Государства ежегодный Национальный доклад по науке, пропагандирует достижения науки путем выпуска академических научных журналов и др. изданий, участвует в проведении симпозиумов, выставок и конкурсов на государственные премии в области науки и техники, оказывает содействие в развитии международного научного сотрудничества и инновационной деятельности, участвует в проведении научной экспертизы по фундаментальным и прикладным исследованиям.

В Республике Казахстан, в соответствии с поправками в Кодекс РК «О недрах и недропользовании», недропользователи обязаны финансировать научно-исследовательские, научно-технические и (или) опытно-конструкторские работы в размере не менее 1% от совокупного годового дохода по контрактной деятельности. В случае квазигосударственных компаний распределение данных средств проводится путем проведения заседания Научно-технического совета при Центре научно-технологических инициатив АО «ФНБ «Самрук-Казына».

Кыргызская Республика

Система управления наукой включает:

1) Правительство Кыргызской Республики;
2) уполномоченный государственный орган в сфере науки;
3) государственные и негосударственные научные и научно-технические организации;
4) Высшую аттестационную комиссию Кыргызской Республики;
5) научных работников.

Совет по науке, инновациям и новым технологиям при Премьер-министре Кыргызской Республики является совещательным органом, образуемым Правительством Кыргызской Республики в целях обеспечения взаимодействия органов государственной власти, органов местного самоуправления, общественных объединений, научных и научно-технических организаций при рассмотрении вопросов, связанных с развитием науки, а также выработки предложений Правительству Кыргызской Республики по актуальным вопросам государственной политики в области научно-технического развития.

В 2001 году Правительством было принято постановление о порядке финансирования научной, научно-технической и инновационной деятельности. Это постановление определяло источники финансирования и механизмы распределения государственных средств для научных программ, НИОКР и инновационных проектов. В части, касающейся финансирования научных программ и НИОКР, постановление было реализовано только частично. Национальный инновационный фонд как орган финансирования НИОКР и инновационных проектов, так и не был создан. Государственный центр инновационных технологий хоть и был учрежден, однако он никогда не выступал в роли органа финансирования, занимаясь в основном исследованиями в области инновационной политики. Этот центр позднее был закрыт в связи с реорганизацией научно-исследовательских организаций Кыргызстана.

Государственное финансирование науки и НИОКР осуществляется в основном через МОН и НАН. Финансирование науки предоставляется только по фиксированным статьям, таким как заработная плата и отчисления на социальное страхование. Таким образом, государственное финансирование не распространяется на НИОКР, для которого должны быть доступны другие источники финансирования. Исследования в основном проводятся в учреждениях НАН.

Государственное финансирование НИОКР в настоящее время составляет около 0,1 процента ВВП, что является низким показателем по сравнению с экономикой стран со сходным уровнем развития, и предполагает наличие долгосрочной политической направленности на увеличение доли расходов на НИОКР в ВВП.

В Кыргызстане бизнес-сектор практически не осуществляет деятельность, связанную с НИОКР, а общие расходы (государственного и частного сектора) на НИОКР составляют всего 0,12 процента ВВП. В сравнении с группой аналогичных стран, это очень низкая интенсивность НИОКР, которая к тому же снизилась с 0,2 процента до 0,12 процента. Данные о расходах на НИОКР в бизнес-секторе отсутствуют, однако можно предположить, что на долю государственного сектора приходится основная часть общих расходов на НИОКР.

Республика Беларусь

Согласно Закону РБ «О научной деятельности» от 21 октября 1996 г. № 708-XIII государственное управление в сфере научной деятельности осуществляют Президент Республики Беларусь, Совет Министров Республики Беларусь, Государственный комитет по науке и технологиям, Высшая аттестационная комиссия, Национальная академия наук Беларуси, иные государственные органы в соответствии с их компетенцией.

В целях обеспечения надлежащих правовых гарантий и материальных условий развития науки ежегодно осуществляется государственное финансирование научной деятельности из республиканского бюджета.

Финансирование научной деятельности осуществляется также за счет средств местных бюджетов, научных фондов, организаций, иных источников, не запрещенных законодательством.

Финансирование научно-исследовательских, опытно-конструкторских, опытно-технологических работ и освоение новых видов наукоемкой продукции за счет средств инновационных фондов осуществляется на конкурсной основе с проведением экспертизы представляемых проектов в порядке, установленном республиканскими органами государственного управления.

Российская Федерация

В соответствии с Конституцией РФ, Правительство Российской Федерации обеспечивает проведение в стране единой государственной политики в области науки. Поэтому Законодательством РФ определяются не только правовые основы НИОКР, но и сама научно-техническая политика государства в отношении науки. Федеральным законом РФ от 23августа 1996 года № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» определены основные принципы научно-техническая политика государства [6].

Управление научной и (или) научно-технической деятельностью в РФ осуществляется на основе сочетания принципов государственного регулирования и самоуправления.

Реализация научно-технической политики и финансирование осуществляются в соответствии с утвержденными программами:

– государственными программами /ГП/;

– федеральными целевыми программами /ФЦП/ (как правило, являющимися подпрограммами ГП);

– региональными программами;

– ведомственные программы.

Государственная программа – это документ стратегического планирования, содержащий комплекс планируемых мероприятий, взаимоувязанных по задачам, срокам осуществления, исполнителям и ресурсам, и инструментов государственной политики, обеспечивающих в рамках реализации ключевых государственных функций достижение приоритетов и целей государственной политики в сфере социально-экономического развития и обеспечения национальной безопасности Российской Федерации.

Государственные программы разрабатываются федеральными органами исполнительной власти. Государственные программы могут включать в себя подпрограммы, содержащие, в том числе, ведомственные целевые программы и отдельные мероприятия органов государственной власти. Государственные Федеральные программы утверждаются Постановлениями Правительства Российской Федерации в соответствии с Бюджетным кодексом РФ.

Федеральные целевые программы (ФЦП) – это специально разработанный комплекс мероприятий для решения обоснованно приоритетной комплексной отраслевой, межрегиональной, межведомственной проблемы, имеющей государственное значение, и концентрации всех видов ресурсов на ее разрешение. Мероприятия ФЦП включают как работы по выполнению НИР и ОКР, необходимые для решения конкретных задач в рамках разрешения проблемы, так и мероприятия по практической реализации полученных новых результатов и имеющегося ранее научно-технического и производственного задела. Решение о разработке ФЦП принимается постановлением Правительства Российской Федерации. Мероприятия ФЦП финансируются как за счет средств федерального бюджета, так и за счет финансирования из других источников. Как правило, Заказчиками ФЦП, являются несколько исполнительных органов государственной власти, а Исполнителями мероприятий, организации и предприятия различной отраслевой ориентации, включая представителей малого и среднего бизнеса [7].

Основными федеральными органами исполнительной власти, задействованными в сфере науки и инноваций, являются:

– Министерство науки и образования;

– Министерство промышленности и торговли;

– Министерство обороны РФ;

– Министерство экономического развития;
– Министерство финансов,
а также приравненные к ним государственные корпорации (ГК):
– ГК «Роскосмос»;
– ГК «РосТЕх»;
– ГК «Росатом».

Большую роль в реализации научно-технической политики государства в части организации и реализации фундаментальных исследований играют государственные академии наук:
– Российская академия наук (РАН);
– Российская академия медицинских наук;
– Российская академия сельскохозяйственных наук,
– Российская академия архитектуры и строительных наук;
– Российская академия образования,
– Российская академия художеств.

Выводы

Для успешного инновационного развития компании и страны в целом, необходима система управленческих решений, направленных на превращение блока R&D из центра затрат в прибыльный бизнес.

Данные опрошенных «Ведомости&» крупных компаний свидетельствуют, что в общих затратах компаний вложения в НИОКР и инновации составляют от 2 до 7%, в свою очередь уровень расходов на НИОКР в мировых инженерных отраслях находится в диапазоне 3–10% от ежегодной выручки.

Согласно данным групп компаний Rankıng KZ затраты на НИОКР за 2021 год составили 134,9 млрд. тенге, на 15,6% больше чем в 2020 году. В период пандемии данный показатель был сокращен на 1,1%.

В отличие от операционного ведения бизнеса, инновационная деятельность имеет принципиально иной профиль риска и менее предсказуемую результативность. В связи с этим необходимо использовать специальные методы (например, портфельное управление) и адаптировать корпоративную культуру и систему мотивации как внутри компаний, так и в государственных органах, формируя толерантность к риску и наделяя новаторов большей свободой для возможности экспериментировать и пробовать новое.

Из практик стран ЕАЭС в управлении наукой и научной деятельностью можно ориентироваться на хорошие управленческие проекты Российской Федерации в части поддержки государственных и частных компаний через Федеральные целевые программы. Как правило, Заказчиками ФЦП, являются несколько исполнительных органов государственной власти (к которым также относятся целевые государственные компании), а Исполнителями мероприятий, организации и предприятия различной отраслевой ориентации, включая представителей малого и среднего бизнеса. К примеру, Росатом начинали финансирование НИОКР 10 лет назад с ежегодных 0,6% от выручки, на сегодняшний день нарастили этот показатель до 4,5%.

	Казахстан	**Кыргызстан**	**Республика Беларусь**	**Российская Федерация**
Кто управляет наукой	Правительство РК, Высшая научно-техническая комиссия (ВНТК), Национальный научный совет (ННС), уполномоченный орган в области науки и отраслевые уполномоченные органы, квазигосударственные компании	Правительство КР, уполномоченный государственный орган, государственные и негосударственные научные и научно-технические организации, Высшая аттестационная комиссия КР, научные работники.	Президент РБ, Совет Министров Республики Беларусь, Государственный комитет по науке и технологиям, Высшая аттестационная комиссия, НАН, иные государственные органы в соответствии с их компетенцией.	Правительство Российской Федерации, Исполнительные органы государственной власти, Государственные компании, РАН, предприятия различной отраслевой ориентации

Как финансируются проекты НИОКР	Реализация научных исследований проводится в соответствии с приоритетами развития науки, одобренными на заседании ВНТК. ННС принимают решения о грантовом и программно-целевом финансировании (прекращении финансирования) за счет государственного бюджета.	Государственное финансирование науки и НИОКР осуществляется в основном через МОН и НАН. Финансирование науки предоставляется только по фиксированным статьям, таким как заработная плата и отчисления на социальное страхование. Таким образом, государственное финансирование не распространяется на НИОКР, для которого должны быть доступны другие источники финансирования.	Ежегодно осуществляется государственное финансирование научной деятельности из республиканского бюджета. Финансирование научной деятельности осуществляется также за счет средств местных бюджетов, научных фондов, организаций, иных источников, не запрещенных законодательством.	Реализация научно-технической политики и финансирование осуществляются в соответствии с утвержденными программами: – государственными программами /ГП/; – федеральными целевыми программами /ФЦП/ (как правило, являющимися подпрограммами ГП); – региональными программами; – ведомственные программы.
Кто занимается частным финансированием	Недропользователи обязаны финансировать НИОКР в размере не менее 1% от совокупного годового дохода по контрактной деятельности.	Нет данных в открытых источниках.	Финансирование научной деятельности может осуществляется также за счет средств организаций не запрещенных законодательством.	Организации и предприятия различной отраслевой ориентации, включая представителей малого и среднего бизнеса.

В заключение можно сказать, что Казахстан получает достаточную поддержку от Государства в вопросах реализации научно-исследовательских проектов, но Казахстану стоит перенять опыт РФ в частном добровольном финансировании проектов НИОКР. Также представляют интерес государственные программы РФ по отраслевым направлениям для проведения НИОКР.

Список использованных источников

1. ДОКЛАД ЮНЕСКО ПО НАУКЕ: на пути к 2030 году.
Веб-ресурс: https://atomicexpert.com/how_to_manage_scientific_research
2. J. van der Burgh. «Managing EP R&D in the Shell Group». Paper presented at the 14th World Petroleum Congress, Stavanger, Norway.
3. Веб-ресурс:https://ect-center.com/blog/rashodi-niokr
4. Ranking.kz
5. Рогачев М.Б. «Развитие инноваций в корпорациях».
6. Куркова О.П. ОРГАНИЗАЦИЯ И ПЛАНИРОВАНИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК. МОНОГРАФИЯ. спб: Санкт-Петербург «Наукоемкие технологии», 2018.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОХРАНЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Өмірғали А.Қ., Аманкелдина Ж.С.
АО «НАК «Казатомпром», Астана, Казахстан

1. ВВЕДЕНИЕ

Интеллектуальная собственность – это совокупность прав на результаты интеллектуальной деятельности, а также различные средства индивидуализации юридических лиц, продукции, производимых видов работ, всяческих услуг, которым дается правовая охрана, полученные во время творческой активности субъекта, выраженные в объективной форме.

Под интеллектуальной собственностью понимается не владение физическим объектом, а совокупность прав и обязанностей относительно использования определенных результатов творческой деятельности человека. Интеллектуальная собственность как совокупность прав и обязанностей устанавливает правовой режим охраны нематериальных объектов, позволяющий вводить их в хозяйственный оборот.

Международная охрана интеллектуальной собственности берет своё начало с принятия ряда основополагающих международных договоров [1]:

- Парижской конвенции по охране промышленной собственности в 1883 году,
- Бернской конвенции по охране литературных и художественных произведений в 1886 году, и
- Мадридского соглашения о международной регистрации знаков в 1891 году.

В 1893 году, объединение секретариатов Парижской и Бернской конвенций приводит к созданию Объединенных международных бюро по охране интеллектуальной собственности (БИРПИ). В 1970 году БИРПИ преобразуется во Всемирную организацию интеллектуальной собственности (ВОИС).

ВОИС, с 1974 года являющаяся специализированным учреждением ООН по вопросам творчества и интеллектуальной собственности, «представляет собой глобальный форум для разработки политики и укрепления сотрудничества в области интеллектуальной собственности, а также для предоставления соответствующих услуг и информации».

Одной из функций ВОИС является администрирование многосторонних международных договоров в сфере интеллектуальной собственности. Тем не менее, Соглашение по торговым аспектам прав

интеллектуальной собственности (Соглашение ТРИПС) находится в ведении Всемирной торговой организации, Всемирная конвенция об авторском праве под патронажем ЮНЕСКО, а равно существует ряд иных международных договоров, таких как Конвенция Буэнос-Айреса об охране литературной и художественной собственности 1910 года.

ВОИС обеспечивает функционирование Международной патентной кооперации, Международной системы товарных знаков, Международной системы образцов, Международной системы наименований мест происхождения и др.

Также существуют следующие международные организации в сфере охраны интеллектуальной собственности:

- Африканская организация интеллектуальной собственности,
- Африканская региональная организация интеллектуальной собственности,
- Ведомство Бенилюкса по интеллектуальной собственности,
- Ведомство по гармонизации внутреннего рынка,
- Евразийское патентное ведомство,
- Европейское патентное ведомство,
- Межгосударственный совет по охране интеллектуальной собственности,
- Международный союз по охране новых сортов растений,
- Патентное ведомство совета по сотрудничеству арабских государств Персидского залива.

2. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ О ЗАЩИТЕ ПРАВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Отношение государства к защите прав на интеллектуальную собственность является важной составляющей современного правового государства, в Казахстане данная отрасль активно развивается [2].

В Гражданском кодексе Республики Казахстан закреплено деление права интеллектуальной собственности на группы:

1) авторское право,
2) смежные права,
3) права на изобретения, полезные модели и промышленные образцы,
4) права на селекционные достижения,
5) права на топологии интегральных микросхем,
6) права на защиту нераскрытой информации,
7) права на средства индивидуализации участников гражданского оборота, товаров и услуг.

Условно право интеллектуальной собственности делится на две части:

1) авторское право, к которому обычно относят и смежные права,
2) право промышленной собственности (патентное право), охватывающее остальные группы.

Государственным органом, осуществляющим контрольные и реализационные функции в сфере охраны прав интеллектуальной собственности, в том числе функцию по регистрации объектов интеллектуальной собственности и имущественных прав на них, в Республике Казахстан является Министерство юстиции Республики Казахстан (далее – «Министерство»).

Основной задачей Министерства является реализация государственной политики в области охраны прав интеллектуальной собственности, обеспечения развития единой патентной системы Республики Казахстан.

Кроме того, для осуществления экспертных функций в сферах, отнесенных к государственной монополии (оказание услуг в области охраны объектов промышленной собственности) создано Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения «Национальный институт интеллектуальной собственности» Министерства юстиции Республики Казахстан (далее – «НИИС»).

Казахстан является участником ряда международных конвенций по интеллектуальной собственности:

- Парижской конвенции по охране промышленной собственности (20 марта 1883 г.);
- Мадридского соглашения о международной регистрации товарных знаков (14 апреля 1891 г.);
- Протокола к Мадридскому соглашению (1989г.);
- Сингапурского договора о законах по товарным знакам от 27 марта 2006 года;
- Договора о законах по товарным знакам от 27 октября 1994 года;
- Всемирной конвенции об авторском праве от 6 сентября 1952 г., пересмотренной в Париже 24 июля 1971 года.
- Ниццкого Соглашения о международной классификации товаров и услуг для регистрации знаков (15 июня 1957 года);
- Конвенции, учреждающей Всемирную Организацию Интеллектуальной Собственности (Стокгольм, 14 июля 1967 г.);

• Локарнского соглашения, устанавливающего международную классификацию промышленных образцов (Локарно, 8 октября 1968 года);

• Договора о патентной кооперации (Вашингтон, 19 июня 1970 г.);

• Страсбургского соглашения о Международной патентной классификации (Страсбург, 24 марта 1971 года);

• Бернской конвенции об охране литературных и художественных произведений (24 июля 1971 г.);

• Конвенции по охране интересов производителей фонограмм от незаконного копирования их фонограмм (Женева, 18-29 октября 1971 г.);

• Будапештского договора о международном признании депонирования микроорганизмов для целей патентной процедуры (Будапешт, 28 апреля 1977 г.);

• Евразийской патентной конвенции (Москва, 9 сентября 1994 г.).

Основными законодательными актами Республики Казахстан в области интеллектуальной собственности, помимо Гражданского кодекса, являются:

• Закон Республики Казахстан от 10 июня 1996 г. «Об авторском праве и смежных правах»;

• Закон Республики Казахстан от 16 июля 1999 г. «Патентный закон Республики Казахстан»;

• Закон Республики Казахстан от 26 июля 1999 г. «О товарных знаках, знаках обслуживания и наименованиях мест происхождения товаров»;

• Закон Республики Казахстан от 29 июня 2001 г. «О правовой охране топологий интегральных микросхем»;

• Закон Республики Казахстан от 13 июля 1999 г. «Об охране селекционных достижений».

Права на объекты интеллектуальной собственности возникают в силу факта их создания либо вследствие предоставления правовой охраны уполномоченным государственным органом.

Закон «О коммерциализации результатов научной и (или) научно-технической деятельности» опирается на принцип, лежащий в основе Закона Бая-Доула, предусматривающего предоставление достаточных стимулов для коммерциализации результатов научной деятельности путем [3]:

- повышения прозрачности и интеграции ключевых участников процесса коммерциализации;

- гарантии прав и интересов исследователей, участвующих в изобретательской деятельности и процессах коммерциализации;

- обеспечения экономических стимулов для коммерциализации результатов научной деятельности в приоритетных секторах экономики.

В этом законе рассматриваются следующие основные аспекты:

1) Право собственности на результаты исследований: в соответствии с законодательством страны в области интеллектуальной собственности (ИС), права, полученные в результате финансируемых государством исследований, принадлежат научным учреждениям, которые проводили исследование, если в договоре между изобретателями и учреждением не указано иное. Университеты и научноисследовательские институты обладают исключительными правами на любую ИС, создаваемую их сотрудниками.

2) Вознаграждение изобретателей: закон о коммерциализации в равной степени обеспечивает стимулы для новаторов, определяя минимальную сумму платежа, которая должна быть получена изобретателем. Если права ИС принадлежат университету или научному учреждению, где проводилось исследование, изобретатели должны получать единовременную выплату, эквивалентную по крайней мере размеру одной среднемесячной заработной платы, независимо от того, была ли инновация внедрена или нет. В случаях, связанных с лицензированием или подписанием договора относительно прав ИС с третьей стороной, изобретателю должно быть выплачено не менее 30% от полученного дохода.

3) Закон также устанавливает минимальную сумму, которую университет должен выделить на финансирование своих бюро передачи технологий (не менее 2% грантов на НИОКР, полученных университетом, и не менее 10% от дохода, полученного от лицензионных соглашений или договоров уступки в отношении прав ИС).

4) Кроме того, в законе упоминается, что государство должно предоставлять дополнительные стимулы университетам и научно-исследовательским институтам, участвующим в коммерциализации технологий, такие как гранты на коммерциализацию, подготовка кадров по вопросам предпринимательства и т.д.

3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СОБСТВЕННОСТЬ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

За защиту интеллектуальной собственности отвечают международные и российские нормативные правовые акты.

Согласно международным конвенциям, Российская Федерация принимает участие в действиях на международной арене, имея равные права с остальными участниками соглашения. Охрана интеллектуальной собственности на столь крупном поприще осуществляется согласно таким актам: Всемирной конвенции об авторском правеутвержденной в 06.09.1952 г., Бернской конвенции об охране произведений, относящихся к художественным, принятое в Берне в 09.09.1886 г. Также задействованы различные акты в отношении

фонограмм, договор об авторском праве и охране промышленной деятельности. Существуют и другие документы, регулирующие и регламентирующие защиту результатов интеллектуальной деятельности [4].

В законодательстве РФ с введением в действие 18 декабря 2006 года ч. 4 ГК РФ была разрешена назревавшая десятилетия необходимость упорядочить системы нормативных правовых актов, которые регулируют отношения в сфере охраняемых законом прав на результаты (объекты) интеллектуальной деятельности, а также различные средства индивидуализации юридических лиц, продукции, производимых видов работ, всяческих услуг.

Нормативно-правовые акты, регулирующие отношения в формате охраняемых результатов интеллектуальной собственности, распространяются на все средства индивидуализации юридических лиц, а также производимых товаров и услуг, выполняемых работ и деятельность предприятий.

Перечень объектов интеллектуальной собственности закрыт, выполняется охрана только тех объектов, которые присутствуют в ч. 1 ст. 1225 ГК РФ.

Упомянутые объекты подразделяются на три категории:

• объекты интеллектуальной собственности, охраняемые авторским правом (научные и литературные произведения);

• объекты, охраняемые патентным правом (научные изобретения, действующие модели, образцы промышленного типа);

• объекты интеллектуальной собственности, индивидуализирующие субъектов предпринимательства, изготавливаемая или реализуемая ими продукция, производимые работы, определенные услуги (фирменная торговая марка, коммерческое обозначение, местоположение на карте, место, где происходит изготовление продукции).

На территории Российской Федерации охрана итогов интеллектуальной деятельности и защита интеллектуальных прав на данные результаты регламентируется и иными правовыми отраслями [5].

Законодательство России об интеллектуальной собственности в значительной степени унифицировано с положениями международных договоров, участницей которых является Российская Федерация. Основными из них являются:

• Международная конвенция об охране интересов артистов-исполнителей, производителей фонограмм и вещательных организаций от 26 октября 1961 г.

• Бернская конвенция по охране литературных и художественных произведений от 9 сентября 1886 г.

• Договор ВОИС по исполнениям и фонограммам от 20 декабря 1996 г.

• Договор ВОИС по авторскому праву от 20 декабря 1996 г.

• Договор о патентной кооперации от 19 июня 1970 г.

С 2004 г. в состав Минобрнауки входило около двух десятков департаментов, два Федеральных агентства – Рособразование и Роснаука, а также две федеральные службы: Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) и Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент). В свою очередь Роспатент включал:

- ФГУ Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС);
- ФГУ Палату по патентным спорам (ППС);
- Российский государственный институт интеллектуальной собственности (РГИИС).

На сегодняшний день Роспатент является федеральным органом исполнительной власти (ФОИВ), руководство деятельностью которого напрямую осуществляет Правительство Российской Федерации.

Регулятором в сфере интеллектуальной собственности в России является Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент), которая осуществляет следующие функции [6]:

• Регистрация изобретений, полезных моделей, промышленных образцов, программ для электронно-вычислительных машин, баз данных и топологий интегральных микросхем, в том числе входящих в состав единой технологии, товарных знаков, знаков обслуживания, наименований мест происхождения товаров, а также регистрация договоров в отношении таких объектов.

• Правовая защита интересов государства в процессе экономического и гражданско-правового оборота результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ военного, специального и двойного назначения.

• Контроль и надзор в сфере правовой охраны и использования результатов интеллектуальной деятельности гражданского, военного, специального и двойного назначения, созданных за счет бюджетных ассигнований федерального бюджета.

• Контроль и надзор в установленной сфере деятельности в отношении государственных заказчиков и организаций — исполнителей государственных контрактов, предусматривающих проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

Роспатент не осуществляет функций выработки государственной политики в сфере интеллектуальной собственности (эта задача фактически осуществляется Советом при Президенте РФ по кодификации

и совершенствованию гражданского законодательства), а также функций защиты интеллектуальной собственность (такая защита осуществляется в судебном порядке).

Положения об интеллектуальной собственности содержатся в ст. 44 Конституции РФ и ч. 2 ст. 1225, где продублированы конституционные положения, регламентирующие охрану интеллектуальной собственности. Правовое регулирование интеллектуальной собственности находится в непосредственном ведении РФ.

4. ВЫВОДЫ

Во всем мире политику по охране прав на интеллектуальную собственность осуществляют государственные органы. Во всех странах интеллектуальная собственность находится под контролем и монополией государства.

В Казахстане государственную политику в сфере интеллектуальной собственности регулирует Министерство юстиции РК.

Объекты интеллектуальной собственности подлежат защите в Национальном институте интеллектуальной собственности Министерства юстиции РК (Казпатент).

К основным функциям института относится проведение экспертизы заявок на выдачу охранных документов на объекты интеллектуальной собственности; регистрация и выдача охранных документов; ведение Государственных реестров интеллектуальной собственности, а также публикация информации в официальном бюллетене.

В институте можно защитить права на изобретения, полезные модели, промышленные образцы, селекционные достижения, общеизвестные товарные знаки и наименования мест происхождения товаров.

	2018	2019	2020	2021	Январь-март 2022
Количество зарегистрированных товарных знаков	4211	4327	4676	4955	1206
Выданные патенты на изобретения	778	730	709	651	114
Выданные патенты на полезные модели	950	1049	1107	1122	147
Выданные патенты на промышленные образцы	219	229	177	177	47
Выданные патенты на селекционные достижения	87	24	29	47	26
Количество зарегистрированных наименований мест происхождения товаров	5	5	1	4	-
Количество выданных свидетельств на произведения, охраняемые авторским правом	1203	6184	6881	8506	710
Выданные патенты на топологию интегральных микросхем	-	-	-	1	-
Количество зарегистрированных лицензионных, сублицензионных договоров	236	263	232	367	89
Количество зарегистрированных договоров об уступке прав на товарный знак и объекты промышленной собственности	302	371	321	372	91

kazinform по данным в Национального института интеллектуальной собственности МЮ РК

19 июля 2016 года вступил в силу Договор о координации действий по защите прав на объекты интеллектуальной собственности в странах Евразийского экономического союза (ЕАЭС), подписанный главами правительств 8 сентября 2015 года в Гродно (Беларусь) [2].

11 декабря 2017 года было подписано Соглашение о порядке управления авторскими и смежными правами на коллективной основе.

В апреле 2021 года вступил в силу Договор о Товарных знаках, знаках обслуживания и наименований мест происхождения товаров Евразийского экономического союза.

С 2004 г. в состав Минобрнауки входило около двух десятков департаментов, два Федеральных агентства – Рособразование и Роснаука, а также две федеральные службы: Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) и Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам (Роспатент). В свою очередь Роспатент включал:

- ФГУ Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС);
- ФГУ Палату по патентным спорам (ППС);
- Российский государственный институт интеллектуальной собственности (РГИИС).

На сегодняшний день Роспатент является федеральным органом исполнительной власти (ФОИВ), руководство деятельностью которого напрямую осуществляет Правительство Российской Федерации.

Регулятором в сфере интеллектуальной собственности в России является Федеральная служба по интеллектуальной собственности (Роспатент).

Список использованных источников

1. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%BD%D1%82%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%BE%D0%B1%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B5%-D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C

2. http://doingbusiness.kz/news/56-pravo-intellektualnoy-sobstvennosti

3. Анализ пробелов в сфере науки, технологий и инноваций (НТИ) в Казахстане Подготовлен Еленой Шевченко В рамках проекта ЕЭК ООН «Усиление инновационной политики для стран СПЕКА в поддержку повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года»

4. Международные нормативные акты ЮНЕСКО. М., 1993. С. 435 - 451.

5. Баттахов П.П. Социальное предпринимательство в России: некоторые вопросы правового регулирования // «Вопросы трудового права». 2020. №6 (185). С. 17-23.

6. https://digital.report/zakonodatelstvo-rossii-v-sfere-intellektualnoy-sobstvennosti/

ПАТЕНТОВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ РУД В КАЗАХСТАНЕ

Орынбекова З.О. Джетыбаева Р.К.
РГП НИИС, г. Алматы, Казахстан

Патентная система является неотъемлемой частью экономической активности, и рост числа патентных заявок точно отражает экономический рост в стране. Низкая патентная активность в стране может привести к научно-технической несамостоятельности, в последствии чего страна становится сырьевой базой развитых стран. И поэтому поступление заявок на получение охранного документа на изобретения для страны очень важно.

Изобретения определяют уровень мировой новизны будущих отечественных разработок, а сравнение запатентованных изобретений национальных и иностранных заявителей дает возможность оценить конкурентоспособность отечественной технологической базы экономики. Тенденции патентования изобретений в области добычи и переработки урановых руд исследованы методом патентного статистического анализа по данным Республики Казахстан. Для этого проведены патентные поиски в базах данных национального патентного ведомства и регионального патентного ведомства, и полученные результаты поисков проанализированы.

Патентный поиск проведен с использованием международной патентной классификации (далее МПК). Для поиска были выбраны следующие классы МПК:

C22B Получение или рафинирование металлов, предварительная обработка руд

C22B 3/04 Извлечение соединений металлов из руд или концентратов мокрыми способами – выщелачиванием

C22B 3/08 Извлечение соединений металлов из руд или концентратов мокрыми способами – выщелачиванием - в неорганических кислых растворах - серной кислотой

C22B 3/44 Извлечение соединений металлов из руд или концентратов мокрыми способами обработка или очистка растворов, например, полученных выщелачиванием химическими способами

C22B 60/02 Получение металлов с атомным весом 87 или выше, т.е. радиоактивных металлов - получение тория, урана или других актиноидов, а также

Добыча жидких или газообразных текучих сред из буровых скважин

E21B 43/28 Способы или устройства для добычи нефти, газа, воды, растворимых или плавких веществ, или полезных ископаемых в виде шлама из буровых скважин добыча полезных ископаемых иных, чем углеводороды, растворением, например, с помощью щелочного или кислотного выщелачивающего вещества.

В таблице 1 показаны результаты поиска по базе данных Казахстана.

Таблица 1 – Количество казахстанских патентов, выданных на изобретения в области добычи и переработки урановых руд

МПК	Выдано патентов	Патентообладатели казахстанцы	Патентообладатели иностранцы
C22B 3/04	87	79	8
C22B 3/08	63	53	10
C22B 3/44	20	14	6
C22B 60/02	75	65	10
E21B 43/28	95	91	4

АО НАК «Казатомпром» и его дочерним и зависимым организациям принадлежат 33% от общего количества патентов, приведенных в таблице 1.

Из таблицы выявлено, что 89% выданных казахстанских патентов на изобретения в области добычи и переработки урановых руд принадлежат казахстанским изобретателям или компаниям, и 11% относятся иностранным компаниям.

Динамика выдачи этих патентов по годам имеет относительно монотонный характер, показывающий стабильное развитие.

Многие иностранные компании приходят на казахстанский рынок через региональное патентное ведомство. В таблице 2 показаны патентование изобретений в области добычи и переработки урановых руд Евразийским патентным ведомством.

Таблица 2 – Количество евразийских патентов, выданных на изобретения в области добычи и переработки урановых руд

МПК	Выдано патентов	Патентообладатели казахстанцы	Патентообладатели иностранцы
C22B 3/04	34	1	33
C22B 3/08	33	1	32
C22B 3/44	22	-	22
C22B 60/02	12	1	11
E21B 43/28	11	1	10

В дополнение к вышеуказанным данным важно выделить, что четверть (25%) евразийских патентов, приведенных в таблице 2 принадлежат финским компаниям и имеют статус действующего патента на территории Казахстана.

Таким образом, отечественные правообладатели (306) охранных документов по исследованным классам МПК превалируют над иностранными правообладателями (146) патентов на территории нашей страны.

Казахстанские охранные документы на изобретения доступны на сайте РГП Национального института интеллектуальной собственности (НИИС) в разделе Государственный реестр, также на сайте предусмотрено возможность проведения поиска. База данных содержит информацию опубликованных охранных документов с 1992 г. по настоящее время в формате PDF, поиск доступен по всем библиографическим данным.

Евразийские патентные документы доступны в разделе Евразийской патентной информационной системы (ЕАПАТИС) на сайте ЕАПВ, которая также обеспечивает доступ к мировым, региональным и национальным фондам патентной документации. Поиск по полным текстам патентных документов в настоящее время доступен только для патентной документации ЕАПВ. Системой ЕАПАТИС предоставляется неограниченный доступ для авторизованных пользователей и ограниченный (гостевой) доступ к системе для неавторизованных пользователей. Проведение развернутых видов поиска в режиме гостевого доступа возможно только в массивах патентной документации ЕАПВ. Патентная документация других стран и международных организаций доступна только в режиме быстрого доступа по номеру публикации соответствующего документа.

ТҰРАҚТЫ ДАМУ МӘСЕЛЕЛЕРІ (ESG),ҚҰҚЫҚТЫҚ, МАКРОЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ АТОМ САЛАСЫНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІНІҢ БІЛІМ БЕРУ АСПЕКТІЛЕРІ

Отыншиев Б. А., Шост Ю. А.
"Қазатомөнеркәсіп-SaUran" ЖШС Таукент к.

Сіздердің назарларыңызға "Қазатомөнеркәсіп-SaUran" ЖШС экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және қатысу өңіріндегі жергілікті қоғамдастықпен өзара іс-қимыл бойынша өткізетін іс-шаралар туралы баяндама ұсынуға рұқсат етіңіздер.

"Қазатомөнеркәсіп-SaUran" ЖШС Қазатомөнеркәсіптің еншілес кәсіпорны бола отырып, қатысу аймағын дамытудағы өз рөлін түсінеді және қоршаған ортаға және жергілікті халыққа тигізетін әсерін түсінеді. Осы мақсатта кәсіпорын экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету, табиғи ресурстарды ұтымды пайдалану және табиғи ортаны сақтау үшін ҚР заңнамасына сәйкес барлық қажетті шараларды қабылдайды.

Осыған байланысты "Қазатомөнеркәсіп-SaUran" ЖШС "Қазатомөнеркәсіп "ҰАК"АҚ Директорлар Кеңесі бекіткен экологиялық және әлеуметтік салалардағы іс – қимыл жоспарын (ESAP-Environmental and Social Action Plan) іске асыру жөніндегі Жол картасын іске асыруға кірісті. Осы жол картасы шеңберінде уран өндіруші кәсіпорынның өндірістік қызметінің қоршаған ортаға және жергілікті қоғамдастыққа әсерін бағалау жүргізіледі, бұл әлеуметтік және экологиялық салалардағы жұмыстарды тәуекелге бағдарланған ұйымдастыруға, сондай-ақ орнықты даму мәселелеріне (ESG) көшуді қамтамасыз етуге, қоршаған табиғи ортаға теріс әсерді азайту жөніндегі іс-шараларды әзірлеуге және GRI форматында есептілікті ұсынуды қалыптастыруға мүмкіндік береді, ашық компания ретінде.

Слайд 2. Қоршаған ортаға әсерді зерттеу.

"Қазатомөнеркәсіп-Сауран" ЖШС 2015 жылдың сәуір айында Канжуган, орталық және Оңтүстік Мойынқұм, Шығыс Мыңқұдық және Уванас кен орындарында уран кендерін өндіру және өңдеу мақсатында құрылды. Кәсіпорын өз технологиясында әлемдегі ең экологиялық таза болып табылатын және техникалық нормативтерге сәйкес кенішке іргелес аумақтардың қоршаған табиғи ортасына әсер етпейтін жерасты ұңғымаларын шаймалау әдісін қолданады.

ESAP іске асыру 2020 жылы басталды және кәсіпорында экологиялық-әлеуметтік мониторингті жүзеге асыру кезінде жүйелік тәсілді енгізуі тиіс, сондай-ақ:

- ESG-қағидаттарына сәйкес кәсіпорынның экологиялық және әлеуметтік саласындағы қызметті жетілдіру және кәсіпорынның тәуелсіз ESG-бағасын алу;
- өндірістік қызметтің ОЖ объектілері мен жергілікті халыққа нақты және ықтимал қолайсыз әсерін анықтау, алдын алу және азайту үшін тәуекелге бағдарланған тәсілдің орындалуын қамтамасыз ету;
- төтенше жағдайларды және соның салдарынан айыппұлдарды азайту арқылы ОЖ-ны қорғауға кететін шығындарды азайту;
- өзара іс-қимыл деңгейін арттыру және ОЖ қорғау саласындағы мемлекеттік органдармен, жергілікті атқарушы билік органдарымен, тұрғындармен сындарлы диалог орнату;
- Қазақстан Республикасының ОЖ қорғау саласындағы заңнамасының талаптарын да, халықаралық талаптарды да (ХҚК, GRI)орындау;
- GRI стандарттарына сәйкес экологиялық-әлеуметтік саладағы кәсіпорын есептілігінің сапасын арттыру арқылы мүдделі тараптардың кәсіпорын қызметіне, оның инвестициялық тартымдылығына және жалпы уран өндіру саласына деген сенімін арттыру;
- ӘҚ объектілеріне техногендік әсерді азайту жөніндегі үздіксіз және жоспарлы жұмысты ұйымдастыру, бұл уран өндіру аяқталғаннан кейін салдарларды жою жөніндегі іс-шараларды жүргізуге және жер қойнауын пайдалану аумағын Қазақстан Республикасының заңнамасында белгіленген және халық шаруашылығы мақсаттарында одан әрі пайдалану үшін қолайлы жағдайға келтіруге мүмкіндік береді.

Слайд 3. Қоршаған ортаға әсерді зерттеу.

Жұмыстарды орындау кезінде біз халықаралық стандарттардың ұсыныстарын орындадық: экологиялық және әлеуметтік жауапкершілік саласын кеңейту, экологтар тау-кен жұмыстарының шекарасынан шығып, жергілікті қоғамдастық үшін экологиялық тәуекелдерді бағалау.

Сондықтан біздің зерттеулеріміздің көп бөлігі кеніштерге іргелес аумақтарда жүргізілді (слайдта кеніштер орналасқан аймақтағы қоршаған орта объектілерінің сынамаларын алу схемалары көрсетілген).

Кеніштердің өндірістік қызметіне қоршаған ортаға әсер ету тұрғысынан талдау жүргізілді, әсер ету көздері, факторлары мен маркерлері анықталды.

Бірқатар экологиялық зерттеулер алғаш рет жүргізілді және жүйелі экологиялық мониторингті ұйымдастыруға негіз болуы керек еді, оның барысында:

1) уран өндіру қызметінің маркерлері болып табылатын заттарды анықтау үшін топырақ, су және атмосфералық жауын-шашын сынамаларын алу жүргізілді;

2) топырақтың "денсаулығының" көрсеткіші ретінде топырақ микробиоценозының жай-күйі зерттелді;

3) гидробионттардың (Қаратау тау ағындарында тіршілік ететін организмдердің) жағдайы зерттелді;

4) флора мен фаунаның қазіргі жағдайы зерттелді;

5) Қазақстанның басқа өңірлеріндегі туыстарымен салыстырғанда аномальды даму тұрғысынан жануарлардың индикаторлық түрлері зерттелді;

6) ғарыштық суреттердің көмегімен топырақ-өсімдік жамылғысының бұзылуы бағаланды;

7) жақын елді мекендердегі топырақтың жай-күйі мен ауыз судың сапасы зерттелді.

Слайд 4. Экологиялық зерттеулердің негізгі нәтижелері

Өндірістік аумақтарда әсер ету анықталды.

Кеніштің ЖТП – да радиациялық фонның (Шығыс Мыңқұдық – 19,9 және 3,5 рет, Уванас – 43,8 және 6,3 рет, Қанжуған –Альфа-белсенділігі бойынша 2,3 есе) және топырақтың су сорғышының тығыз қалдығының (Топырақтың су тартқышының тығыз қалдығының орташа мәндері (1,3 % (дала), 0,4 % (Таукент)нүктелік асып кетуі анықталды) фондық мәндермен салыстырғанда фонмен (0,6% және 0,2%) салыстырғанда, бұл РВР технологиясын пысықтау қажеттігін және кеніштерді жою кезінде осы учаскелерде рекультивациялық жұмыстар жүргізу қажеттігін көрсетеді.

Орталық Мойынқұм кенішінде нормативтерден асып кету анықталған жоқ.

Шахталардан тыс өндірістік қызметтің қоршаған орта объектілеріне әсері анықталған жоқ.

Кеніштерге іргелес аумақтар мен елді мекендерде альфа және бета белсенділігінің орташа көрсеткіштері фондық көрсеткіштерге сәйкес келеді.

Табиғи суларда қаттылықтың минералдануы, хлоридтердің құрамы, альфа және бета белсенділігі бойынша табиғи асып кетулер бар, ішу мақсатында пайдалану үшін сүзу қажет

Қыземшек, Таукент және жын кентінде орталықтандырылған сумен жабдықтаудан ауыз судың сипаттамалары 16.03.2015 ж. № 209 санитарлық ережеге сәйкес ауыз су сапасының нормативтеріне сәйкес келеді.

Анықтама үшін: (іргелес аумақтарда альфа - және бета-белсенділіктің орташа көрсеткіштері 337 және 626 БК/кг, елді мекендерде 400 және 610 БК/кг құрады – бұл фондық көрсеткіштерге сәйкес келеді – 350 БК/кг және 630 БК/кг.

Топырақтың су сығындысының тығыз қалдығының орташа мәні 0,6% (дала ауданы), 0,2% (Таукент ауданы) құрады.

Дала аймағы: табиғи мәндер шегіндегі pH деңгейі, зерттелген құдықтардан алынған су табиғи минералданудың, қаттылықтың, хлоридтердің, альфа мен бета белсенділігінің жоғарылауымен сипатталады. Тұтас ішу үшін сүзу қажет. Уранның орташа мөлшері-170,82 -281,6 мкг/дм3

Таукент ауданы: зерттелген жер үсті су объектілерінен алынған су малды суару үшін пайдаланылуы мүмкін, алдын ала Су дайындау (қайнату және сүзу) шаруашылық-тұрмыстық мақсатта (ауыз су емес) қолданылуы мүмкін. Уранның орташа мөлшері-115,6-202 мкг/дм3

Қыземшек, Таукент және жын кентінде орталықтандырылған сумен жабдықтаудан ауыз судың сипаттамалары ауыз су сапасының нормативтеріне сәйкес келеді, Қайнар ауылындағы 16.03.2015 ж. № 209 санитарлық ережеге сәйкес судың қаттылығы мен тұз құрамының жоғары көрсеткіштері бар (мектеп жанындағы ұңғымаға сүзгі орнату ұсынылады). Топырақтағы және ауыз судағы ауыр металдардың мөлшері (Қайнар ауылындағы судағы қорғасыннан басқа) нормативтерден едәуір төмен

Топырақ-өсімдік жамылғысының фондық жағдайы (бұзылмауы) шамамен 50% (Шығыс Мыңқұдық), 60% (Уванас) және 70% (Таукент филиалының кеніштері) құрайды. Негізгі әсер етуші фактор-бұл реттелмеген далалық жолдар желісі.

Слайд 5. Флора мен фауналы зерттеудің негізгі нәтижелері

Өндірістік және оған іргелес аумақтардағы биоалуантүрліліктің қазіргі жай-күйін зерттеуге ерекше назар аударылды, жұмыстар көктем-жаз кезеңінде (максимум бойынша көрсеткіштерді жинау уақыты) жүргізілді, жалпы алғанда 3,68 мың шаршы км зерттелді

Флора мен фаунаның түрлік құрамы, сирек және Қызыл кітап түрлері анықталды.

Өсімдіктердің түрлік әртүрлілігінің, маңызды мекендеу орындарының карталары-схемалары жасалды

Зерттелетін аумақтарда бай флора мен фауна бар.

Анықтама үшін: Шығыс Мыңқұдық және Уванас кеніштерінің орналасқан жері

Кеніштер аумағында 4 тұқымдастың 7 тұқымынан Жоғары өсімдіктердің 10 түрінің өсуі тіркелді, сирек және эндемикалық түрлері тіркелмеген. Фондық аумақтарда 18 ұрпақтан және 9 отбасыдан Жоғары өсімдіктердің 23 түрі бар. Сирек-Грейг қызғалдағы, эндемик-Бем қызғалдағы

Құстардың 49 түрі табылды, оның ішінде сирек кездесетін құстардың 3 түрі (қара қарын және ақ қарын, саджа). Сүтқоректілердің ішінде: кірпілер, үлкен және тамарикс гербилдері, сұр хомяк, сары гоферлер, түлкілер, толай қояндары. 11 адаммен кездесулер тіркелді

Аудан орналасқан жері Канжуган, Оңтүстік Мойнкум және Орталық Мойнкум кеніштері.

Кеніштер аумағында 23 тұқымдастың 54 тұқымынан Жоғары өсімдіктердің 69 түрі өскені тіркелді, сирек және эндемикалық түрлері тіркелмеген.

Құстардың 66 түрі табылды, оның ішінде сирек кездесетін құстардың 5 түрі (қарапайым балобан, қорым, қара қарын және ақ қарын, саджа).

Сүтқоректілердің ішінде: кірпілер, үлкен және тамарикс гербилдері, сұр хомяк, сары гоферлер, түлкілер, толай қояндары. Қызыл кітаптан қарақұйрықтар кездесті.

Бауырымен жорғалаушылардың 8 түрімен кездесулер тіркелді: Шығыс Боа констрикторы, су жыланы, жылан жебесі, сұр және сықырлаған геккондар, дала агамасы, жылдам және сызықты аусыл.

Зерттеу нәтижелері бойынша өндірістік қызметтің Өсімдіктер мен жануарлардың түрлік құрамына әсері анықталған жоқ. Маңызды мекендеу орындары табылған жоқ.

Қаратау тау ағындарының гидробионттарына, топырақ организмдерінің тіршілік әрекетіне, сондай-ақ жануарлардың индикаторлық түрлеріне (тышқандар мен аусыл популяцияларына) техногендік әсер анықталған жоқ.

Биоалуантүрлілікті сақтаудың маңыздылығына байланысты компания жоспарлы негізде жүргізетін флора мен фаунаның жай-күйін үнемі бақылау қажет.

Жүргізілген экологиялық зерттеулер негізінде қоршаған ортаны қорғау саласындағы ішкі құжаттарды – ПЭК бағдарламасын, ОЖ қорғау саласындағы іс-шаралар жоспарын (басқару жоспары) және ТЖ-ға ден қою жоспарын өзектендіруге ұсыныстар әзірленді.

Слайд 6. Әлеуметтік зерттеулер

Мүдделі тараптармен өзара іс-қимыл сапасын арттыру мақсатында әлеуметтік зерттеулер жүргізілді.

Әлеуметтік зерттеулер алғаш рет жүргізілгендіктен, олардың мақсаты жергілікті қоғамдастықпен, олардың уран өндіру саласына деген көзқарасымен танысу болды.

Созақ ауданындағы әлеуметтік-экономикалық жағдайлар туралы материалдар жиналды. Қызылжемшек, Тайконыр, Шолаққорған, Созақ, Сызған, Таукент, Қозмолдақ, Абай және Қайнар ауылдары елді мекендеріне барды.

Әлеуметтік сканерлеу кезінде халықаралық тәжірибелер қолданылды:

1. Қоғамның 8і ықпалды өкілдерімен сараптамалық сұхбат.

Анықтама үшін: Созақ ауданының әкімі – С. С. Полатов және оның орынбасары – А. Б. Сатыбалды, Созақ ауылдық округінің әкімі – С. С. Маманов, "Созақ жастарын қоғамдық бірлестігі" ҮЕҰ төрағасы – Жандар Бекбергенұлы, журналист Д. Беков және ірі жер пайдаланушылар – Н. Маханов (Тайконыр ауылы) және Дәулеталиев м. (ш/ш "Dauletaliev", п. Қыземшек); Салманов Б.ШҚ "Салман".

2. Әр түрлі әлеуметтік топтардың өкілдерінің (зейнеткерлер, жалдамалы қызметкерлер, жұмыссыздар, өзін-өзі жұмыспен қамтығандар) қатысуымен елді мекендердегі фокус-топтарда жұмыс істеу.

Анықтама үшін: барлығы 9 фокус-топ қатысты (107 адам).

3. Дүниежүзілік денсаулық сақтау ұйымының қысқаша сауалнамасы бойынша фокус-топтарға қатысушылардың өмір сапасы туралы Әлеуметтік сауалнамасы.

Анықтама үшін: сауалнамаға 98 адам қатысты. Қыземшек кенті мен Тайконыр ауылында сауалнамаға қатысқан 27 адамның шамамен 55,6% - ы өмір сүру сапасын "жақсы" деп бағаласа, 7,4% - ы Созақ ауданының оңтүстігінде "өте жақсы" деп бағаласа, 71% - ы "жақсы", 24% - ы "өте жақсы"деп бағалайды.

Жүргізілген зерттеулердің негізінде кәсіпорын қызметіне мүдделі тараптар айқындалды және мүдделі тараптармен өзара іс-қимыл жоспарының (ПВЗС) жобасы әзірленді.

Слайд 7. Әлеуметтік зерттеулердің негізгі нәтижелері

Жергілікті тұрғындар проблемалық мәселелерді (жұмыспен қамту, сумен жабдықтау сапасы, денсаулық пен қоршаған ортаның ластануынан қорқу) айтты, бірақ, ең бастысы, жергілікті қоғамдастық аймақтағы уран өндіру саласына оң көзқараспен қарайды және уран өндіруші кәсіпорындармен өзара іс-қимылға дайын.

Мүдделі тараптардың өзара іс-қимылын жақсарту бойынша нақты ұсыныстар ПВЗС-ке енгізілді:

 медициналық қызмет көрсету және әлеуметтік нысандарды, атап айтқанда Созақ ауылындағы жаңа мектепті салу саласында көмек көрсету;

 Шолаққорған ауылындағы колледждерде мамандарды даярлауға қатысу, жұмысқа орналасуға қолдау көрсету;

 кәріз және сумен жабдықтау мәселелерін шешуге көмек көрсету және Тайконыр ауылында қышқыл зауытын салуға жол бермеу;

 жолдағы жағдайды қамтамасыз ету үшін малға арналған шағылыстырғыштарды сатып алуға көмек;

 интернетті қосуға және экологиялық ақпарат беруге көмек.

Мәдени мұра ескерткіштерінің тізбесі қалыптастырылды. Кеніштерге жақын немесе кеніштер аумағында орналасқан ескерткіштер мен тарихи орындар табылған жоқ.

Ескерткіштердің көпшілігі Созақ ауылында орналасқан. Ежелгі уақытта бұл керуен саудасының орталығы, Қазақ хандығының астаналарының бірі болған. Мәдени мұраға мыналар кіреді: Ноғай-ишан мешіті (XIX ғ.), Ажы-ата кесенесі (XIX ғ. соңы), қазан кесенесі (XIX ғ.), Қарабур кесенесі (XVIII-XIX ғ.) (слайдта бар), құлақ-ата кесенесі (XVI ғ.), Мәмет Халфе кесенесі (XVIII-XIX ғ.) Ғ.)

Сызған ауылы ауданында: Мардан-ата кесенесі (XIX ғ. соңы), Санғыл Би кесенесі (XIII ғ.)

Шолаққорған ауылы ауданында: Баба Түкті Шашты Азиздің ескерткіші-кесенесі (слайдта бар) – Құмкент ауылының жанында – бұл жер қасиетті болып саналады, ескерткіш Қазақстанның киелі картасына енгізілген; Ермак баба ескерткіші, Қызылкөл көлі, химиялық құрамы бойынша ол өлі теңізге ұқсас. Кеңес заманында бұл әйгілі бальнеологиялық курорт болды. Қазір көл қайта жандануда, Құмкент ауылында демалушыларға арналған қонақ үйлер салынды.

Слайд 8. ESRP

ESAP жобасы аясында 2020-2021 жылдары көптеген зерттеулер алғаш рет жүргізілді және көптеген экологиялық және әлеуметтік көрсеткіштер тұрақты мониторингті қажет етеді, сондықтан 2021 жылдың соңында "жоғары технологиялар институты" ЖШС ESAP жол картасы шеңберінде кешенді экологиялық және әлеуметтік зерттеу бағдарламасы (environmental and Social Research Program ESRP) әзірленді.

Бағдарламаның негізгі мақсаттары-экологиялық-әлеуметтік мониторингті жүзеге асыру кезіндегі жүйелі тәсіл, уран өндіруші ЕТҰ қызметінің экологиялық-әлеуметтік саласында тәуекелге бағдарланған тәсілді бекіту, Қазақстан Республикасының Қоршаған ортаны қорғау саласындағы заңнамасының және халықаралық талаптардың (ХҚК, GRI стандарттары)талаптарын орындау

Бағдарламаның негізгі міндеттері:

1) экология саласындағы gri талаптарына сәйкес кәсіпорынның экологиялық есептілігін жетілдіру

2) кеніштер орналасқан аудандардағы экологиялық және әлеуметтік мониторинг

3) әсердің жиынтық әсерін қоса алғанда, өндірістік қызметтің қоршаған ортаға әсерін бағалау

4) экологиялық-әлеуметтік салада ЖҰӨ жетілдіру

5) тәуекелдерді басқаруды ұйымдастыру, Қоршаған ортаға және жергілікті қоғамдастыққа әсерді азайту бойынша ұсынымдар әзірлеу.

2022 жылдың көктемінде кәсіпорында осы бағдарламаны іске асыру басталды, жұмыстар үш жылға есептелген (2022-2024 жж.).

Әзірге зерттеудің бірінші кезеңі ғана аяқталды-маңызды тақырыптар бойынша gri стандартының талаптарына сәйкес экологиялық есептілікті қалыптастыру бойынша ұсыныстар берілді: су және төгінділер (gri 303), шығарындылар (gri 305) және қалдықтар (gri 306)

Бүгінгі күні кеніштер орналасқан ауданда кешенді экологиялық-әлеуметтік зерттеулерге дайындық жүріп жатыр.

Алдыңғы экологиялық зерттеулерден айырмашылығы, іріктелген сынамалар санының ұлғаюымен және зерттеудің жаңа маусымдарын қосу арқылы уақыт шекараларының кеңеюімен зерттеу аумағын кеңейту, 2020-2021 жылдардағы зерттеу нәтижелерімен салыстырмалы талдау негізінде қоршаған орта жағдайының өзгеруін бағалау жоспарлануда.

Әлеуметтік зерттеулер кезінде жергілікті қоғамдастықпен өзара іс-қимыл жөніндегі кәсіпорынның жауапты бөлімшесі жұмысының тиімділігін бағалау, халықпен қарым-қатынасты егжей-тегжейлі зерделеуге, мүдделі тараптармен жер қойнауын пайдалану салдарын жою жоспарларын талқылауға бағытталған арнайы сауалнамалар жүргізілетін болады.

Кәсіпорын жоспарлары-3-5 жылдық кезеңділікпен ESRP-ді үнемі орындау. Орта және ұзақ мерзімді (20 жылға дейін) перспективада бұл кәсіпорын жұмысының тиімділігін және орнықты даму деңгейін арттыруға, сондай-ақ ESAP-тың барлық мақсаттарына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (ESG), ПРАВОВЫЕ, МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Отыншиев Б.А., Шост Ю.А.
ТОО «Казатомпром-SaUran», п.Таукент, Казахстан

Позвольте представить Вашему вниманию доклад о мероприятиях, проводимых ТОО «Казатомпром-SaUran» по обеспечению экологической безопасности и взаимодействии с местным сообществом в регионе присутствия.

ТОО «Казатомпром-SaUran, являясь дочерним предприятием «Казатомпрома», осознает свою роль в развитии региона присутствия и понимает влияние, которое может оказывать на окружающую среду и местное население. С этой целью предприятие принимает все необходимые меры в соответствии с законодательством РК для обеспечения экологической безопасности, рационального использования природных ресурсов и сохранения естественной природной среды.

В связи с этим ТОО «Казатомпром-SaUran» приступил к реализации дорожной карты по реализации плана действий в экологической и социальной сферах (ESAP – *Environmental and Social Action Plan*), которая утверждена советом директоров АО «НАК «Казатомпром». В рамках данной дорожной карты проводится оценка воздействия производственной деятельности уранодобывающего предприятия на окружающую среду и местное сообщество, что позволит обеспечить переход на риск-ориентированную организацию работ в социальной и экологической сферах, также вопросы устойчивого развития (ESG), разработать мероприятия по минимизации негативного воздействия на окружающую природную среду и сформировать представление отчетности в формате GRI как публичной компании.

Исследование воздействия на окружающую среду

ТОО «Казатомпром-SaUran» создано в апреле 2015 года в целях добычи и переработки урановых руд на месторождениях Канжуган, Центральный и Южный Мойынкум, Восточный Мынкудук и Уванас. Предприятие использует в своей технологии метод подземного скважинного выщелачивания, который является самым экологически чистым в мире и при соблюдении технических нормативов не оказывает воздействия на окружающую природную среду прилегающих к руднику территорий.

Реализация ESAP началась в 2020 году и должна внедрить на предприятии системный подход при осуществлении эколого-социального мониторинга, а также:

• совершенствовать деятельность в эколого-социальной сфере предприятия в соответствии с ESG-принципами и получить независимую ESG-оценку предприятия;

• обеспечить исполнение риск-ориентированного подхода для выявления, предотвращения и снижения фактических и потенциальных неблагоприятных воздействий производственной деятельности на объекты ОС и местное население;

• сократить затраты на охрану ОС за счет минимизации аварийных ситуаций и, как следствие, штрафов;

• повысить уровень взаимодействия и наладить конструктивный диалог с государственными органами в области охраны ОС, местными исполнительными органами власти, населением;

• выполнить как требования законодательства Республики Казахстан в области охраны ОС, так и международные требования (МФК, GRI);

• повысить доверие заинтересованных сторон к деятельности предприятия, его инвестиционную привлекательность и уранодобывающей отрасли в целом путем повышения качества отчетности предприятия в эколого-социальной сфере в соответствии со стандартами GRI;

• организовать непрерывную и планомерную работу по уменьшению техногенного воздействия на объекты ОС, что позволит после окончания добычи урана провести мероприятия по ликвидации последствий и привести территорию недропользования в состояние, установленное законодательством Республики Казахстан и благоприятное для дальнейшего использования в народно-хозяйственных целях.

Исследование воздействия на окружающую среду

При выполнении работ мы следовали рекомендациям международных стандартов, которые рекомендуют: расширить область экологической и социальной ответственности, экологам выйти за границы горного отвода и оценить экологические риски для местного сообщества.

Поэтому большая часть наших исследований происходила на прилегающих к рудникам территориях.

Проведен анализ производственной деятельности рудников с позиций воздействия на окружающую среду, определены источники, факторы и маркеры воздействия.

Ряд экологических исследований проводились впервые и должны были стать основой для организации системного экологического мониторинга, в ходе которого:

1) проводился отбор проб почвы, воды и атмосферных осадков для выявления веществ, являющихся маркерами уранодобывающей деятельности;

2) исследовалось состояние микробиоценоза почв как показателя «здоровья» почв;

3) исследовалось состояние гидробионтов (организмов, обитающих в горных ручьях Каратау);

4) исследовалось современное состояние флоры и фауны;

5) исследовались индикаторные виды животных на предмет аномального развития по сравнению с их сородичами из других регионов Казахстана;

6) с помощью космоснимков оценивалась нарушенность почвенно-растительного покрова;

7) исследовалось состояние почв и качество питьевой воды в ближайших населенных пунктах.

Основные результаты экологических исследований

Установлено воздействие на производственных территориях.

На ГТП рудника обнаружены точечные превышения радиационного фона (Восточный Мынкудук – в 19,9 и 3,5 раза, Уванас – в 43,8 и 6,3 раза, Канжуган – в 2,3 раза по альфа-активности) и плотного остатка водной вытяжки почв (средние значения плотного остатка водной вытяжки почвы (1,3% (Степное), 0,4% (Таукент)) по сравнению с фоном (0,6% и 0,2%) по сравнению с фоновыми значениями, что говорит о необходимости доработки технологии РВР и необходимости проведения рекультивационных работ на данных участках при ликвидации рудников.

На руднике Центральный Мойынкум превышений нормативов не выявлено.

За пределами рудников воздействия производственной деятельности на объекты окружающей среды не выявлено.

На прилегающих к рудникам территориях и в населенных пунктах средние показатели альфа- и бета-активности соответствуют фоновым показателям.

Природные воды обладают природными превышениями по минерализации, жесткости, содержанию хлоридов, альфа- и бета-активности, для использования в питьевых целях необходима фильтрация.

В п. Кыземшек, Таукент и Жыныс-ата характеристики питьевой воды из централизованного водоснабжения соответствуют нормативам качества питьевой воды согласно Санитарным правилам № 209 от 16.03.2015.

Справочно: на прилегающих территориях средние показатели альфа- и бета-активности составили 337 и 626 Бк/кг, в населенных пунктах – 400 и 610 Бк/кг, что соответствует фоновым показателям – 350 Бк/кг и 630 Бк/кг.

Средние значения плотного остатка водной вытяжки почвы составили 0,6% (район Степного), 0,2% (район Таукента).

Район Степного: уровни pH в пределах естественных значений, вода из обследованных колодцев характеризуется естественной повышенной минерализацией, жесткостью, содержанием хлоридов, альфа- и бета-активностью. Для употребления в питьевых целях нужна фильтрация. Среднее содержание урана – 170,82–281,6 мкг/дм^3.

Район Таукента: вода из обследованных поверхностных водных объектов может использоваться для водопоя скота с предварительной водоподготовкой (кипячение и фильтрация) может применяться для хозяйственно-бытовых целей (не питьевая вода). Среднее содержание урана – 115,6–202 мкг/дм^3.

В п. Кыземшек, Таукент и Жыныс-ата характеристики питьевой воды из централизованного водоснабжения соответствуют нормативам качества питьевой воды согласно Санитарным правилам № 209 от 16.03.2015. В селе Кайнар вода обладает повышенными показателями жесткости и содержания солей (рекомендуется установить фильтр на скважине у школы). Содержание тяжелых металлов в почве и питьевой воде (кроме содержания свинца в воде с. Кайнар) значительно ниже нормативов

Фоновое состояние (нет нарушенности) почвенно-растительного покрова составляет около 50% (Восточный Мынкудук), 60% (Уванас) и 70% (рудники филиала Таукент). Основным фактором воздействия являются нерегламентированные сети полевых дорог.

Основные результаты исследований флоры и фауны

Особое внимание было оказано исследованиям современного состояния биоразнообразия на производственных и прилегающих к ним территориях, работы проводились в весенне-летний период (время сбора показателей по максимуму), в общем обследовано 3,68 тыс. кв. км.

Определен видовой состав флоры и фауны, редкие и краснокнижные виды.

Созданы карты-схемы видового разнообразия растительности, значимых мест обитания.

Исследуемые территории имеют богатую флору и фауну.

Справочно: район расположения рудников Восточный Мынкудук и Уванас.

На территории рудников зафиксировано произрастание 10 видов высших растений из 7 родов 4 семейств, редких и эндемичных видов не зафиксировано. На фоновых территориях 23 вида высших растений из 18 родов и 9 семейств. Из редких – тюльпан Грейга, из эндемиков – тюльпан Бема.

Обнаружено 49 видов птиц, из них 3 вида редких птиц (чернобрюхий и белобрюхий рябки, саджа). Среди млекопитающих: ежи, большая и тамариксовая песчанки, серый хомячок, желтые суслики, лисы, зайцы-толаи. Зафиксированы встречи с 11 особями быстрой ящурки.

Район расположения рудников Канжуган, Южный и Центральный Мойынкум.

На территории рудников зафиксировано произрастание 69 видов высших растений из 54 родов 23 семейств, редких и эндемичных видов не зафиксировано.

Обнаружено 66 видов птиц, из них 5 видов редких птиц (обыкновенный балобан, могильник, чернобрюхий и белобрюхий рябки, саджа).

Среди млекопитающих: ежи, большая и тамариксовая песчанки, серый хомячок, желтые суслики, лисы, зайцы-толаи. Из краснокнижных встречены джейраны.

Зафиксированы встречи с 8 видами пресмыкающихся: восточный удавчик, водяной уж, стрела-змея, серый и пискливый гекконы, степная агама, быстрая и линейчатая ящурки.

По результатам исследований воздействия производственной деятельности на видовой состав растений и животных не выявлено. Критические места обитания не обнаружены.

Техногенного воздействия на гидробионты горных ручьев Каратау, жизнедеятельность почвенных организмов, а также на индикаторные виды животных (популяции мышей и ящурок) не выявлено.

В связи с важностью сохранения биоразнообразия необходим регулярный мониторинг состояния флоры и фауны, который предприятие проводит на плановой основе.

На основе проведенных экологических исследований разработаны предложения к актуализации внутренних документов области охраны окружающей среды – Программы ПЭК, Плана мероприятий в сфере охраны ОС (план управления) и Плана реагирования на ЧС.

Социальные исследования

В целях повышения качества взаимодействия с заинтересованными сторонами проведены социальные исследования.

Поскольку социальные исследования проводились впервые, их целью было знакомство с местным сообществом, его отношением к уранодобывающей отрасли.

Собран материал об социально-экономических условиях в Сузакском районе. Посещены населенные пункты: п. Кыземшек, с.Тайконыр, с. Шолаккорган, с. Сузак, с. Сызган, п. Таукент, с. Козмолдак, с. Абай и с. Кайнар.

При соцсканировании применялись международные практики:

1. **Экспертные интервью** с 8 влиятельными представителями общества.

Справочно: акимом Сузакского района Полатовым С.С. и его заместителем Сатыбалды А.Б., акимом сельского округа Созак Мамановым С.С., председателем НПО «Созақ жастарынын қоғамдық бірлестігі» Жандаром Бекбергенулы, журналистом Бековым Д. и крупными землепользователями Махановым Н. (с. Тайконыр) и Даулеталиевым М. (к/х «Dauletaliev», п. Кыземшек); Салмановым Б. (КХ «Салман»).

2. **Работа в фокус-группах** в населенных пунктах с участием представителей разных социальных слоев (пенсионеры, наемные работники, безработные, самозанятые).

Справочно: всего приняли участие 9 фокус-групп (107 человек).

3. **Социологический опрос** участников фокус-групп о качестве жизни по краткому опроснику Всемирной организации здравоохранения.

Справочно: в опросе участвовало 98 человек. В п. Кыземшек и с. Тайконыр из 27 опрошенных около 55,6% оценивают качество своей жизни как «хорошее», около 7,4% – как «очень хорошее» На юге Сузакского района из 71 опрошенного около 54,9% оценивают качество своей жизни как «хорошее», около 24% – как «очень хорошее».

На основе проведенных исследований определены заинтересованные в деятельности предприятия стороны и разработан проект плана взаимодействия с заинтересованными сторонами (ПВЗС).

Основные результаты социальных исследований

Местные жители озвучили проблемные вопросы (трудоустройство, качество водоснабжения, опасение за здоровье и загрязнение окружающей среды), но, главное, местное сообщество положительно относится к уранодобывающей отрасли в регионе и готово к взаимодействию с уранодобывающими предприятиями.

Конкретные предложения по улучшению взаимодействия от заинтересованных сторон вошли в ПВЗС:

• оказать помощь в сфере медицинских услуг и строительстве социальных объектов, в частности новой школы в с. Сузак;

• оказывать поддержку в трудоустройстве, участие УП в подготовке специалистов в колледжах в с. Шолаккорган;

• помощь в решении проблем с канализацией и водоснабжением и не допустить строительство кислотного завода в с. Тайконыр;

• помощь с приобретением светоотражателей для скота, чтобы обезопасить ситуацию на дорогах;

• помощь с подключением Интернета и предоставлением экологической информации.

Сформирован перечень памятников культурного наследия. Расположенные близко к рудникам или на территории рудников памятники и исторические места не обнаружены.

Большинство памятников расположено в районе с. Сузак. В древности это был центр караванной торговли, одна из столиц Казахского ханства. Культурное наследие включает: Мечеть Ногай-ишана (XIX в), Мавзолей Ажи-ата (конец XIX в.), Мавзолей Казанши (XIX в.), Мавзолей Карабура (XVIII-XIX вв.), Мавзолей Кулак-ата (XVI в.), Мавзолей Мамет Халфе (XVIII-XIX вв.)

В районе с. Сызган: Мавзолей Мардан-ата (конец XIX в.), Мавзолей Сангыл Би (XIII в.)

В районе с. Шолаккорган: Памятник-мавзолей Баба Тукти Шашты Азиза недалеко от села Кумкент, место считается священным, памятник включен в сакральную карту Казахстана; Памятник Ыскак баба, озеро Кызылколь, по своему химическому составу оно аналогично Мертвому морю. В советские времена это был знаменитый бальнеологический курорт. Сейчас озеро возрождается, в с. Кумкент построены гостевые домики для отдыхающих.

ESRP

Многие исследования в рамках проекта ESAP в 2020–2021 году были проведены впервые, и многие экологические и социальные показатели требуют регулярного мониторинга, поэтому в конце 2021 года в рамках дорожной карты ESAP ТОО «Институт высоких технологий» была разработана Программа комплексных экологических и социальных исследовании (Environmental and Social Research Program ESRP).

Основные цели программы – системный подход при осуществлении эколого-социального мониторинга, закрепление риск-ориентированного подхода в эколого-социальной сфере деятельности уранодобывающих ДЗО, выполнение требований законодательства Республики Казахстан в области охраны окружающей среды и международных требований (Стандарты МФК, GRI)

Основные задачи программы:

1) совершенствование экологической отчетности предприятия в соответствии с требованиями GRI в области экологии;

2) экологический и социальный мониторинг в районах расположения рудников;

3) оценка воздействия производственной деятельности на окружающую среду, включая кумулятивный эффект воздействия;

4) совершенствование ВНД в эколого-социальной сфере;

5) организация управления рисками, разработка рекомендаций по минимизации воздействия на окружающую среду и местное сообщество.

Весной 2022 года на предприятии началась реализация этой программы, работы рассчитаны на три года (2022–2024 гг.).

Пока завершен только первый этап исследований – даны рекомендации для формирования экологической отчетности согласно требованиям стандарта GRI по существенным темам: «Вода и сбросы» (GRI 303), «Выбросы» (GRI 305) и «Отходы» (GRI 306).

На сегодняшний день идет подготовка к комплексным эколого-социальным исследованиям в районе расположения рудников.

В отличие от предыдущих экологических исследований планируется расширение территории исследований с увеличением количества отобранных проб и расширением временных границ путем добавления новых сезонов обследования, оценка изменений в состоянии окружающей среды на основе сравнительного анализа с результатами исследований в 2020–2021 годах.

При социальных исследованиях будет проведена оценка эффективности работы ответственного подразделения предприятия по взаимодействию с местным сообществом, специальные опросы, направленные на детальное изучение взаимоотношений с населением, обсуждение с заинтересованными сторонами планов ликвидации последствий недропользования.

В планах предприятия регулярное выполнение ESRP с периодичностью 3–5 лет. В среднесрочной и долгосрочной (до 20 лет) перспективе это позволит повысить эффективность работы предприятия и уровень устойчивого развития, а также достичь всех поставленных целей ESAP.

SUSTAINABLE DEVELOPMENT ISSUES (ESG), LEGAL, MACROECONOMIC AND EDUCATIONAL ASPECTS OF THE FUNCTIONING OF THE NUCLEAR INDUSTRY

Otynshiev B.A. Shost Yu.A.
«Kazatomprom-SaUran» LLP v.Taukent

Let me present to your attention a report on the activities carried out by Kazatomprom-SaUran LLP to ensure environmental safety and interaction with the local community in the region of presence.

Kazatomprom-SaUran LLP, being a subsidiary of Kazatomprom, is aware of its role in the development of the region of presence and understands the impact it can have on the environment and the local population. To this end, the company takes all necessary measures, in accordance with the legislation of the Republic of Kazakhstan, to ensure environmental safety, rational use of natural resources and preservation of the natural environment.

In this regard, Kazatomprom-SaUran LLP has started implementing the Roadmap for the implementation of the Environmental and Social Action Plan (ESAP – Environmental and Social Action Plan), which was approved by the Board of Directors of JSC NAC Kazatomprom. Within the framework of this Roadmap, an assessment of the impact of the uranium mining enterprise's production activities on the environment and the local community is being carried out, which will ensure the transition to a risk-oriented organization of work in the social and environmental spheres, as well as issues of sustainable development (ESG), develop measures to minimize the negative impact on the environment and generate reporting in the GRI format, as a public company.

Slide 2. Environmental impact study.

Kazatomprom-SaUran LLP was established in April 2015 in order to extract and process uranium ores at the Kanzhugan, Central and Southern Moinkums, Eastern Mynkuduk and Uvanas deposits. The company uses in its technology the method of underground borehole leaching, which is the most environmentally friendly in the world and which, subject to technical regulations, does not affect the environment of the territories adjacent to the mine.

The implementation of ESAP began in 2020 and should introduce a systematic approach in the implementation of environmental and social monitoring at the enterprise, as well as:

- improve the activities in the environmental and social sphere of the enterprise in accordance with ESG principles and receive an independent ESG assessment of the enterprise;
- ensure the implementation of a risk-based approach to identify, prevent and reduce the actual and potential adverse impacts of production activities on OS facilities and the local population;
- reduce the cost of OS protection by minimizing emergencies and, as a result, fines;
- to increase the level of interaction and establish a constructive dialogue with state bodies in the field of OS protection, local executive authorities, the population;
- fulfill both the requirements of the legislation of the Republic of Kazakhstan in the field of OS protection and international requirements (IFC, GRI);
- to increase the confidence of stakeholders in the company's activities, its investment attractiveness and the uranium mining industry as a whole by improving the quality of the company's reporting in the environmental and social sphere in accordance with GRI standards;
- to organize continuous and systematic work to reduce the man-made impact on OS facilities, which will allow after the end of uranium mining to carry out measures to eliminate the consequences and bring the subsoil use territory into a state established by the legislation of the Republic of Kazakhstan and favorable for further use for national economic purposes.

Slide 3. Environmental impact study.

When carrying out the work, we followed the recommendations of international standards, which recommend: to expand the area of environmental and social responsibility, environmentalists go beyond the boundaries of the mining allotment and assess environmental risks for the local community.

Therefore, most of our research took place in the territories adjacent to the mines (the slide shows the sampling schemes of environmental objects in the area of the mines).

The analysis of the production activities of the mines from the standpoint of environmental impact was carried out, the sources, factors and markers of impact were determined.

A number of environmental studies were conducted for the first time and were to become the basis for the organization of systematic environmental monitoring, during which:

1) Soil, water and precipitation samples were taken to identify substances that are markers of uranium mining activity;

2) The state of soil microbiocenosis was studied as an indicator of the "health" of soils;

3) The condition of hydrobionts (organisms living in the mountain streams of Karatau) was studied;

4) The current state of flora and fauna was investigated;

5) Indicator animal species were studied for abnormal development compared to their relatives from other regions of Kazakhstan;

6) The disturbance of the soil and vegetation cover was assessed using satellite images;

7) The condition of soils and the quality of drinking water in the nearest settlements were studied.

Slide 4. Main results of environmental studies

The impact on production areas has been established.

At the GTP of the mine, point exceedances of the radiation background were detected (Vostochny Mynkuduk – 19.9 and 3.5 times, Uvanas – 43.8 and 6.3 times, Kanzhugan – 2.3 times in alpha activity) and the dense residue of water extraction of soils (average values of the dense residue of water extraction of soil (1.3% (Steppe), 0.4% (Taukent)) compared with the background (0.6% and 0.2%) compared with the background values, which indicates the need to refine the RVR technology and the need to carry out reclamation work on these sites during the liquidation of mines.

At the Tsentralny Moinkum mine, no excess of standards was detected.

Outside of the mines, the impact of production activities on environmental objects has not been revealed.

In the territories and settlements adjacent to the mines, the average indicators of alpha and beta activity correspond to background indicators.

Natural waters have natural excesses in mineralization of hardness, chloride content, alpha and beta activity, filtration is necessary for use for drinking purposes

In the settlements of Kyzemshek, Taukent and Zhynys-ata, the characteristics of drinking water from centralized water supply comply with the drinking water quality standards according to Sanitary Rules No. 209 of 16.03.2015.

For reference: (In the adjacent territories, the average indicators of alpha and beta activity were 337 and 626 Bq/kg, in settlements 400 and 610 Bq/kg - which corresponds to the background indicators - 350 Bq/kg and 630 Bq/kg.

The average values of the dense residue of water extraction of the soil were 0.6% (Steppe region), 0.2% (Taukent region).

Steppe region: pH levels within natural values, water from the surveyed wells is characterized by natural increased mineralization, hardness, chloride content, alpha and beta activity. Filtration is needed for drinking purposes. The average uranium content is 170.82 -281.6 micrograms/dm3

The area of Taukent: water from the surveyed surface water bodies, can be used for livestock watering, with preliminary water treatment (boiling and filtration) can be used for household purposes (not drinking water). The average uranium content is 115.6-202 micrograms/dm3

In the settlements of Kyzemshek, Taukent and Zhynys-ata, the characteristics of drinking water from centralized water supply comply with the drinking water quality standards according to Sanitary Rules No. 209 of 16.03.2015. In the village of Kainar, water has increased hardness and salt content (it is recommended to install a filter on the well near the school). The content of heavy metals in the soil and drinking water (except for the lead content in the water of the village of Kainar) is significantly lower than the standards

The background condition (no disturbance) of the soil and vegetation cover is about 50% (East Mynkuduk), 60% (Uvanas) and 70% (Mines of the Taukent branch). The main impact factor is unregulated field road networks.

Slide 5. Main results of flora and fauna research

Special attention was paid to the research of the current state of biodiversity in industrial and adjacent territories, the work was carried out in the spring-summer period (the time of collecting indicators to the maximum), in general, 3.68 thousand square kilometers were surveyed, the species composition of flora and fauna, rare and red book species were determined.

Maps-schemes of species diversity of vegetation, significant habitats have been created

The studied territories have a rich flora and fauna.

For reference: The location of the Vostochny Mynkuduk and Uvanas mines

On the territory of the mines, 10 species of higher plants from 7 genera of 4 families have been recorded, rare and endemic species have not been recorded. There are 23 species of higher plants from 18 genera and 9 families in the background territories. From rare – Greig's tulip, from endemic – Boehm's tulip

49 species of birds were found, including 3 species of rare birds (black-bellied and white-bellied grouse,

saja). Among mammals: hedgehogs, large and tamarisk gerbils, gray hamster, yellow gophers, foxes, tolai hares. Meetings with 11 individuals of the fast foot-and-mouth disease were recorded

The location of the Kanzhugan mines, Southern and Central Moinkums

69 species of higher plants from 54 genera of 23 families have been recorded growing on the territory of the mines, rare and endemic species have not been recorded.

66 species of birds have been found, including 5 species of rare birds (common saker falcon, burial ground, black-bellied and white-bellied grouse, saja).

Among mammals: hedgehogs, large and tamarisk gerbils, gray hamster, yellow gophers, foxes, tolai hares. From the Red Books, gazelles were met.

Recorded encounters with 8 species of reptiles: eastern boa constrictor, water snake, snake arrow, gray and squeaky geckos, steppe agama, fast and linear foot-and-mouth.

According to the research results, the impact of industrial activity on the species composition of plants and animals has not been revealed. No critical habitats have been found.

Technogenic effects on the hydrobionts of Karatau mountain streams, the vital activity of soil organisms, as well as on indicator animal species (populations of mice and foot-and-mouth disease) have not been revealed.

Due to the importance of biodiversity conservation, it is necessary to regularly monitor the state of flora and fauna, which the company conducts on a planned basis.

Based on the conducted environmental studies, proposals have been developed for updating internal documents in the field of environmental protection – the PEC Program, the Action Plan in the field of OS protection (management Plan) and the Emergency Response Plan.

Slide 6. Social research

In order to improve the quality of interaction with stakeholders, social studies have been conducted.

Since social studies were conducted for the first time, their purpose was to get acquainted with the local community, their attitude to the uranium mining industry.

The material on socio-economic conditions in the Suzak district has been collected. The settlements were visited: the village of Kyzemshek, the village of Taikonyr, the village of Sholakkorgan, the village of Suzak, the village of Syzgan, the village of Taukent, the village of Kozmoldak, the village of Abai and the village of Kainar.

International practices were used in social scanning:

1. Expert interviews with 8 influential representatives of society.

For reference: Akim of the Suzak district – Polatov S.S. and his deputy – Satybaldy A. B., Akim of the rural district of Sozak – Mamanov S.S., chairman of the NGO "Sozak zhastarynyn kogamdyk birlestigi" – Zhandar Bekbergenuly, journalist Bekov D. and large land users – Makhanov N. (S. Taikonyr) and Dauletaliev M. (k/x "Dauletaliev", P. Kyzemshek); Salmanov B. KH "Salman".

2. Work in focus groups in localities with the participation of representatives of different social strata (pensioners, employees, unemployed, self-employed).

For reference: A total of 9 focus groups (107 people) took part.

3. Sociological survey of focus group participants on the quality of life according to a short questionnaire of the World Health Organization.

For reference: 98 people participated in the survey. In the village of Kyzemshek and the village of Taikonyr, out of 27 respondents, about 55.6% rate their quality of life as "good", about 7.4% as "very good" In the south of the Suzak district, out of 71 respondents, about 54.9% rate their quality of life as "good", about 24% as "very good".

Based on the conducted research, the parties interested in the company's activities have been identified and a Draft Plan for Interaction with Stakeholders has been developed.

Slide 7. The main results of social research

Local residents voiced problematic issues (employment, water supply quality, health concerns and environmental pollution), but, most importantly, the local community has a positive attitude to the uranium mining industry in the region and is ready to interact with uranium mining enterprises.

Specific proposals for improving interaction from interested parties were included in the PVZS:

 to provide assistance in the field of medical services and the construction of social facilities, in particular a new school in the village of Suzak;

 to provide support in employment, participation of the UP in the training of specialists in colleges in the village of Sholakkorgan;

 assistance in solving problems with sewerage and water supply and prevent the construction of an acid plant in the village of Taikonyr;

 help with the purchase of reflectors for livestock to protect the situation on the roads;

 help with internet connection and provide environmental information.

A list of cultural heritage monuments has been formed. Monuments and historical sites located close to the mines or on the territory of the mines have not been found.

Most of the monuments are located in the area of the village of Suzak. In ancient times it was a center of caravan trade, one of the capitals of the Kazakh Khanate. Cultural heritage includes: Nogai-ishan Mosque (XIX century), Aji-ata Mausoleum (late XIX century), Kazanshi Mausoleum (XIX century), Karabur Mausoleum (XVII-XIX centuries) (on the slide), Kulak-ata Mausoleum (XVII century), Mamet Khalfe Mausoleum (XVII-XIX

In the area of the village of Syzgan: Mausoleum of Mardan-ata (late XIX century), Mausoleum of Sangyl Bi (XIII century)

In the area of the village of Sholakkorgan: Monument-mausoleum of Baba Tukti Shashty Aziz (there is on the slide) – near the village of Kumkent – the place is considered sacred, the monument is included in the sacred map of Kazakhstan; Monument of Yerak baba, Lake Kyzylkol, in its chemical composition it is similar to the Dead Sea. In Soviet times it was a famous balneological resort. Now the lake is being revived, guest houses for vacationers have been built in the village of Kumkent

Slide 8. ESRP

Many studies within the ESAP project in 2020-2021 were conducted for the first time, and many environmental and social indicators require regular monitoring, therefore, at the end of 2021, within the framework of the ESAP Roadmap, the Institute of High Technologies LLP developed a Program of integrated Environmental and Social Research (Environmental and Social Research Program ESRP).

The main objectives of the program are a systematic approach in the implementation of environmental and social monitoring, the consolidation of a risk–based approach in the environmental and social sphere of uranium mining subsidiaries, compliance with the requirements of the legislation of the Republic of Kazakhstan in the field of environmental protection and international requirements (IFC standards, GRI)

The main objectives of the program:

1) Improvement of the company's environmental reporting in accordance with the requirements of GRI in the field of ecology

2) Environmental and social monitoring in the areas where the mines are located

3) Assessment of the impact of production activities on the environment, including the cumulative effect of the impact

4) Improvement of GNI in the ecological and social sphere

5) Organization of risk management, development of recommendations to minimize the impact on the environment and the local community.

In the spring of 2022, the company began implementing this program, the work is designed for three years (2022-2024).

So far, only the first stage of research has been completed – recommendations have been given for the formation of environmental reporting according to the requirements of the GRI standard on significant topics: Water and discharges (GRI 303), Emissions (GRI 305) and Waste (GRI 306)

To date, preparations are underway for comprehensive environmental and social studies in the area of the mines.

Unlike previous environmental studies, it is planned to expand the research area with an increase in the number of samples taken and the extension of time limits by adding new survey seasons, assessing changes in the state of the environment based on comparative analysis with the results of research in 2020-2021.

In the course of social research, an assessment of the effectiveness of the work of the responsible division of the enterprise for interaction with the local community, special surveys aimed at a detailed study of the relationship with the population, discussion with interested parties of plans to eliminate the consequences of subsurface use will be carried out.

The company plans to regularly perform ESRP with a periodicity of 3-5 years. In the medium and long term (up to 20 years), this will increase the efficiency of the enterprise and the level of sustainable development, as well as achieve all ESAP goals.

К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Степанова О.А., Ермоленко М.В., Касымов А.Б.
НАО «Университет имени Шакарима города Семей», г. Семей, Казахстан

Эффективное функционирование атомной отрасли во многом определяется тем, как проводится подготовка и обучение кадров. Университет Шакарима имеет большой опыт в организации учебного процесса для специалистов данного направления (в настоящее время образовательная программа «Техническая физика»). С 1996 года осуществляется совместная работа с Национальным ядерным центром Республики Казахстан (НЯЦ РК), целью которой является подготовка конкурентоспособных специалистов высокой квалификации, имеющих теоретическую и практическую подготовку в области физики и энергетики. Наличие филиала кафедры на базе НЯЦ РК позволяет учитывать требования рынка труда. Обучение проводится по образовательным программам высшего и послевузовского образования.

Образовательная программа «Техническая физика» согласно Классификатора направлений подготовки кадров с высшим и послевузовским образованием, относится к группе образовательных программ «Физика», направление подготовки – физические и химические науки, область образования – естественные науки, математика и статистика.

Образовательные программы всех уровней подготовки (бакалавриат, магистратура, докторантура) представляют собой единый комплекс основных характеристик образования, который включает цели, результаты и содержание обучения, организацию образовательного процесса, способы и методы их реализации, критерии оценки результатов обучения. Структура образовательной программы представлена на рисунке 1.

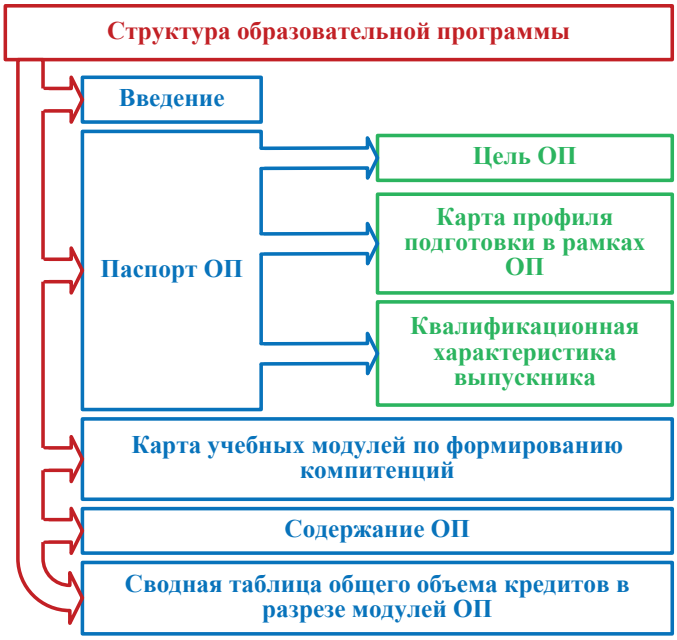


Рисунок 1 – Структура образовательной программы.

Среди разработчиков ОП «Техническая физика» ведущие преподаватели, представители работодателей, а также обучающиеся. Образовательная программа обязательно проходит внешнее рецензирование ведущих специалистов и ученых. С учетом требований современного рынка труда, потенциальных работодателей и интересов обучающихся в обязательном порядке происходит регулярная актуализация образовательной программы (вводятся новые дисциплины или дополнительные разделы в уже изучаемые курсы).

Взаимодействие с работодателями при реализации образовательной программы и обеспечения требуемого уровня подготовки выпускников является одним из важных направлений работы. В каждом конкретном случае формы и виды взаимодействия будут различны, но в целом основные принципы сотрудничества имеют общую основу и обязательно системный характер (рисунок 2).

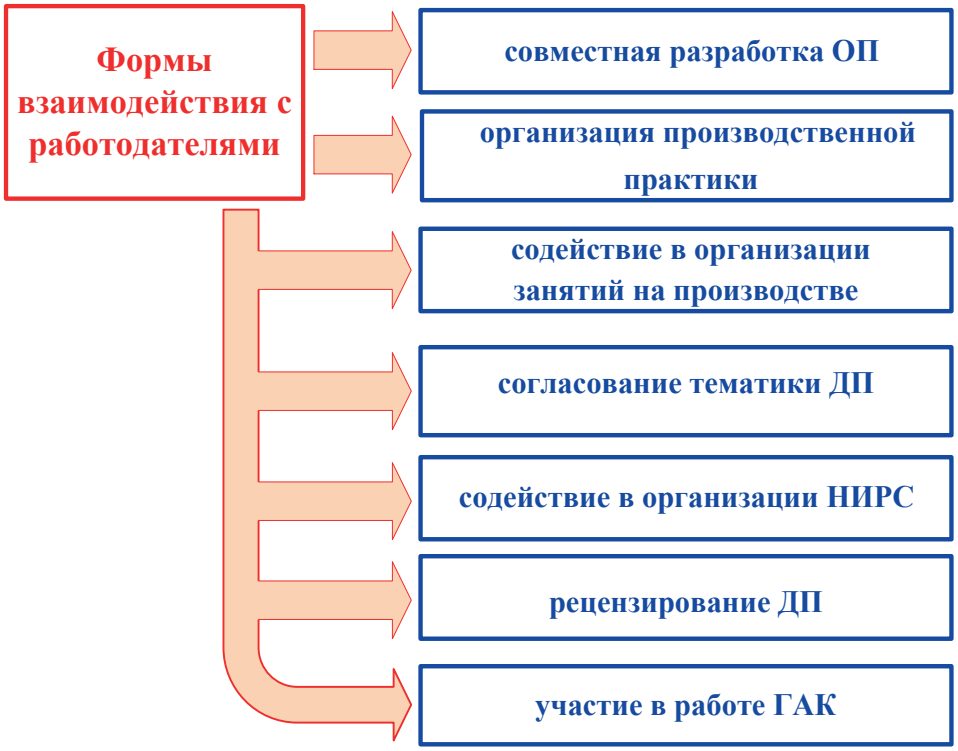


Рисунок 2 – Формы взаимодействия с работодателями.

При подготовке по образовательной программе большая роль отводится самостоятельной работе обучающихся (СРО). СРО рассматривается, как единство трех взаимосвязанных форм работы, представленных на рисунке 3. Именно такой подход к самостоятельной работе дает возможность самореализоваться обучающимся и достичь высоких результатов как на внутривузовских конкурсах, олимпиадах, конференциях, так и на Республиканских и Международных.

Для того, чтобы уже в бакалавриате, на первом курсе выявить способности обучающихся и активизировать их работу на повышение своего уровня знаний, проводится конкурс работ студентов в рамках изучения дисциплины «Введение в специальность». Для этого разработано положение и выработаны критерии оценивания. Использование четких критериев и объективных процедур оценивания результатов обучения подтверждает, что все процедуры оценивания направлены на достижение планируемых результатов обучения и целей ОП.

Рисунок 3 – Взаимосвязанные формы самостоятельной работы обучающихся.

Способность и готовность выпускника вуза эффективно работать, постоянно учиться и расширять свой кругозор являются основным критерием оценки качества обучения работодателем. Поэтому выпускник должен обладать необходимыми компетенциями, сформулировать которые можно только в тесном сотрудничестве между вузом и работодателями. Поэтому особая роль отводится вопросу организации профессиональной практики. Виды, сроки и содержание профессиональной практики определяются графиком учебного процесса, перечнем вузовского компонента образовательной программы и сквозной программой профессиональной практики. Мероприятия по организации практики показаны на рисунке 4.

В Университете Шакарима ежегодно проводятся конференции по результатам производственной практики, на этом мероприятии обязательно участвуют руководители практики от вуза и предприятий.

Работа с предприятиями не ограничивается проведением практики, так на базе НЯЦ РК проводится дипломное проектирование, исследования по магистерским и докторским диссертациям.

Представители работодателей участвуют в государственных аттестационных комиссиях в качестве председателя, присутствуют на защитах ДП в качестве рецензентов. По результатам государственного экзамена и защиты ДП вносятся предложения по совершенствованию содержания образовательной программы, организации учебного процесса, тематики дипломного проектирования и производственной практики.

РГП «НЯЦ РК» оказывает помощь при проведении научно-исследовательских работ студентов. Это плодотворное сотрудничество длится на протяжении всех лет. Обучающиеся университета принимают участие в конференции-конкурсе НИОКР молодых ученых и специалистов НЯЦ РК г. Курчатов.

Связь между научными исследованиями и преподаванием осуществляется на основе современных достижений науки и практики. Преподаватели на занятиях дают студентам информацию о последних достижениях отрасли.

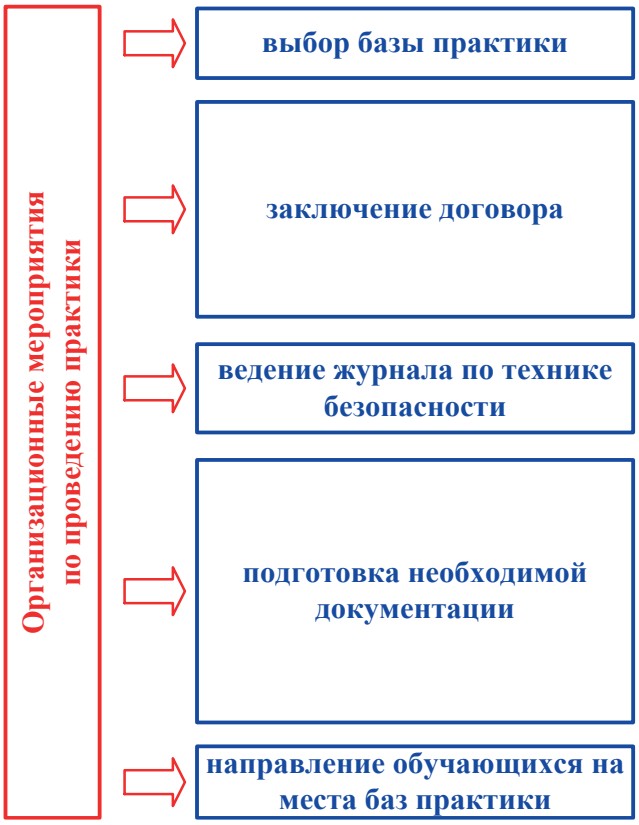


Рисунок 4 – Мероприятия по организации практики.

Одним из важных моментов в организации образовательного процесса является подбор квалифицированных кадров. Данная работа проводится с перспективами на будущее, и в результате проводимых собеседований на работу принимаются молодые перспективные выпускники, многие из которых в дальнейшем продолжают или планируют свое обучение в PhD-докторантуре. Наиболее подготовленные выпускники бакалавриата поступают в магистратуру, что делает возможным их

трудоустройство в университете в качестве преподавателя и дальнейший рост как учебно-методической, так и научно-исследовательской работе. За молодыми преподавателями закрепляются более опытные, что обеспечивает преемственность поколений и высокий уровень подготовки кадров.

Вся работа, проводимая ППС, по повышению своего уровня – это работа по развитию своих профессиональных компетенций, к основным из которых можно отнести, представленные на рисунке 5.

Эффективная реализация образовательной программы неразрывно связана с проведением мониторинга и оценкой функционирования образовательной среды. Для проведения мониторинга приглашаются внутренние и внешние стейкхолдеры. Университет определяет и последовательно применяет процедуры мониторинга, периодической оценки и пересмотра образовательных программ, для того, чтобы дать гарантию того, что они достигают своей цели и отвечают потребностям обучающихся и общества.

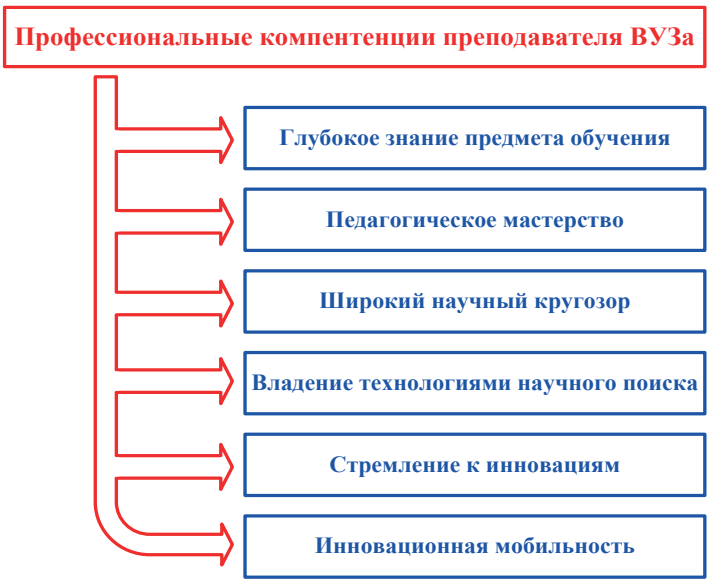


Рисунок 5 – Профессиональные компетенции преподавателя вуза.

Именно тесное взаимодействие с заинтересованными предприятиями, а в первую очередь с Национальным ядерным центром РК, позволило организовать учебный процесс по образовательной программе «Техническая физика» в бакалавриате и магистратуре на соответствующем уровне, что в дальнейшем позволило открыть образовательную программу докторантуры и диссертационный совет. Выпускающая кафедра постоянно осуществляет целенаправленную деятельность по совершенствованию образовательной программы, проводит системное улучшение качества и содержания ОП, привлекает ведущих специалистов и ученых для осуществления образовательного процесса.

ВКЛАД НАУКИ В УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ АО «ФОНД НАУКИ»

Шаменов А.А.,
АО «Фонд науки», г.Астана, Казахстан

Как говорил Глава Государства Қасымжомарт Кемелович Тоқаев в своем выступлении на юбилейной сессии Национальной академии наук 1 июня текущего года «Развитие науки, техники и инноваций является одним из ключевых направлений повышения конкурентоспособности страны.»

АО «Фонд науки» (далее – Фонд) видит свою миссию в участии в построении наукоёмкой экономики за счёт содействия учёным и предпринимателям в реализации научных исследований и их коммерциализации. И стремится стать национальным институтом развития, способствующим обеспечению полного научно-технологический цикла от научной идеи до коммерциализации результатов научной деятельности.

Фонд в своей деятельности фокусируется на достижении целевых индикаторов развития науки страны, определенных в Национальном проекте «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инновации».

Фондом проведено 3 конкурса (в 2016, 2017, 2018гг.) на грантовое финансирование проектов коммерциализации результатов научно и (или) научно-технической деятельности (далее – РННТД), по итогам которых поддержан 151 проект. На данном этапе создано порядка 130 наукоёмких производств, 15 из них вышли на экспорт продукции. Сумма доходов от продажи инновационной продукции и оказания услуг по состоянию на 3 квартал 2022 года 22,6 млрд.тг., при этом, экспорт – 402 млн.тг. Привлечено 6,7 млрд.тг. частного финансирования. В целом, от реализации наукоёмкой продукции в бюджет в виде налоговых платежей выплачено более 5,7 млрд.тг. Создано порядка 1400 рабочих мест.

С учетом предыдущего опыта деятельности Фонда и нынешних требований повышения вклада науки в социально-экономическое развитие страны определены следующие стратегические направления деятельности:

- повышение компетенций и распространение лучшей практики на национальном уровне;
- развитие культуры научно-технологического предпринимательства;
- грантовое финансирование и сопровождение проектов коммерциализации РННТД;
- продвижение проектов коммерциализации РННТД.

В Комплексном плане «Программа повышения доходов населения до 2025 года» от 14.04.2022г. (пп.5 п.22) на 2022-2025 годы предусмотрено мероприятие по «запуску научно-технологического акселератора для повышения бизнес-навыков ученых, в том числе ВУЗов и НИИ в регионах страны с ежегодным финансированием из РБ в размере 0,5 млрд тенге». В соответствии с этим Фондом разработана программа «Научно-технологическая акселерация научных проектов», бюджетная заявка находится на рассмотрении в Министерство финансов.

В планах организация специализированной акселерационной программы для научных проектов, учитывающая возможные пути коммерциализации РННТД: продажа или передача прав на ОИС, внедрение на базе действующих предприятий, грантовое финансирование коммерциализации РННТД или ПЦФ, формирование научных стартапов и привлечение инвестиций.

Также Фонд осуществляет активную деятельность по интеграции науки и бизнеса через развитие культуры технопредпринимательства у основных участников процесса коммерциализации: представителей науки и бизнеса. Основной целью является развитие наукоемкой экономики в регионах, получение технологических запросов от бизнеса и последующее внедрение научных разработок на местных производствах. Научные проекты должны создавать добавленную стоимость и в итоге повышать благосостояние граждан. В качестве инструментария по интеграции науки и бизнеса – это онлайн-презентации «QazTechnologies» проектов грантополучателей Фонда науки перед потенциальными потребителями, покупателями, инвесторами и бизнес-партнерами. Проводятся Реакторы коммерциализации технологий –специализированная диалоговая площадка, где ученые посредством 3-х минутных презентаций своих научных разработок получают возможность найти своего потенциального Бизнес-партнера для привлечения софинансирования в рамках участия в конкурсе на грант или заключения лицензионных соглашений по передаче прав на объекты интеллектуальной собственности.

Ведется работа по вовлечению бизнеса в процесс коммерциализации, повышению компетенции в

области техно предпринимательства. С 2021 года при Фонде науки действует Клуб Бизнес-партнеров. Клуб Бизнес-партнеров Фонда науки - сообщество отечественных представителей бизнеса, заинтересованных в коммерциализации научных проектов. В Клубе в настоящее время 131 участник: 28 лицензиатов, 39 инвесторов, 36 бизнес-партнёра, 28 менторов.

Из Республиканского бюджета на финансирование проектов коммерциализации РННТД за период 2016-2021г. выделено 33,5 млрд.тг., в 2022-2024г. планируется выделения 53,6 млрд тенге. (Источник планируемых сумм на 2022-2024гг: Национальный проект «Технологический рывок за счет цифровизации, науки и инновации», ЗРК «О Республиканском бюджете РК»).

Реализация прав на РННТД осуществляется по следующим механизмам коммерциализации РННТД:

1) заключение лицензионного договора или договора уступки исключительных прав;
2) создание стартап-компании;
3) внедрение РННТД в собственное производство;
4) иные способы.

В портфеле Фонда науки имеются 151 проект, в том числе 2 проекта в атомной отрасли, а также порядка 9 ESG проектов.

О ESG проектах, профинансированных Фондом науки:

0360-18-ГК «Разработка, создание и серийное производство генераторов на базе безопасной, эффективной энергии ветра», грантополучатель ТОО "КБ Tree Energy". Целью данного проекта является коммерциализация высокоэффективной разработки и производство вертерогенератора мощностью 3 кВт, 5 кВт и 10 кВт. Продажи на сегодняшний день составили134 млн тг, налоги 48 млн тг.

0331-17-ГК «Переработка нефтесодержащих отходов по инновационной технологии», грантополучатель ТОО "CT Solutions". Данная установка по переработке нефтесодержащих отходов, позволяет решить проблему нефтяной промышленности по образованию и накоплению нефтешламов и прочих нефтяных отходов с возвращением в товарную форму 95-97% нефти из отходов. Продажи на сегодняшний день составили 600 млн тг, налоги 35 млн тг.

0393-17-ГК «Организация производства металлических каталитических нейтрализаторов токсичных компонентов в газовых выбросах автотранспорта и промышленных предприятий», грантополучатель АО "Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского". Блочные катализаторы, производимые по данному проекту на металлическом носителе значительно прочнее, быстрее разогреваются и выходят на режим по сравнению с керамическим носителем. Продажи на сегодняшний день составили 336 млн тг, налоги 72,4 млн тг.

023-16-ГК «Коммерциализация технологии комплексной импульсно-пучковой очистки вод различного назначения», грантополучатель ТОО "Научно-технологический центр воды" занимается оказанием услуг по монтажу систем очистки воды, как питьевого, так и технического назначений. В процессе реализации проекта освоено ещё одно направление - это очистка водоёмов рыбохозяйственного назначения, водоёмов накопителей хозяйственно-бытовых стоков. На данный момент очищено уже более 100 водоёмов рыбохозяйственного назначения, получены положительные результаты по реабилитации водоёма накопителя бытовых стоков г.Петропавловска. Общий объем продаж на сегодняшний день составили 102 млн тг, налоги 46,8 млн тг.

163-16-ГК «Разработка и производство новых высокоэффективных сорбентов и фильтров для очистки воды», грантополучатель РГП на ПХВ "Институт проблем горения". Данный проект позволит обеспечить удовлетворение потребности населения в безопасной и чистой воде. Продажи на сегодняшний день составили 12,4 млн тг, налоги 36,6 млн тг.

280-16-ГК «Создание плазмохимической установки для получения синтез-газа из сельскохозяйственных отходов», грантополучатель ТОО "Союз Алем КЗ". По проекту разработан новый технологический процесс, основанной на использовании плазмохимической реакции для пиролиза животноводческих и любых органических отходов в синтез-газ, представляющего собой смесь водорода и монооксида углерода H2 + CO. Для получения синтез-газа используется технология, основанная на высокотемпературном плазмохимическом воздействии и полном разложении утилизируемых продуктов с помощью дуговой плазмы. При температуре более 1000°C весь углерод из любых соединений переходит в газ- CO. Полученный синтез- газ можно превратить в сжиженный и использовать как товарный продукт во многих отраслях народного хозяйства. Продажи составили 9,6 млн тг, налоги 17,6 млн тг.

Справочно о проектах атомной отрасли, профинансированных Фондом науки:

0265-18-ГК «Трехмерная сейсморазведка для моделирования рудных залежей в сложных горно-геологических условиях». Грантополучателем по проекту является ТОО «Казгипроцветмет», частным партнером выступает ТОО «Корпорация Казахмыс». За счет повышения достоверности прогнозирования перспективных участков, сокращения их размеров и объемов бурения при поиске, разведке, оценке глубоких горизонтов и флангов рудных месторождений, происходит значительное сокращение затрат при проведении геологоразведочных поисковых работ, на основе выявления наиболее перспективных площадей для поисков месторождений металлических полезных ископаемых. На сегодняшний день продажи по проекту 45 млн тг, сумма налоговых отчислений составила 20 млн тг.

0379-17-ГК «Производство технологического оборудования и оснастки для способа бурения с сохранением первоначальных фильтрационных свойств рудоносного горизонта». Грантополучатель ТОО «Инновация ДП». Цель данного проекта - снижение закольматированности и улучшение фильтрационных свойств рудоносного горизонта технологических скважин, за счет сокращения количества инфильтрата задавливаемого гидростатическим давлением столба промывочного раствора в призабойную зону скважины, подаваемого при способе бурения с прямой циркуляцией промывочной жидкости. До сегодняшнего дня технологии, применяемые в компаниях, были нацелены на решение вопросов повышения эффективности проведения РВР на действующих скважинах, пробуренных традиционным методом. При высокой кольматации, ремонтно-восстановительные работы сведены к обработке зоны продуктивного пласта растворами серной или соляной кислот, тем самым продукты кольматации переводятся в раствор и выносятся на поверхность. Этот способ затратный и наносит огромный вред окружающей среде. Предлагаемый проектом способ изначально ставит задачей снижение количества РВР и затрат на их проведение, при этом одновременно решен вопрос снижения затрат на бурение, сооружение и увеличение производительности технологических скважин. Достоинства предлагаемого способа бурения является сохранение естественной пористости и проницаемости продуктивных пластов при их вскрытии.

АНАЛИЗ И МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ» ДО 2060 ГОДА

Садырбаев Ж.А., Шуриев Т.Х., Беккулиев А.Б.
АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан

(Предпосылка проекта)

Последние мировые события обусловили повышенное внимание к энергетической безопасности и диверсификации источников генерации энергии, что позволило ядерной энергетике выйти на первый план в качестве незаменимой базовой альтернативы ископаемому топливу. На фоне глобального обсуждения вызовов, связанных с изменением климата и преимуществ развития ESG политики наблюдается растущий интерес к атомной отрасли со стороны мирового сообщества.

Сегодня декарбонизация — это не только средство решить экологические и климатические задачи, но и способ обеспечить дифференциацию своей продукции и ее конкурентоспособность в глобальном масштабе. Так, например, крупные мировые компании по производству урана (Cameco, АРМЗ Росатом, Orano, CNNC и др.) уже заявили о своих целях по сокращению выбросов ПГ и достижению углеродной нейтральности.

Казатомпром планирует сыграть существенную роль в реализации усилий по энергопереходу, сохраняя приверженность своей стратегии создания долгосрочной стоимости, при этом соблюдая высокие стандарты производства и экологической безопасности.

Принимая во внимание описанные выше тренды и обязательства страны, Казатомпром понимает, что может внести существенный вклад в достижение целей и задач страны. В связи с чем Казатомпром принял решение о разработке и реализации корпоративной Стратегии декарбонизации и достижению углеродной нейтральности (далее – «Стратегия»), которая включает в себя определение климатических амбиций Компании, систематизацию основных подходов и понимание текущего уровня выбросов ПГ, а также определение мер в области снижения углеродного следа.

Казатомпром в октябре 2022 года разработал и утвердил Стратегию декарбонизации и достижения углеродной нейтральности до 2060 года.

Компания приняла решение по сокращению выбросов парниковых газов к 2030 году до 10% от показателей 2021 года (охват 1,2) и к 2060 году планирует достигнуть полной углеродной нейтральности.

Казахстан является одним из крупных эмиттеров источников парниковых газов (ПГ) в мире – страна входит в топ-30 стран и юрисдикций по объему выбросов ПГ, и находится на 11 месте в мировом рейтинге стран по углеродоемкости ВВП, а также в топ-15 стран по выбросам CO_2 на душу населения.

В 2020 году общие выбросы парниковых газов (ПГ) в Казахстане без учета ЗИЗЛХ (землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство) составили 342,868 млн. тCO_2-эквивалента.

Казатомпром входит в группу компаний АО «Самрук-Казына» (далее – Фонд), где в группу компаний Фонда входят предприятия нефтегазового и транспортно-логистического секторов, химической и атомной промышленности, горно-металлургического комплекса, энергетики и недвижимости. Углеродный след *(прямые и косвенные выбросы CO2)* группы Фонда по итогам 2021 года оценивается в 57,8 млн тонн CO2 *(прямые – 47,0 млн тонн CO2, косвенные – 10,8 млн тонн CO2).*

Однако, исходя из специфики деятельности и данных ежегодной инвентаризации выбросов ПГ Казатомпром, преобладающими являются косвенные выбросы от Охвата 2. Основными группами потребителей энергии и источниками прямых выбросов парниковых газов, которые связаны со сжиганием ископаемого топлива, являются котельные установки, передвижные компрессорные станции с дизельным двигателем и автотранспортные средства. Ниже представлена структура источников выбросов ПГ за 2019-2021 гг. или 13% от общего углеродного следа по Охватам 1 и 2.

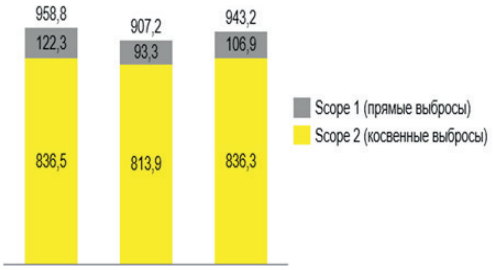


График 1 – Суммарные прямые и косвенные выбросы ПГ за 2019-2021годы, (тыс. тCO_2-экв).

График 2 – Структура выбросов ПГ Охвата 1 по сегментам деятельности, 2021 г.

Суммарные косвенные выбросы парниковых газов Компании за 2021 год составили 87% (836 тыс. тCO_2-экв) от общих выбросов. Образование выбросов Охвата 2 напрямую связано с закупом энергетических ресурсов на собственные нужды путем рыночного метода.

График 3 – Структура границ ДЗО КАП, Структура ДЗО КАП, входящих в периметр Стратегии.

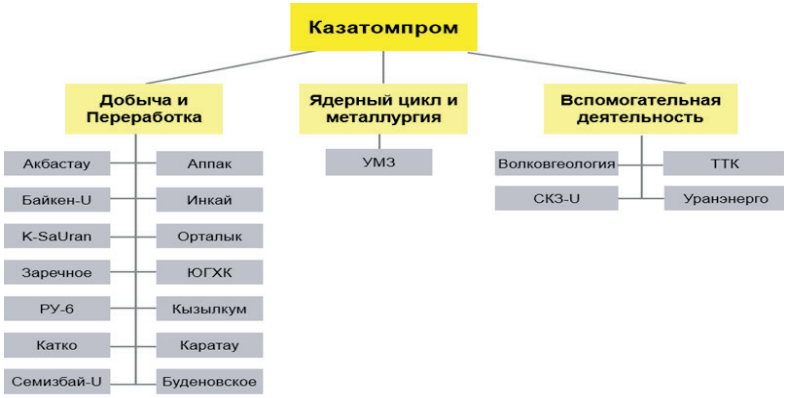
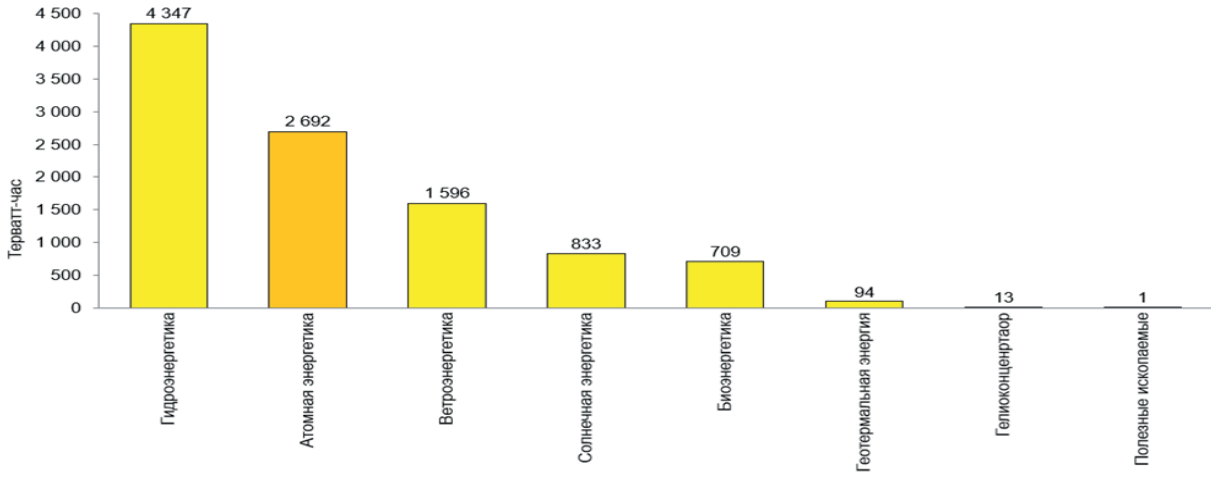


График 4 – Структура выбросов ПГ (прямые) по направлениям деятельности 2018-2021гг.

Согласно отчету международного энергетического агентства, в 2020 году на атомную энергетику приходилось около 10% мирового производства электроэнергии. Атомная энергетика по-прежнему является вторым по величине источником электроэнергии с низким уровнем выбросов ПГ после гидроэнергетики.

График 5 – Производство электроэнергии среди возобновляемых и альтернативных источников энергии.



Без участия АЭС общие выбросы от производства электроэнергии были бы почти на 20% выше, а общие выбросы, связанные с энергетикой — на 6% выше за этот период. На страны с развитой экономикой приходилось более 85% этих предотвращенных выбросов. Без участия АЭС общие выбросы от производства электроэнергии были бы почти на 20% выше, а общие выбросы, связанные с энергетикой — на 6% выше за этот период. На страны с развитой экономикой приходилось более 85% этих предотвращенных выбросов.

Согласно МЭА к 2040 году 85% мировой электроэнергии будет производиться из чистых источников, по сравнению с 36% сегодня.

Учитывая значимость и контекст климатической повестки, международные уранодобывающие компании формируют собственные цели по декарбонизации различной амбициозности. Во многих случаях уровень долгосрочных амбиций совпадает со страновыми целями по снижению выбросов ПГ в регионах присутствия компаний.

Компании-аналоги активно устанавливают цели по декарбонизации и разрабатывают долгосрочные стратегии

Сценарии развития	Заявляемая цель – снижение выбросов ПГ	Описание и список мер	
Базовый сценарий	-5% к 2030	Несмотря на то, что многие из технологий в настоящее время неэкономичны, со временем они станут более эффективными и доступными, что позволит компании добиться дальнейшего сокращения выбросов. Улучшение управления энергопотреблением.	Cameco
Сценарий низкоуглеродного развития	-40% к 2025	Замена оборудования более эффективной технологией, в которой не используются охлаждающие жидкости, содержащие гидрофторуглероды, оптимизация потребления ископаемого топлива или программы по повышению осведомленности сотрудников.	orano
Сценарий достижения углеродной нейтральности	-100% к 2050	Краткосрочной целью компании является сокращение выбросов ПГ на 30% к 2030 году. Но в то же время в долгосрочной перспективе, компания ставит цель достижения углеродной нейтральности посредством использования низкоуглеродных технологий и применения топлива с нулевым уровнем выбросов ПГ, в том числе «чистого» топлива на морских судах.	BHP
Сценарий достижения углеродной нейтральности	-100% к 2060	Балансировка выбросов CO2 путем посадки деревьев, экономии энергии, сокращения выбросов и т. д	CNNC

В рамках текущей стратегии достижения углеродной нейтральности КАП определяет для себя два основных сценария развития Компании, и один базовый сценарий в рамках инерционного развития бизнеса (business as usual):

Сценарии декарбонизации предполагают два основных направления по пути снижения углеродного следа компании:

Органическое снижение выбросов достигается за счет реализации мер повышения операционной эффективности и реконструкции производственных объектов ДЗО с учетом дальнейших планов по наращиванию или сокращению объемов производства.

Неорганическое снижение – за счет новых объектов, реализуемых на общекорпоративном уровне и способствующих снижению углеродного следа Компании в целом. В данном направлении предполагаются:

► оптимизационные решения и капитальные мероприятия по энергоэффективности,

► увеличение доли потребления энергии от ВИЭ

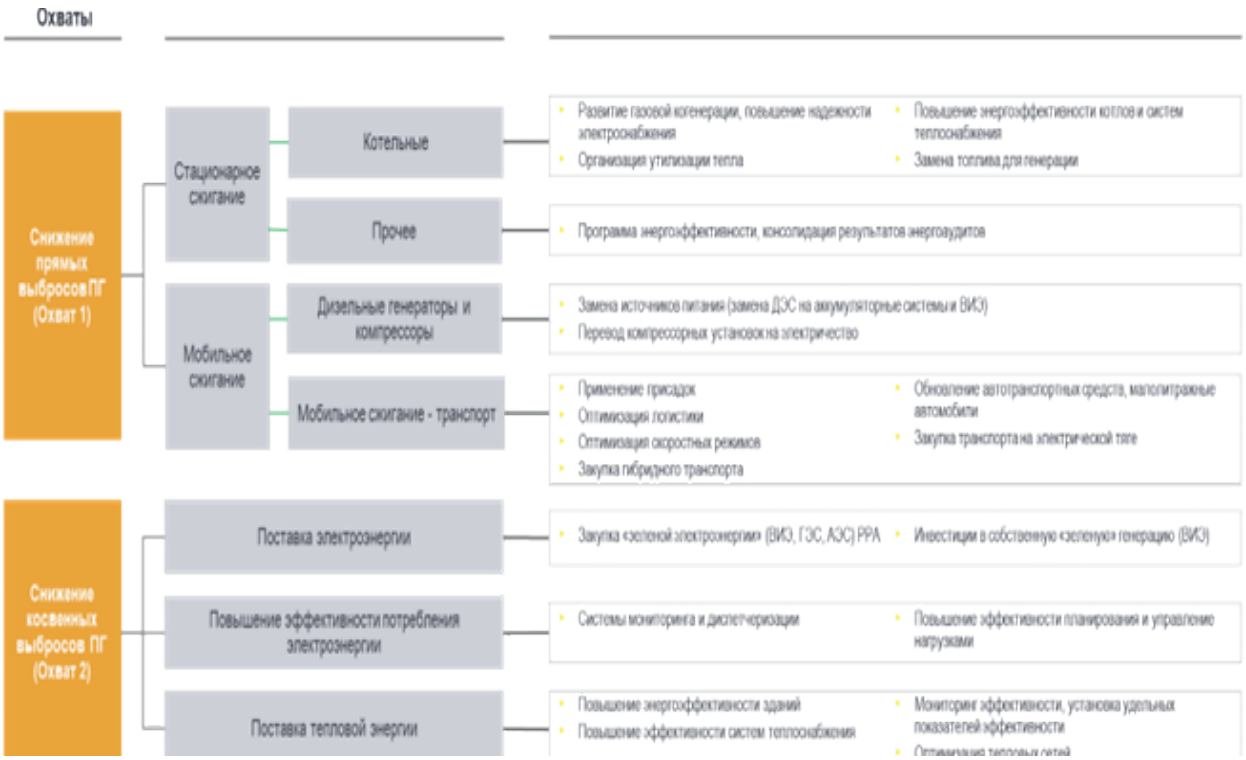
► мероприятия по поглощению и секвестрированию углерода.

Инструментами в реализации предварительных климатических амбиций КАП являются:

► **Ресурсосбережение и повышение операционной и энергоэффективности** в рамках существующих программ увеличение амбициозности проектов ДЗО по снижению на 10% выбросов по направлениям органического и неорганического снижения;

► **Вовлечение возобновляемой энергетики в общий энергобаланс** на уровне КЦ и распространения лучших практик по ДЗО для обеспечения устойчивого снижения ПГ согласно целям Компании.

График 6. Основные рычаги декарбонизации по типам выбросов Компании и потенциальные инструменты механизма офсетирования.



На основании вышеизложенного Казатомпром на текущий момент ставит перед собой целью снижение выбросов (scope 1 и 2) к 2030 году до 10% от показателей 2021 года (при реалистичном сценарии) и 15% (при оптимистическом сценарии). К 2060 году достичь углеродной нейтральности.

EDUCATION AND CHALLENGES OF RADIOPHOBIA IN MODERN KAZAKHSTAN

Lepsibaev Ch.K.
Master of Public Administration
United Nation Partnership for Action on Green Economy, Astana, Kazakhstan

The topic of building a nuclear power plant in Kazakhstan is very painful, having historical background: almost 45 years of operation of the world's largest nuclear test site, the Semipalatinsk nuclear test site, with an area of more than 18 thousand km2 of the territory used, more than 450 nuclear explosions, incl. atmospheric. The region has extremely high mortality and pathology; participation of tens of thousands of Kazakhstanis in the liquidation of the accident at the Chernobyl nuclear power plant. In addition, over the past decades, the overall level of educational competencies has fallen, including in physics. Extremely low confidence in domestic standards in the field of security, the competencies of specialists, incl. because of the general level of corruption.

This has an extremely negative impact on the general perception of the nuclear industry and the construction of nuclear power plants in particular. At the same time, Kazakhstan has great potential for the development of the nuclear industry, including science, as well as a developed nuclear industry. Kazakhstan ranks second in the world in terms of explored uranium reserves. About 14% of all proven world reserves are concentrated in the bowels of the Republic of Kazakhstan.

Given the high energy shortage and imbalance in the distribution of electricity generation, the generation of CHP capacity resources, as well as commitments to reduce carbon emissions, it became necessary to build a nuclear power plant.

In 2021, in Kazakhstan, 12 national projects were developed as part of the new state planning system, incl. "Zhasyl Kazakhstan", one of the 4 directions of which is "Bolashagy Ecology" or environmental education and environmental education. As part of this national project, as early as 2021, the elective discipline "Ecology" was introduced into the school curriculum. In 2022, there were changes in the curriculum and the topics of this subject were included in the course "Global competencies", studied from 5 to 10 grades of secondary school.

For effective prevention of radiophobia and other misconceptions associated with a low level of educational competencies, it is necessary to lay them in the framework of the discipline "Global competencies", reinforcing them with a physics course from grades 6 to 11. Here, a set of specific educational competencies is needed for each level of higher and secondary education, so that in 5-10 years, most of the economically active citizens have a clear idea of nuclear energy and its capabilities.

Used Literacy

https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%BF%D0%B0%D0%BB%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B8%D1%81%D0%BF%D1%8B%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D0%BD

https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=30978490

https://inbusiness.kz/ru/news/strah-na-gennom-urovne-glavnaya-prichina-boyazni-stroitelstva-aes

https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000731

https://uba.edu.kz/storage/app/media/IMP/IMP_2021-2022_rus.pdf

DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL MATERIALS FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM INDUSTRIAL WASTE WATERS

Mojtaba Mirzaeian[1*], Qaisar Abbas[1, 2], Andrew Hursthouse[1], Saule Aidarova[3], Maratbek T Gabdullin[3], Zhanar Ospanova[4]

[1]School of Computing, Engineering & Physical Sciences, University of the West of Scotland, Paisley, PA1 2BE, UK.

[2]Sustainable Energy & Power Systems Research Centre, RISE, University of Sharjah, Sharjah 27272, United Arab Emirates.

[3]Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan.

[4]Department of Analytical, Colloid Chemistry and Technology of Rare Elements, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

Abstract: Rapid development of industries and the consequent heavy metal pollution caused by the release of industrial effluents from a wide range of industries into the environment are considered as one of the most serious environmental problems the world is facing today. In this work, porous adsorbents based on the polymeric carbons with controlled porosity at nanoscale produced by the synthesis of resorcinol-formaldehyde aerogels followed by the pyrolysis of the gels at high temperatures under inert atmosphere are used in an electrochemical cell for the accelerated removal of gold, silver and cobalt metal ions from their standard solutions. The process allows fast recovery of metals from the solutions in a selective way by controlling the porous structure of the carbon and by the control of the deposition potential range for each target metal. The results of the removal of heavy metals from the standard solutions shows percentage recovery of 99.6, 94.7 and 98 percent for the removal of gold, silver and cobalt respectively.

Introduction:

Rapid industrial developments and swift emergence of wide range of large-scale industries including mining operation, paper production, batteries manufacturing, fertilizer industries, metal plating industry, pesticides, textile processing, and uranium mining and processing operations have resulted in significant release of different heavy metals into the environment, mainly in the form of industrial liquid effluents. These effluents result in the contamination of underground and ground waters and make heavy metals as the most environmental priority pollutants and consequently as one of the most serious environmental problems. Heavy metals are elements with atomic weights ranging from 63.5 to above 200, and a specific gravity more than 5.0. In contrast to organic contaminants, they are non-biodegradable and highly toxic. Due to the ease of their accumulation in living organisms, and particularly in the human body, they can result in life-threatening diseases and permanent harm to vital body systems, such as kidney failures, damage to the nervous system, and cancer at low concentrations and can be event fatal at higher concentrations [1].

Typical heavy metals that are frequently found in industrial effluents include, zinc, copper, silver, nickel, mercury, cadmium, arsenic, lead, iron, chromium and uranium [2, 3]. It is shown that the contamination of underground and ground waters to zinc above its standard level, which are used as a source of drinking waters, causes prominent health problems, such as stomach cramps, skin irritations, vomiting, nausea and anemia [4]. Similarly or even worse, low concentration of copper in water is very toxic and causes serious health problems and toxicological concerns, such as vomiting, cramps, convulsions, or even death. According to the World Health Organization (WHO), copper content in drinking water should not exceed 2 mg/l, therefore copper-contaminated wastewaters usually found at high concentrations require vigorous treatments before being discharged to the environment [5]. Excessive level of nickel causes significant health problems for instance lung and kidney problems, gastrointestinal distress, pulmonary fibrosis and skin dermatitis. The presence of mercury as a neurotoxin in water damages the central nervous system, impairment of pulmonary and kidney function, chest pain and dyspnoea [6], and water contamination with cadmium as a human carcinogen can cause several risks to the human health such as kidney dysfunction and at high levels death. As a water pollutant, lead can cause central nervous system damage and failures to the kidney, liver and reproductive system, basic cellular processes and brain functions, while, chromium affects human physiology, and severe other health problems ranging from simple skin irritation to lung carcinoma [7]. In addition to these conventional heavy metals with their sever associated health problems, uranium (U) as an element of the actinide series with atomic number 92 has vast commercial applications in different industries such as nuclear industries, industrial processes like catalysis, staining pigments, burning of fossil fuels, and manufacture of phosphate fertilizers. It causes serious environmental contaminations. As one of the most tox-

ic radionuclides, it diffuses into ground water by leaching easily, and causes hazard to whole ecosystem. Because of its radioactive nature, it causes bone, liver cancer, blood disease and damage to the structure of the kidneys, nervous and reproductive systems in the human body [8].

A brief review of the harmful effects of different heavy metals to the human health above signifies that the appropriate management of contaminated waters generated by different industries and the removal of heavy metals from industrial waters before their release into the environment is becoming an urgent requirement of the time. Therefore, the development of materials and technologies to enable the removal of heavy metals from industrial wastewaters and to minimize heavy metal pollution in a cost-effective way, is not only of interest to research community, but plays an important role in the agenda of a wide range of industries for their safe operation and release of their industrial effluents.

Among several physical, chemical and biological methods including precipitation and co-precipitation of metal ions, bio-sorption, ion exchange, reverse osmosis, filtration and other membrane separations employed for the treatment of wastewaters of heavy metals, because of its ease of operation, low cost, environment friendly nature and regeneration, adsorption is considered as one of the most cost-effective methods in the last decades. The method is usually employed to remove metals ions present in water solution at low concentration through the transport of ions from the bulk of solution phase to the active surface of adsorbent. It involves different factors, which play crucial roles on the success of the operation and can be used in batch mode for small-scale/or continuous column mode for large-scale applications. However, despite its several advantages, its slow kinetics and rate of separation has limited the effective application of this method for the removal of heavy metals from industrial effluents. The use of electrochemical technologies in conjunction with the development of functional polymeric carbon adsorbents makes it possible to employ adsorption for the removal of heavy metals from industrial effluents in a cost-effective way. The process is called electroporation and the entire operation can be controlled by adjusting experimental conditions in the system for target metal ions, sorbent and desorption through the control of applied potential, porous structure and surface chemistry of the sorbent. This new method of water treatment in industrial level will have a definite impact, not only on the removal of heavy metals from industrial wastewaters in a cost-effective and efficient way, but on the recovery of targeted metals with high purity and also production of high-quality drinking water.

Experimental

Chemicals. Resorcinol [C_6H_4 $(OH)_2$, Sigma- Aldrich, 98%], formaldehyde [(HCHO), Sigma- Aldrich, 37% solution], sodium carbonate anhydrous [Na_2CO_3, Sigma- Aldrich, ≥ 99.5%], acetone [Fisher Scientific, reagent grade].

Synthesis of RF gels. Resorcinol-Formaldehyde (RF) hydrogels were synthesized by the poly-condensation of resorcinol [C_6H_4 $(OH)_2$] (R) with formaldehyde [HCHO] (F). First the RF solutions were prepared by mixing the required amount of (R), (F), and sodium carbonate (C) as catalyst, and distilled water (W) under vigorous stirring for 45 minutes. The molar ratio of R to F (R/F) and ratio of R/W (g/ml) were kept constant at 0.5 and 0.1 respectively and the molar ratio of R to C (R/C) was varied between 100 to 600. The solutions were poured into Duran glass vials and sealed to prevent the evaporation of water during gelation. The vials were placed in an oven and kept for 24 hours at 25°C, then the temperature was increased to 60°C, and the solutions were kept at this temperature for 48 hours. Finally, the temperature was further increased to 80°C and the vials were kept at this temperature for 72 hours to obtain RF hydrogels. The hydrogels at this point are saturated with water. The vials were naturally cooled down to the room temperature, extra water was removed from each vial and the gels were cut to small pieces and solvent exchanged by immersing in acetone for three days prior to the vacuum drying to remove water from their structure. Finally, the hydrogels were dried in a vacuum oven at 40°C for 3 days.

TGA Analysis of Aerogels. Thermogravimetric analysis (TGA) using a Mettler TGA/DSC system was used prior to the carbonization of the dried gels to determine their carbonization conditions. Typically, between 5-10 mg of the gel was weighed in an alumina pan and placed on the horizontal microbalance connected to the TGA. This corresponds to a weight percent of 100% for sample. The sample was then purged with Ar at 50 ml/min for 30 min at 30°C to remove oxygen from the system, it was then heated to 1000°C at 10 °C /min under Ar, and the variation of the weight loss with temperature was determined.

Carbonization of Aerogels. Carbonization of the dried RF aerogels was performed in a tubular furnace. 3 grams of dried gel was used in each carbonization experiment. The gel was weighed in a ceramic boat and then placed in the middle of tubular furnace; it was purged with Ar flowing at 240 ml/min for 30 min at 30°C prior to the heating program. The furnace was heated to 150°C at 5°C /min and maintained at 150°C for 30 min. It was heated to 450 °C at 5 °C /min and held for 30 min. It was then heated to the final carbonization temperature of

800°C at 10 °C /min and kept for 3 hours. The furnace was then cooled to room temperature naturally. The whole heating/cooling program was performed under Ar flowing at 240 ml/min.

Sample Characterization. The porosity of RF aerogels and carbon aerogels was characterized by the analysis of nitrogen adsorption-desorption isotherms measured by a Gemini VII Surface Area and Porosity Analyzer (Micromeritics) at 77 K. Prior to the adsorption/desorption measurements, all samples were evacuated at 80 ºC under a high vacuum of around 5mbr in a vacuum oven overnight followed by further 2 hrs purging under nitrogen environment at 300 ºC in a Flowprep system (Micrometrics). BET method was used for surface area measurements, BJH adsorptions-desorption was used for mesopore analysis and t-plot method was used for micropore analysis. Total pore volume was calculated from the adsorbed volume of nitrogen at $P/P_0 = 0.99$. Pore size distributions were obtained by the BJH method from adsorption branch of the isotherms [9].

Results and discussion

BET analysis of Aerogels: The nitrogen adsorption-desorption isotherms at 77 K for RF aerogels prepared at different R/C ratios in Figure 1 show that all samples exhibit type IV isotherms with adsorption hysteresis indication of the presence of mesoporosity in the samples' structures [9].

For the samples with low R/C ratios of 100 and 200, a sharper rise at low P/P_0 at the initial region of the isotherms is an indication of the presence of micropores in addition to mesopores in the gel structure. For the gels with R/C = 500 and 600, the hysteresis loops in the P/P_0 range 0.2 – 1.0 show that mesoporosity is dominant in their structures. The shift of isotherms with increasing the R/C ratio to the right at higher relative pressures indicates the development of mesoporosity and formation of larger mesopores during gelation process at higher R/C ratios.

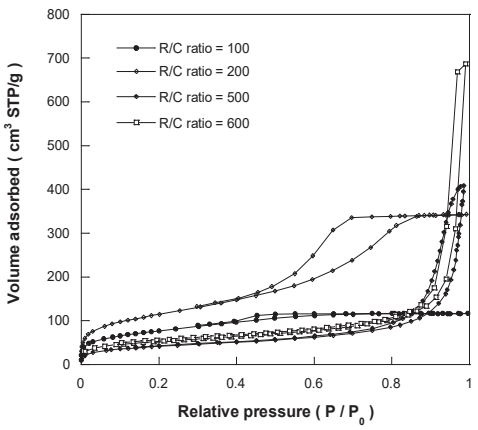


Figure 1. N_2 adsorption/ desorption isotherms at 77 K for gels with various R/C ratios.

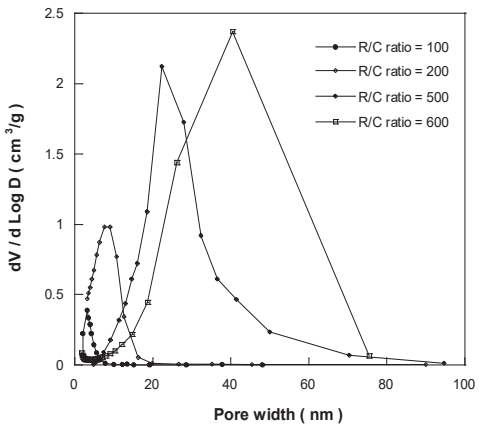


Figure 2. Pore size distribution of RF gels with various R/C ratios.

The pore size distribution (PSD) of RF gel samples in Figure 2 show that the sample with R/C = 100 has the narrowest PSD with a maxima around pores of 2 nm diameter. For the sample with R/C = 200 the PSD is wider, and the maxima is shifted to pores of 7 nm diameter. For samples with R/C = 500 and 600 the pore size distribution curves are even wider and show that the maxima are shifted to the right and located around 22 nm and 40 nm respectively. This shows the relationship between mesoporous structure and R/C ratio clearly. Table 1 summarizes the result of BET measurements with a significant increase in total pore volume and mesopore volumes when R/C ratio increases from 100 to 600.

Table1 Porous parameters of RF aerogels

Sample	R/C	S_{BET} (m^2/g)	V_{total} (cm^3/g)	$\%V_{micro}$	$\%V_{meso}$	D_{avg} (nm)
RF001	100	278	0.1797	66	34	2.58
RF002	200	417	0.5301	33	67	5.10
RF003	500	149	0.632	2	98	16.96
RF004	600	182	1.0631	1.2	98.8	23.34

During the polycondensation process, resorcinol and formaldehyde form highly cross-linked particles, where the aggregated particles become interconnected after gelation showing a structure composed of rings of particles

with the particle size ranges from 3 to 20 nm and increases with R/C ratio [10]. Therefore, the R/C ratio is the principal parameter that controls the size of interconnected particles leading the scale and size of pores in the gel structure.

Carbonization of aerogels: The TGA result of the aerogel samples as weight loss versus temperature and derivative plots for a dried resorcinol formaldehyde gel showed that the sample mass does not change with temperatures above 800 ºC and the derivative plot showed that the significant mass losses occur at about 150, 450 and 600 ºC respectively. These are related to the desorption of water and carbonization reactions involving breakage of C-O bonds at 400 ºC and C-H bonds at 600 ºC respectively [11]. The TGA shows that above 800 ºC there is no further weight loss, and this temperature is the optimum temperature of the furnace for the carbonization of the sample.

The BET results of the RF001 aerogel and CRF001 carbon-aerogels carbonized at different temperatures are given in Figure 3 where the adsorption-desorption isotherms suggest that the amounts of nitrogen adsorbed by carbon aerogels increases with increase in the carbonization temperature below 800 ºC and mean that pore volume of carbon gels increases with increasing the temperature in this range. For the carbonization temperatures above 800 ºC, carbonization process creates more micropores in the structure as show by the sharp rise at the initial region of the isotherms ($P/P_0 < 0.01$) which is indicative of the presence of micropores in carbon aerogels, presumably due to the further release of volatile matters during carbonization.

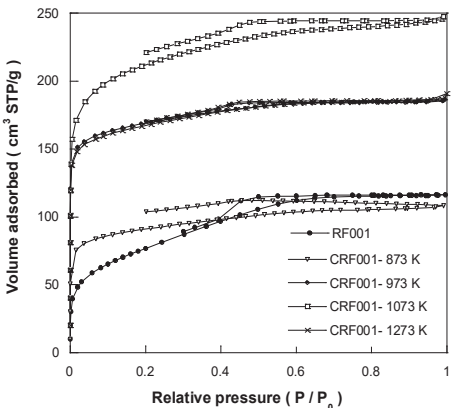


Figure 3. N_2 adsorption-desorption isotherms at 77 K for RF001 and CRF001 samples.

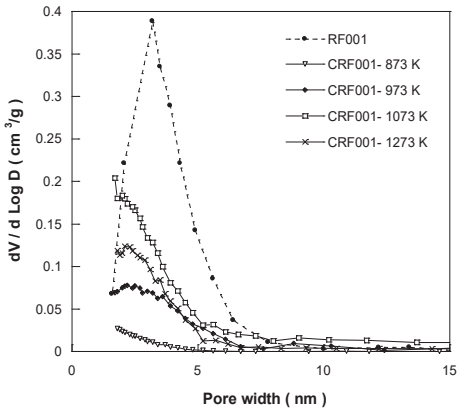


Figure 4. Pore size distribution of RF001 and CRF001 samples.

The pore parameters of the carbon aerogels obtained under different carbonization temperatures are summarized in Table 2. The data shows that both total surface area and total pore volume of the carbon aerogels increase with carbonization temperature for temperatures below 800 ºC. Heat treatment of carbon aerogel above 800 ºC decreases both surface area and total pore volume presumably because of the structural collapse at high temperatures.

Table 2. Porous parameters of the RF001 aerogel and CRF001 carbon aerogels

Sample	Temperature (K)	S_{BET} (m^2/g)	V_{total} (cm^3/g)	$\%V_{micro}$	$\%V_{meso}$	D_{avg} (nm)
RF001	-	278	0.1797	66	34	2.58
CRF001-873	873	286	0.1870	79	21	2.33
CRF001-973	973	524	0.2874	91	9	2.27
CRF001-1073	1073	669	0.3800	86	14	2.19
CRF001-1273	1273	520	0.2905	89	11	2.23

Figure 4 shows the pore size distribution curves for RF001 aerogel and CRF001 carbon aerogels prepared at different temperatures. The PSD curves show that carbonization process decreases volume of pores for pores with diameters in the range of 3 to 10 nm significantly. It can be seen that the PSD curves are shifted to smaller diameters after carbonization probably due to the shrinkage of the aerogel structure during the carbonization process. Data in Table 2 suggest that decrease in the mesoporosity of the gel is at the expense of an increase in microporosity during carbonization.

Electrochemical cell for the removal of the heavy metals: Carbon electrodes with controlled porosity and specific surface area discussed above were used as the electroactive sorbents for the electrodeposition of the metal ions from model solutions using an electrochemical cell (EC). The cell consists of two separate beds of the same porous carbon separated by two polytetrafluroethylene (PTFE) meshes, which create a disengagement space between the beds. The EC cell was tested using model solutions of Gold, Silver and Cobalt with a known concentration. This enabled accurate recovery rates to be determined. After loading the electrochemical cell with a 200-ppm concentration of model solution consisting of Gold, Silver and Cobalt, its performance for the recovery of a particular heavy metal was analyzed by cyclic voltammetry measurements with a scan rate of 1mV/s. All the electrochemical analysis was performed below the maximum potential of 1.23V to avoid the decomposition of aqueous solutions. The beds were electrically charged by negative and positive charges controlled by a VoltaLab 40 PGZ301- potentiostat (Radiometer analytical) with the Voltamaster-4 software for data acquisition. The recovery of target metals from model solutions was performed by optimizing the applied potential and the scan rate using cyclic voltammetry (CV) technique. Different potential ranges were used depending on the type of metals to be recovered.

Gold recovery was performed in the potential range of -1000 to -500 mV at a scan rate of 1mV/s resulting in a % recovery of 99.6%. Silver recovery was performed in the potential range of -500 to 700 mV with a scan rate of 1mV/s resulting in a % recovery of 94.7%. Cobalt recovery was performed in the potential range of -1000 to –700 mV cobalt where a % recovery of 63.1% achieved at a scan rate of 1 mV/s, however, a notable enhanced recovery rate of 98 % was achieved for cobalt when a scan rate of 0.5mV/s with the same potential window was used. Potentiodynamic curves of working carbon electrodes during the recovery of cobalt, gold and silver using electrochemical cell are shown in Figure 5.

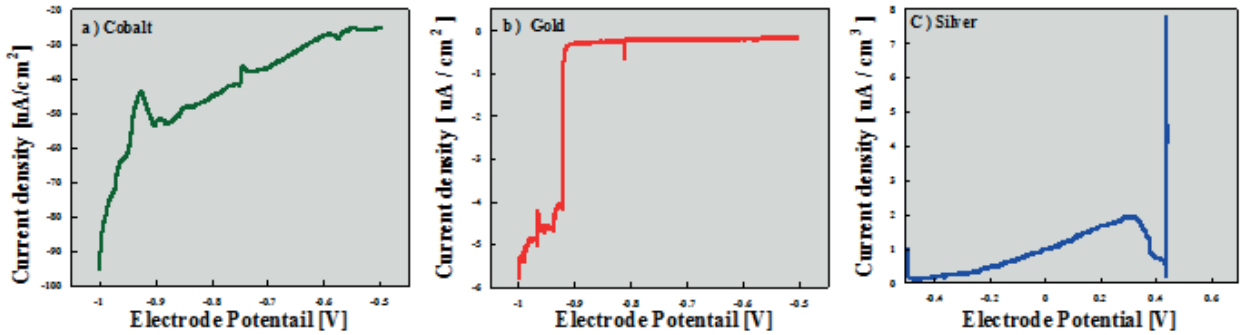


Figure 5: Cyclic Voltammograms (CV) obtained during electrodeposition of various metal ions (a) electrodeposition of cobalt at the scan rate of 0.5 mV/s (b) electrodeposition of gold at the scan rate of 1 mV/s (c) electrodeposition of silver at the scan rate of 1 mV/s.

Gradual increase in current density with increase in applied potential can be observed on all voltammograms. This can be attributed to the current produced due to the electrodeposition of metallic ions when applying electric potential in a range corresponding to the potential window of each metal [12]. Oxidation peaks around -0.9 and -0.7 V represents the removal of cobalt from the solution while oxidation peaks around -0.95V and 0.3V represent the elimination of gold and silver ions from the solutions and their electrodeposition onto carbon electrodes respectively [13]. The result of electrochemical recovery of gold, silver and cobalt from their aqueous model solutions with the original concentration of 200ppm is summarized in Table 3, indicating that the cell appear to be effective in the recovery of these metals at a wide range of concentrations.

Table3. Electrochemical recovery of gold, silver Cobalt from model solutions

Investigated Element	Concentration (ppm before EC analysis)	Concentration (ppm After EC analysis)	% recovery	Recovery rate (ppm/ min)
Gold	200	0.77	99.6	6.63
Silver	200	10.6	94.7	6.31
Cobalt*	200	73.68	63.1	4.21
Cobalt**	200	3.83	98	6.54

*Recovery at a scan rate of 1mV/s,

** Recovery at a scan rate of 0.5mV/s

Conclusions

A review of the harmful effects of toxic heavy metals in industrial effluents to the human health shows that the development of effective technologies for their removal from industrial waters before their release into the environment is essential.

Among several methods used for the removal of heavy metal ions from industrial effluents, adsorption is considered as the most cost effective and efficient method. Adsorption is a slow process and the removal of the heavy metals by adsorption depends on the porous structure of the adsorbent used. In order to accelerate the rate of removal of heavy metals by their adsorption on the porous structure of adsorbent and makes the process selective for target metals, in this work resorcinol formaldehyde carbon aerogels with different porous structures are produced and used as functional adsorbents in an electrochemical cell for the removal of gold, silver and cobalt from their standard solutions. The results of the removal of heavy metals from the standard solutions shows percentage recovery of 99.6, 94.7 and 98 percent for the removal of gold, silver, and cobalt respectively. This new method of water treatment makes it possible to employ adsorption for the selective removal of heavy metals from industrial effluents in a cost-effective way through the control of applied potential range and by fine-tuning the porous structure of the adsorbent.

References

1- F. Fu, Q. Wang, Journal of Environmental Management 92 (2011) 407-418

2- M. Rajabi, A. Rezaie, M. Ghaedi, RSC Adv. 5 (2015) 89204.

3- E.A. Dil, M. Ghaedi, A. Asfaram, Ultrason. Sonochem. 34 (2017) 792

4- Oyaro, N., Juddy, O., Murago, E.N.M., Gitonga, E., 2007. The contents of Pb, Cu, Zn and Cd in meat in Nairobi, Kenya. Int. J. Food Agric. Environ. 5, 119-121

S.A. Al-Saydeha, M. H. El-Naasa, S. J. Zaidi, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, 56, (2017), 35-44

Namasivayam, C., Kadirvelu, K., Carbon 37 (1999), 79-84

5- Khezami, L., Capart, R., J. Hazard. Mater. 123 (2005), 223-231

6- A. Kausar, H. N.Bhatti, J.Chem.Soc.Pak., 35 (2013), 1041-1052

7- F. Rouquerol, J. Rouquerol, K. Sing, Adsorption by powders and porous solids, principles, methodology and applications., (1999), Academic Press, New York

8- G.C. Ruben, R.W. Pekala, T. M. Tillotson, L.W Hrubesh, J Mater Sci 27 (1992), 4341.

9- C. Lin, J.A. Pitter, Carbon 35 (1997), 1271

10- M. Freitas, E. Garcia, Journal of Power Sources, 171 (2007), 953-959.

11- P. Devi, B. Bansod, M. Kaur, S. Bagchi, M. K. Nayak, Sensors and Actuators B: Chemical, 237 (2016), 652-659.

РАЗДЕЛ VII
ЦИФРОВИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

ОБЗОР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДОБЫЧИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ЯПОНИИ

Хадзимэ Икеда[1], Цуёси Адачи[1], Хисатоши Тория[1], Брайан Бино Синайс[1], Данияр Малгаждар[1], Фиделис Суоринени[2], Юхей Кавамура[3]
[1]Градуатная школа международных ресурсов, Университет Акита, Акита, Япония
[2]Школа горного дела и наук о Земле, Назарбаев Университет, Астана, Казахстан
[3]Факультет инженерии, Университет Хоккайдо, Хоккайдо, Япония

Введение. В то время как активное использование возобновляемых ресурсов желательно сегодня, спрос на невозобновляемые ресурсы остается высоким. Существует глобальная потребность в разработке технологий для безопасной и эффективной добычи (разработки) таких ограниченных минеральных ресурсов. Кроме того, тот факт, что остаются только более глубокие и низкие концентрации разрабатываемых месторождений, обусловливает необходимость увеличения объема добываемых запасов за счет технологических инноваций. Горная наука – это дисциплина и технологическая система, которая объединяет геологию, механику горных пород (инженерию), гражданское строительство, инженера по предотвращению стихийных бедствий...

Например, производительность оборудования и безопасность майнера также можно контролировать в режиме реального времени [Dohare2015, Wang2021, Adjiski2019, Matloob2021, Zietek2020]. IoT как элементная технология [Atif2020, Zare2021, Soomro2020, Alam2014], анализ больших данных [Qi2020], межмашинная связь (M2M), искусственный интеллект для анализа данных [Sinaice2021, Jia2016], интеллектуальные датчики на тяжелом горнодобывающем оборудовании, [Ikeda2019, Zrelli2017, Ralston2014] и беспилотные летательные аппараты для наблюдения [Ren2019, Zimroz2021]. В конечном счете умная добыча полностью удалит людей от буровзрывных работ, бурения и погрузки, транспортных процессов, геодезической съемки, планирования и управления операциями. В то же время оптимальная координация и гибкость в управлении процессами горных работ обеспечат прибыльную добычу полезных ископаемых на любом уровне цен на сырье и спроса на мировом и внутреннем рынках. Эволюция горнодобывающей промышленности показана в таблице 1. Современное состояние информатизации в рамках ...

Благодаря автоматизации тяжелых грузовиков и бурового оборудования производителями тяжелого оборудования и коммерциализации технологий мониторинга операций и систем управления операциями через спутник из отдаленных мест некоторые крупные ресурсодобывающие компании содействуют собственному технологическому развитию путем внедрения этих технологий для обеспечения мер безопасности на участках добычи и агрессивных затрат. Многие другие крупные ресурсные компании также рассматривают возможность внедрения технологий автоматизации. Кроме того, ожидается, что разработка более продвинутых систем автоматизации будет прогрессировать с внедрением ИИ (особенно глубокого обучения) в будущем. В железорудных рудниках, шахтах цветного металла и на крупномасштабных объектах гражданского строительства достижения в области технологии небольших камер (например, небольшие видеокамеры 4K) и улучшенная производительность распознавания изображений с использованием глубокого обучения позволили планировать добычу и работу на основе 3D-моделей сиденья ...

OVERVIEW OF SMART MINING FROM JAPAN PERSPECTIVE

Hajime Ikeda[1], Tsuyoshi Adachi[1], Hisatoshi Toriya[1], Brian Bino Sinaice[1], Daniyar Malgazhdar[1], Fidelis Suorineni[2], Youhei Kawamura[3]

[1]Graduate School of International Resources, Akita University, Akita, Japan
[2]School of Mining and Geosciences, Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan
[3]Faculty of Engineering, Hokkaido University, Hokkaido, Japan

1. Introduction

While active utilization of renewable resources is desirable today, demand for non-renewable resources remains high. There is a global need to develop technologies to safely and efficiently mine (develop) such limited mineral resources. In addition, the fact that only deeper and lower concentrations of the deposits to be mined remain makes it essential to increase the amount of minable reserves through technological innovation. Mining science is a discipline and technological system that integrates geology, rock mechanics (engineering), civil engineering, disaster prevention engineering, and mechanical engineering, and has developed independently. On the other hand, ICT (soft computing, artificial intelligence, big data, data mining, etc.) has shown remarkable development in Japan. This technology has a very high versatility and affinity with other technologies, and various fields are paying attention to its application.

The objective of this research is to apply these technologies, which are the strengths of Japan, to mining science through an interdisciplinary approach, and to create and build a new resource development technology (which will be named «Smart Mining») that will be accepted (and sought after) worldwide. Figure 1 shows a conceptual diagram of smart mining. As shown in Figure 1, the three major components of smart mining are monitoring, prediction, and automation, which are interrelated to improve mine operations. Mine development (excavation) itself is carried out by machines, but the decision-making (decision-making), operation (operation), and planning (planning) are carried out by humans. Smart mining is the combination of mine development (mining), mine operation (human), and heavy mining equipment (machine) with ICT. In other words, smart mining does not refer to a specific individual study, but rather to a «combined ICT and mining science» that guarantees high efficiency and safety, which will be increasingly needed in the mining industry in the future. Like smart mining, the technologies that apply Industry 4.0 to the mining sector are called Mining4.0 [Loow2019, Dotsenko2021] and DigiMine [Atif2020]. Globally, smart mining and informatization are making progress, but have not been introduced in underground mines as compared to open pit mines, [Ikeda2021]. An example of a breakthrough solution brought about by smart mining is the acquisition of vast amounts of useful data through the IoT and the use of artificial intelligence to analyze the data and make decisions. This will increase automation and labor savings in mining operations and optimize material flow and the operation of heavy mining equipment. In recent years, automation of mine surveying and other operations using drones and 3D laser technology, as well as VR training for miners, have been introduced.

For example, equipment performance and miner safety can also be monitored in real time [Dohare2015, Wang2021, Adjiski2019, Matloob2021, Zietek2020]. IoT as an elemental technology [Atif2020, Zare2021, Soomro2020, Alam2014], big data analysis [Qi2020], machine-to-machine communication (M2M), artificial intelligence for data analysis [Sinaice2021, Jia2016], smart sensors on heavy mining equipment, [Ikeda2019, Zrelli2017, Ralston2014], and drones for observation [Ren2019, Zimroz2021]. Ultimately, smart mining will completely remove humans from drilling and blasting, drilling and loading, transportation processes, geodetic surveying, planning and operations management. At the same time, optimal coordination and flexibility in the process management of mining operations will ensure profitable mining at any level of raw material prices and demand in the global and domestic markets. The evolution of the mining industry is shown in table 1. The current status of informatization within underground mines is shown in Figure 2, Figure 3.

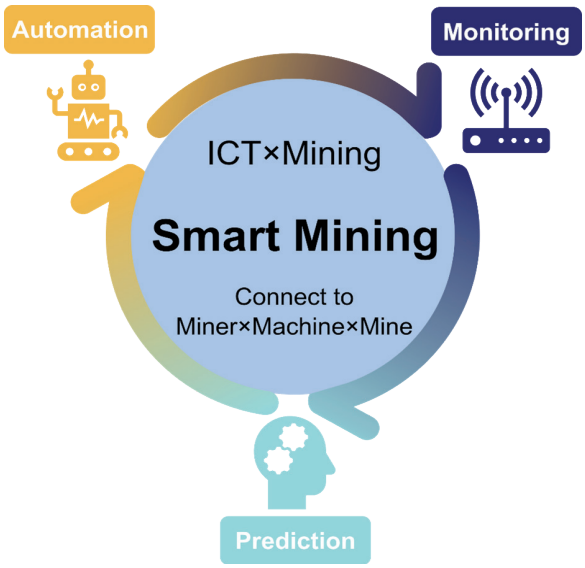


Figure 1 – Smart mining overview

Table 1 – Relationship between mining and technological innovation

Period	Industrial Development	Technological Innovation	Mining
18-19th Century	Society 2.0	Coal Steam Engine Natural Gas	Start of Mechanization
19th-early 20th Century	Society 3.0	Electricity Line Production Petroleum	Mechanization
Late 20th Century	Society 4.0	Automation Analog Computers Control Systems	Monitoring
First-half of the 21st Century	Society 5.0	Digitalization IoT AI	Unmanned Remote Control Digital Twin

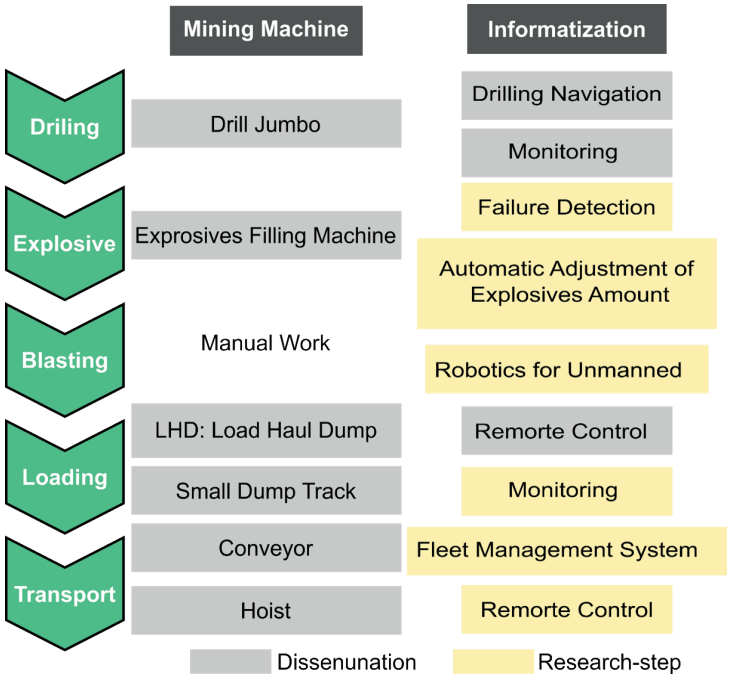


Figure 2 – Progress of informatization by mining process

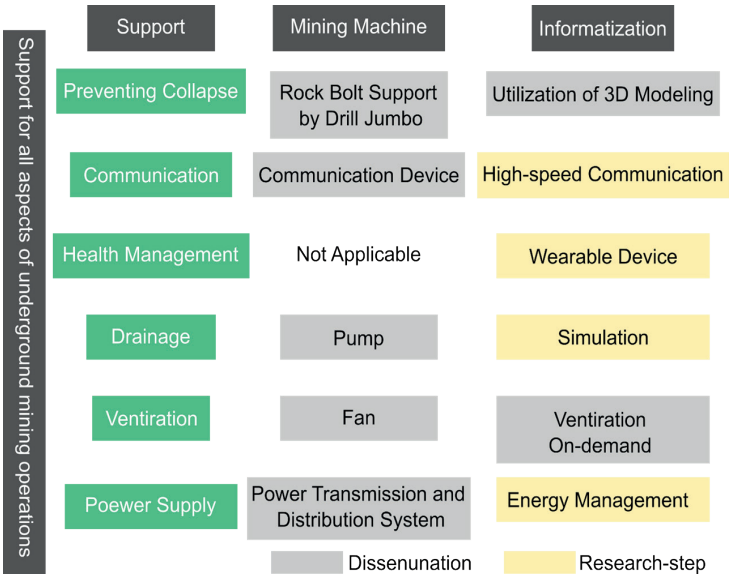


Figure 3 – Support for underground mining with informatization

2. Socially Implemented Smart Mining

With the automation of heavy trucks and drilling equipment by heavy equipment manufacturers and the commercialization of operation monitoring technology and operation management systems via satellite from remote locations, some resource majors have been promoting their own technological development by introducing these technologies to ensure safety measures at mine sites and aggressive cost In addition to resource majors, many other major resource companies are also considering the introduction of automation technology. In addition, the development of more advanced automation systems is expected to progress with the introduction of AI (especially deep learning) in the future. In iron ore mines, nonferrous metal mines, and large-scale civil engineering sites, advances in small camera technology (e.g., small 4K video cameras) and improved image recognition performance using deep learning have enabled mining and work planning based on 3D models of the site using drones, and these technologies are also evolving rapidly.

The field of smart mining is already being approached more from the industrial side than from the academic side, and a number of commercial technologies have been put to practical use. The following is a list of typical approaches that have been put to practical use.

1. Komatsu Ltd.

KOMTRAX» machine operation management system

This system provides information on vehicle location, operating hours, operating status, etc. from equipment attached to construction machinery, contributing to support during the life cycle of the machinery, such as improving the utilization rate of owned vehicles and reducing maintenance costs.

Mining Equipment Management System «KOMTRAX Plus» KOMTRAX Plus is a management system for large machinery used in mines, which can monitor the «health» and «operational status» of vehicles in near real-time via satellite communications, even from remote locations.

Unmanned Dump Truck Operation System

Dump trucks equipped with high-precision GPS, obstacle detection sensors, various controllers, wireless network systems, etc. are operated and managed by a central control room to achieve completely unmanned operation.

ICT solution for civil engineering and construction sites «Smart Construction»

This is a new business that realizes efficient construction using information and communication technology (ICT). It is a total system that starts with 3D modeling of the construction site using drones, and then automates and optimizes it through data management by cloud computing.

Hitachi Construction Machinery Co.}

2. Hitachi Construction Machinery Co., Ltd.

Autonomous Haulage System (AHS)

The system is being tested in Australia for operation.

Fleet Management System (FMS)

FMS can be remotely managed by cloud computing.

3. Caterpillar Inc.

Mine Management «Cat Mine Star System»

This system is based on a combination of real-time operations management, equipment health management systems, and autonomous equipment systems.

4. DATAMINE

SIROVISION

SIROVISION is a system that enables accurate surveying from images taken in open pit and underground mines, mapping and geological analysis of rock mass information using 3D models. SIROVISION was developed by the Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) in Australia. and commercialized by DATAMINE.

5. ADAM Technology

3DM Analyst

This is a mapping system based on image analysis and has been adopted by many mining companies. Mapping from aerial photography by drones has also been put to practical use and has been introduced in coal mines in Australia.

5. Rio Tinto

Unmanned truck operation

Komatsu unmanned trucks are in operation at Rio Tinto's iron ore mine in the Pilbara region of Western Australia.

3. Research Examples for Smart Mining in Akita University

1. Underground communication system

This study develops an underground mine monitoring system to improve productivity and safety in mining operations. The underground mine monitoring system proposed in this study is divided into two parts: the sensing part, which is a differential measurement of in-situ stress and strain, and the data transmission part, which uses ad hoc communication. Multiple sensor units are installed in the mine, and the accumulated data is collected by ad hoc communication when a miner's smartphone approaches communication area. Next, the data transfer range is pseudo-expanded by passing data through the movements of the miners. Finally, data is transmitted to an office with a communication infrastructure by either miner or going above ground. The data sent to the office on the ground can be checked and edited anywhere in the world via the cloud. In the sensing part, the developed sensor unit is buried in a blank hole after stress release to determine the difference in stress applied from the bedrock from the strain gauge values. In this case, it is necessary to detect the orientation of the sensor unit in order to estimate how much stress is applied and from which direction.

In the communication part, among WSNs (Wireless Sensor Networks), which are scalable and suitable for underground mines, pseudo communication range expansion by miner's movement, Wi-Fi Ad Hoc communication (Wi-Fi Ad Hoc and Wi-Fi Direct) and communication obstacles can be avoided. Focusing on power line communications, we implemented and verified an ad hoc wireless communication system by testing communications from a data logger to a smartphone held by a miner. Based on the results obtained from each research item, the combination of sensor units and ad hoc communication is expected to make it possible to identify signs of rock deformation at a lower cost than previously thought possible, and to dramatically improve safety in the mine [Ikeda2019].

2. Rock classification using Machine Learning and hyperspectral imaging

Mining is a resource-dependent part of many industries, but the industry has been hit hard by declining ore grades and the use of time-consuming and computationally expensive traditional methods of rock and mineral identification.

Therefore, this paper proposes integrating Hyperspectral Imaging, Neighborhoods Component Analysis (NCA) and Machine Learning (ML) as a combined system that can identify rocks and minerals. Modestly put, hyperspectral imaging gathers electromagnetic signatures of the rocks in hundreds of spectral bands. Our envisioned application is rock and mineral classification via unmanned aerial vehicle (UAV) drone technology. We applied ML to identify and classify rocks, thereby proving our hypothesis, reducing computational costs, attaining an ML classification good accuracy, and demonstrating the potential mining industry optimizations attainable through this integrated system [Sinaice2021].

3. Drill bit failure detection using convolutional neural network

Drill bit failure is a prominent concern in the drilling process of any mine, as it can lead to increased mining

costs. Over the years, the detection of drill bit failure has been based on the operator's skills and experience, which are subjective and susceptible to errors. To enhance the efficiency of mining operations, it is necessary to implement applications of artificial intelligence to produce a superior method for drill bit monitoring. This research proposes a new and reliable method to detect drill bit failure in rotary percussion drills using deep learning: a one-dimensional convolutional neural network (1D CNN) with time-acceleration as input data.

The drill bit failure detection model was evaluated on five drilling conditions: normal, defective, abrasion, high pressure, and misdirection. The model achieved a classification good accuracy. The proposed model was compared to three state-of-the-art (SOTA) deep learning neural networks. The model outperformed SOTA methods in terms of classification accuracy. Our method provides an automatic and reliable way to detect drill bit failure in rotary percussion drills.

4. Conclusions

As modern society becomes more sophisticated, the consumption of metal resources has become essential. There is a worldwide need for technologies to safely and efficiently mine metal resources. In addition, as the deposits to be mined are becoming deeper and lower grade year by year, there is an urgent need to increase minable reserves through technological innovation. Mining science is a discipline and technological system that integrates geology, rock mechanics, civil engineering, disaster prevention engineering, and mechanical engineering, which has developed in its own unique way. On the other hand, ICT (artificial intelligence, big data, data mining, etc.), has shown remarkable development. In the future, smart mining through ICT applications in mining science is expected to lead resource development.

References

J. Lööw, L. Abrahamsson, and J. Johansson, "Mining 4.0—the Impact of New Technology from a Work Place Perspective," Mining, Metallurgy and Exploration 2019 36:4, vol. 36, no. 4, pp. 701–707, jul 2019. https://link.springer.com/article/10.1007/s42461-019-00104-9

E. Dotsenko, N. Ezdina, N. Breider, and S. Khouri, "Digital Modernization of the Russian Mining Sector in Accordance with the National Technology Initiative and Mining 4.0," E3S Web of Conferences, vol. 278, p. 03003, 2021.
https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2021/54/e3sconf_sdemr2021_03003/e3sconf_sdemr2021_03003.html

I. Atif, F. T. Cawood, and M. A. Mahboob, "The Role of Digital Technologies that Could Be Applied for Prescreening in the Mining Industry During the COVID-19 Pandemic," Transactions of the Indian National Academy of Engineering 2020 5:4, vol. 5, no. 4, pp. 663–674, sep 2020.
https://link.springer.com/article/10.1007/s41403-020-00164-0

H. Ikeda, O. Kolade, M. A. Mahboob, F. T. Cawood, and Y. Kawamura, "Communication of Sensor Data in Underground Mining Environments: An Evaluation of Wireless Signal Quality over Distance," Mining, vol. 1, no. 2, pp. 211–223, 2021.
https://doi.org/10.3390/mining1020014

Y. S. Dohare, T. Maity, P. S. Das, and P. S. Paul, "Wireless Communication and Environment Monitoring in Underground Coal Mines –Review," IETE Technical Review, vol. 32, no. 2, pp. 140–150, mar 2015.
https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02564602.2014.995142

Z. Wang, W. Li, Q. Wang, Y. Hu, and J. Du, "Monitoring the Dynamic Response of the Overlying Rock–Soil Composite Structure to Underground Mining Using BOTDR and FBG Sensing Technologies," Rock Mechanics and Rock Engineering 2021 54:9, vol. 54, no. 9, pp. 5095–5116, jul 2021.
https://link.springer.com/article/10.1007/s00603-021-02530-y

V. Adjiski, Z. Despodov, D. Mirakovski, and D. Serafimovski, "System archi-tecture to bring smart personal protective equipment wearables and sensors to transform safety at work in the underground mining industry," Rudarsko Geolosko Naftni Zbornik, vol. 34, no. 1, pp. 37–44, 2019.

S. Matloob, Y. Li, K. Z. Khan, S. Matloob, Y. Li, and K. Z. Khan, "Safety Measurements and Risk Assessment of Coal Mining Industry Using Artificial Intelligence and Machine Learning," Open Journal of Business and Management, vol. 9, no. 3, pp. 1198–1209, apr 2021.
http://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=109232http://www.scirp.org/Journal/Paperabs.aspx?paperid=109232

B. Zietek, A. Banasiewicz, R. Zimroz, J. Szrek, and S. Gola, "A Portable nvironmental Data-Monitoring System for Air Hazard Evaluation in Deep nderground Mines," Energies 2020, Vol. 13, Page 6331, vol. 13, no. 23, p. 331, nov 2020.
https://www.mdpi.com/1996-1073/13/3/6331/htmhttps://www.mdpi.com/1996-1073/13/23/6331

M. Zare, R. Battulwar, J. Seamons, and J. Sattarvand, "Applications of Wireless Indoor Positioning Systems and Technologies in Underground Mining: a Review," Mining, Metallurgy and Exploration 2021, vol. 1, pp.1–16, sep 2021.
https://link.springer.com/article/10.1007/s42461-021-00476-x

A. H. Soomro and M. T. Jilani, "Application of IoT and Artificial Neural Networks (ANN) for Monitoring of Underground Coal Mines," ICISCT 2020 - 2nd International Conference on Information Science and Communication Technology, feb 2020.

M. M. Alam and E. B. Hamida, "Surveying Wearable Human Assistive Technology for Life and Safety Critical Applications: Standards, Challenges and Opportunities," Sensors 2014, Vol. 14, Pages 9153-9209, vol. 14, no. 5,
pp. 9153–9209, may 2014.
https://www.mdpi.com/1424-8220/14/5/9153/htmhttps://www.mdpi.com/1424-8220/14/5/9153

X. Qin, M. Fu, and B. Shen, "Coal mine gas wireless monitoring system based on WSNs," Proceedings of the 2011 2nd International Conference on Digital Manufacturing and Automation, ICDMA 2011, pp. 309–312, 2011.

B. B. Sinaice, N. Owada, M. Saadat, H. Toriya, F. Inagaki, Z. Bagai, and Y. Kawamura, "Coupling NCA Dimensionality Reduction with Machine Learning in Multispectral Rock Classification Problems," Minerals
2021, Vol. 11, Page 846, vol. 11, no. 8, p. 846, aug 2021.

https://www.mdpi.com/2075-163X/11/8/846/htmhttps://www.mdpi.com/2075-163X/11/8/846

F. Jia, Y. Lei, J. Lin, X. Zhou, and N. Lu, "Deep neural networks: A promising tool for fault characteristic mining and intelligent diagnosis of rotating machinery with massive data," Mechanical Systems and Signal Processing,

vol. 72-73, pp. 303–315, may 2016.

H. Ikeda, Y. Kawamura, H. Jang, N. E. Binti Mokhtar, J. Yokokura, and Z. P. L. Tungol, "Development of an Underground In-Situ Stress Monitoring System for Mining Safety Using Multi Sensor Cell and Wi-Fi Direct Technology," in Proceedings of the 28th International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection - MPES 2019, vol. 1. Parth: Springer, 2019, pp. 236–244.

A. Zrelli and T. Ezzedine, "Localization of damage using wireless sensor networks for tunnel health monitoring," in 2017 13th International Wireless Communications and Mobile Computing Conference, IWCMC 2017. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., jul 2017, pp. 1161–1165.

J. Ralston, D. Reid, C. Hargrave, and D. Hainsworth, "Sensing for advancing mining automation capability: A review of underground automation technology development," International Journal of Mining Science and Technology, vol. 24, no. 3, pp. 305–310, may 2014.

H. Ren, Y. Zhao, W. Xiao, and Z. Hu, "A review of UAV monitoring in mining areas: current status and future perspectives," International Journal of Coal Science and Technology 2019 6:3, vol. 6, no. 3, pp. 320–333, aug 2019. https://link.springer.com/article/10.1007/s40789-019-00264-5

P. Zimroz, P. Trybała, A. Wróblewski, M. Góralczyk, J. Szrek, A. Wójcik, and R. Zimroz, "Application of UAV in Search and Rescue Actions in Underground Mine—A Specific Sound Detection in Noisy Acoustic Signal," Energies 2021, Vol. 14, Page 3725, vol. 14, no. 13, p. 3725, jun 2021.

https://www.mdpi.com/1996-1073/14/13/3725/htmhttps://www.mdpi.com/1996-1073/14/13/3725

REACTIVE TRANSPORT SIMULATION: AN OPERATIONAL DECISION-MAKING TOOL FOR ISR EXPLOITATION AND POST-EXPLOITATION

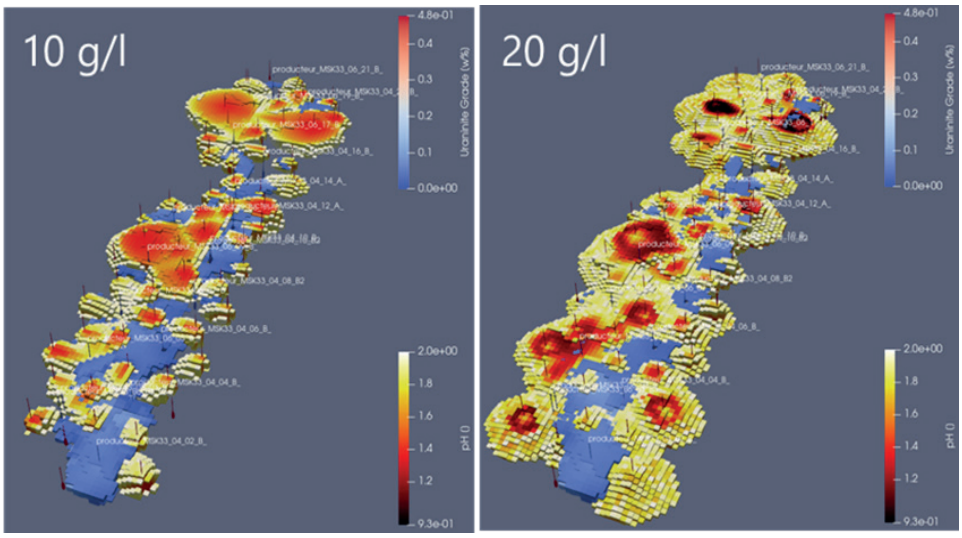
Vincent Lagneau[1], Antoine Collet[1,2], Irina Sin[1], Yerlibek Bolat[3], Arnaud Colat-Parros[3], Olivier Regnault[3], Sofia Escario Perez[2], Nicolas Seigneur[1], Michaël Descostes[2]
Mines Paris, Université PSL, Centre de Géosciences, 77300 Fontainebleau, France
Orano Mining, 125 Av. de Paris, 92320 Châtillon, France
KATCO JV LLP

The chemical and hydrological processes at stake deep underground in an *in situ* recovery operation are largely hidden: the operator has only access to exploration data (ore composition and properties), and to the production data (fluid composition, flowrates and wellheads on the well filed). Reactive transport simulation is therefore a powerful tool to supplement the operator with useful insights of the behavior of the exploitation. Indeed, reactive transport, *i.e.* the careful coupling of geochemistry and hydrogeological processes in a computer code, can provide the 3D evolution of the system together with several key advantages: limited number of adjustment parameters (using mostly data from exploration and well described processes), explicit description of the geometric complexity of the ore (through realizations of the geological model).

Extensive simulation has been performed on KATCO production blocks providing a strong basis for return on experience. Simulation results are used to develop operational standard related to acid consumption for both acidification and extraction phases and to test optimization scenarios (additional wells, modification of the injection fluid composition). They also provide the operator with predictive information useful for short- and long-term planning, regarding uranium production and acid consumption.

Alternatively, reactive transport simulation is also used to investigate the post-exploitation behavior of the system. The model has to be adapted to account for different conditions (higher pH, slow regional flow) and different concerns (pH, and different chemical of interest), but is based on the same underlying geochemical and hydrogeological processes.

Future directions include continuous improvement of algorithms, feed back of the simulation to improve the geological description, or better integration of exploitation and post-exploitation models to investigate possible global optimization of the mining project.



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЙ НА ЛВР

Азбергенова А.Б., Сысалетин А.В., Вурим А.Д., Бакланова Ю.Ю., Ермаков В.А., Исламов Р.С.
Филиал «Институт атомной энергии» Республиканского государственного предприятия
«Национальный ядерный центр Республики Казахстан»
Министерства энергетики Республики Казахстан, г. Курчатов, Казахстан,

Введение

В филиале «Институт атомной энергии» РГП «НЯЦ РК» накоплен большой опыт по исследованию процессов, протекающих при развитии тяжелых аварий с плавлением активной зоны ядерного реактора и удержанием расплава в корпусе реактора. Экспериментальное обоснование идей и технических решений, положенных в основу функционирования действующих и перспективных пассивных систем безопасности реакторных установок типа ЛВР, осуществляется на уникальных экспериментальных стендах «АНГАРА», «ВЧГ-135» филиала «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК». Стенды ИАЭ позволяют проводить физическое моделирование процессов, характерных для заключительной стадии аварии водоохлаждаемого реактора, в частности процессов взаимодействия расплава активной зоны реактора (кориума) с:

- теплоносителем (вода);
- бетоном (ловушки, несущие бетонные конструкции реактора);
- кандидатными материалами для защиты ловушек;
- сталью (днища силовых корпусов реактора).

При этом варьируются такие параметры, как состав расплава, остаточное энерговыделение расплава в процессе удержания, способ охлаждения ловушки расплава и т.д.

На сегодняшний день накоплен большой объем экспериментальных данных и результатов, полученных при моделировании процессов, протекающих при постулируемом развитии тяжелых аварий на ядерных реакторах. Данные требуют систематизации по основным критериям в виде информационно-аналитической системы, что позволит создать многофункциональный инструмент для их хранения, обработки, анализа и обобщения результатов по основным критериям с дальнейшей возможностью разработки рекомендаций по условиям проведения последующих экспериментов.

1 Экспериментальные данные

Разрабатываемая информационно-аналитическая система предназначена для консолидации, систематизации, повышения эффективности обработки и анализа экспериментальных данных, полученных на экспериментальных установках стендов «Ангара», «ВЧГ-135» филиала «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК».

Экспериментальный стенд «Ангара». Основным направлением работ является экспериментальное исследование процессов, характерных для заключительной стадии аварии водоохлаждаемого реактора, связанной с потерей теплоносителя (авария типа LOCA), в частности, процессов взаимодействия расплава кориума с водой, бетоном, материалами силового корпуса реактора при имитации остаточного тепловыделения в расплаве.

Экспериментальный стенд «ВЧГ-135». На стенде выполняются высокотемпературные материаловедческие исследования на малогабаритных образцах с их быстрым нагревом до высокой (порядка 3000 °С) температуры с последующим охлаждением за счет утечек тепла в водоохлаждаемый индуктор при отключенном генераторе.

Основными направлениями исследований являются:

- изучение взаимодействия компонентов кориума между собой в процессе разогрева вплоть до температуры плавления;
- изучение эффективности защитных покрытий графитовых тиглей на основе карбидов Zr, Nb, Ta и др.;
- определение температуры фазовых переходов в кориуме различного состава;
- исследование высокотемпературных взаимодействий кориума с конструкционными материалами;
- определение электрофизических свойств кориума;
- получение компактных слитков кориума заданного состава;
- нанесение защитного покрытия на основе карбида циркония на внутреннюю стенку графитовых тиглей и на внешнюю поверхность графитовых деталей.

2 Общая структура данных

Информационно-аналитическая система (ИАС) включает в себя три основных блока:

- экспериментальные стенды;

- моделирование;
- аналитика.

В блоке «Экспериментальные стенды» находится информация о стендах «Ангара» и «ВЧГ-135» в текстовом и графическом форматах. Разделы также включают в себя описание установок, содержащие информацию о периоде эксплуатации экспериментальных установок, производителе, проектно-конструкторскую документацию на основные узлы и системы установок. Информация в подразделах хранится в текстовом и графическом форматах, с возможностью вывода в формате PDF.

Во втором блоке содержится информация об экспериментах по моделированию процессов внутрикорпусного (проекты IVR-AM, INVECOR) и внекорпусного (проекты Fukushima Debris, COTELS, CORMIT, CORMIT-Ph2) удержания расплава в том числе:

- исходные данные - набор параметров, которые изменяются от серии к серии экспериментов;
- результаты прямых измерений – данные, зарегистрированные информационно-измерительными системами, такие как температура, давление, расход теплоносителя на охлаждение систем и электрические характеристики стенда;
- результаты материаловедческих исследований - данные по высокотемпературному взаимодействию модельного кориума с материалами корпуса реактора, устройств приема расплава (УПР), с материалами защитных покрытий УПР, дистанционирующих решеток, стержней-поглотителей, теплоносителем и др. Изучение процесса взаимодействия кориума и конструкционных материалов реактора проводится путем выполнения комплексного анализа, включающего визуальный анализ состояния комплектующих экспериментальной сборки, модельного расплава и конструкционных материалов.

В третьем блоке будут выполняться операции по обработке данных в целях подготовки и реализации экспериментов, а также в процессе анализа результатов материаловедческих исследований.

3 Разработка ИАС для управления данными

Создание базы данных ИАС проводится в системе управления базами данных Microsoft SQL Server. Этот выбор связан с возможностью работы с большими данными, а также может быть использован с практически любыми другими языками. Прикладное программное обеспечение создается в среде разработки Microsoft Visual Studio ASP.NET Core Blazor. Blazor - это платформа для создания интерактивных клиентских веб-интерфейсов на основе .NET.

На главной странице веб-приложения, слева, отображается структура ИАС данных в виде раскрывающегося дерева. Первый блок «Экспериментальные стенды» включает в себя списки установок, проектов, серий экспериментов и эксперименты. Далее каждый эксперимент содержит разделы: исходные данные, регистрируемые данные и данные материаловедческих исследований.

В разделе «Исходные данные» содержатся начальные условия для проведения эксперимента, параметры основных экспериментальных устройств (электрической плавильной печи и устройства приема расплава - в крупномасштабных экспериментах или тигля и рабочей камеры - в маломасштабных экспериментах), технические характеристики ключевых средств измерения (пирометров, термопар, манометров, расходомеров и т.д.) согласно задачам эксперимента, информация о составе модельного кориума и о конструкционном материале, который подвергается испытанию в условиях высокотемпературного взаимодействия с расплавом активной зоны ядерного реактора, их массах, а также схема размещения материалов в плавильном объеме (ЭПП или тигле), средств измерения, теплоизоляции.

Раздел «Регистрационные данные» отображается в виде графиков. Для удобства сравнения регистрационных данных двух экспериментов, рабочая область поделена на две части, в каждой из которых можно отобразить графики данных этих экспериментов. Предусмотрена возможность масштабирования графиков с помощью мыши, а также при наведении курсора на определенную точку появляется всплывающая подсказка со значения контрольных точек в этом месте.

Раздел «Материаловедческие исследования» включает в себя такие подразделы как «Экспериментальная сборка», «Расплав» и «Конструкционный материал». Каждый подраздел содержит описание устройств и материалов, данные материаловедческих исследований в виде значений отдельных характеристик, графиков (дифрактограмм, спектров) и фотоматериалов.

На сегодняшний день ведутся работы по третьему, аналитическому блоку. В данном блоке будут выполняться операции по обработке данных в целях подготовки и реализации экспериментов, а также в процессе анализа результатов материаловедческих исследований.

Аналитический блок будет выполнять следующие основные функции:

– определять температурно-временные параметры, которые зависят от задаваемой мощности и шага нагрева;
– сравнивать эксперименты и его данные между собой;

– выводить в виде протокола необходимы данные.

Данный блок будет включает в себя функции расчетов, построения графиков, формирование таблиц, при этом для получения определенного объема информации по одному эксперименту или для сравнения результатов нескольких экспериментов в одном документе формируется протокол, в котором объединен набор параметров эксперимента, содержащихся в ИАС в виде графиков, фото, таблиц данных.

Заключение

Моделирование развития тяжелой аварии является задачей высшей сложности, которая может быть сформулирована как задача нестационарного тепло-, массообмена наряду с химическими реакциями в неравновесной системе с тремя агрегатными состояниями вещества и изменяющейся топологией.

Результаты исследования процессов взаимодействия кориума с конструкционными материалами могут представлять интерес для компаний-заказчиков данных работ. ИАС, созданная в рамках данного проекта, позволит повысить культуру проведения подобных экспериментов и будет способствовать улучшению качества предоставляемых услуг по экспериментальному моделированию.

Проект по созданию ИАС данных будет способствовать дальнейшему развитию научно-технических работ в области исследований систем безопасности атомной энергетики. Благодаря быстрой доступности к необходимым экспериментальным данным и структурированным результатам исследований, возможности проводить расчеты входных параметров с использованием единого математического аппарата и комплексного анализа выходных параметров, повысится скорость и объем обрабатываемых данных, достоверность сравниваемых параметров, снизится количество ошибок при планировании экспериментов, увеличивается повторяемость результатов, необходимых для анализа.

Благодарности

Настоящая работа проводится в рамках грантового финансирования Министерства образования и науки Республики Казахстан (ИРН AP09260704 «Информационно-аналитическая система данных, полученных при экспериментальном моделировании процессов тяжелой аварии на ядерном реакторе», 2021-2023 гг.).

Список использованных источников

1 Бакланов, В.В. Взаимодействие кориума с корпусом водо-водяного энергетического реактора при тяжелой аварии: дис. канд. тех. наук: 01.04.07 / Бакланов Виктор Владимирович.– Томск, 2017.– 154 с.

2 Nuclear Safety Research in OECD Countries/Support Facilities for Existing and Advanced Reactors / Nuclear Safety NEA/CSNI/R(2007)6 ISBN 978-92-64-99005-0.// OECD PUBLICATIONS, 2 rue André-Pascal, 75775 PARIS CEDEX 16 \Printed in France. p.107.

3 Гордон, Б. Г. Проблемы исследований на крупномасшабных экспериментальных установках / Б. Г. Гордон // Теплоэнергетика. − 1992. − № 10. − С. 8-12.

4 Haste T.J., K. Trambauer, Degraded Core Quench: Summary of Progress, 1996-1999, NEA/CSNI/R(99)23, February 2000.

5 OECD/CSNI Workshop “In-vessel core debris retention and coolability”. Summary and conclusions. Garching, Germany, March 3-6, 1998, NEA/CSNI/R(98)21. – Garching, 1998. – 31 p.

6 Hofmann, P. Chemical-physical behavior of light water reactor core components tested under severe reactor accident conditions in the CORA facility / P.Hofmann, S. Hagen, V. Noack, G. Schanz, L. Sepold // Nuclear Technology. − 1997. –V. 118. − P. 200-224.

7 In-vessel core degradation in LWR severe accident: A state of the art report, EUR 16695 EN / T. J. Haste et al. // Luxembourg: European Commission, 1996.− 246 p.

8 WWER-specific features regarding core degradation: status report / Z. Hozer, K. Trambauer, J. Duspiva // NEA/CSNI/R (98)20, 1998. − 36 p.

9 Andersona, M. H. Experimental analysis of heat transfer within the AP600 containment under postulated accident conditions / M. H. Andersona, L. E. Herranzb, M. L. Corradini // Nuclear Engineering and Design. − 1998. – V. 185. – Iss. 2-3. – P.153-172

10 Афров, А. М. Методические особенности обоснования пассивных систем безопасности АЭС с ВВЭР-640 / А. М. Афров, М. Ф. Рогов, В. Г. Федоров, И. В. Кухтевич, В. В. Безлепкин, Ю. А. Мигров, В. Б. Хабенский // Теплоэнергетика. − 1996. − № 11. − С. 16-21.

11 Meyer, L. Experiments to investigate the low pressure corium dispersion in EPR geometry / L. Meyer // Proceeding of OECD Workshop on ex-vessel, debris coolability, Karlsruhe, November 15-18, 1999.− Karlsruhe, 2000.− P. 36-44.

12 Rouge, S. SULTAN test facility for large-scale vessel coolability in natural convection at low pressure / S. Rouge // Nuclear Engineering and Design. − 1997. − V.169. − P. 185-195.

13 Скалозубов, В. И. Вопросы моделирования тяжелых аварий в корпусных реакторах / В. И. Скалозубов, В. Ю. Кочнева, В. Н. Колыханов, Г. Г. Габлая // Ядерная и радиационная безопасность. − 2010. – Т. 4. − № 48. – С. 26-34.

14 Journeau, C. Two-dimensional interaction of oxidic corium with concretes: The VULCANO VB test series / C. Journeau, P. Piluso, J. F. Haquet, E. Boccaccio, V.Saldo, J. M. Bonnet, S. Malaval, L. Carénini, L. Brissonneau // Annals of Nuclear Energy. − 2009. – V. 36. – P. 1597-1613.

15 Институту атомной энергии Национального ядерного центра Республики Казахстан – 60 лет: Книга / под. общ. Ред. Э. Г. Батырбекова и М. К. Скакова – 2018. – с. 300.

16 Батырбеков, Э. Г. Научно-техническая поддержка политики правительства Казахстана в области мирного использования атомной энергии / Э. Г. Батырбеков // Вестник НЯЦ РК. − 2016. – № 1. – С. 5-12.

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КАК КОМПОНЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Гурова Н.В., Титекли Б.М., Слатин А.С.
АО «ТЕХНОЛИНК», г. Санкт-Петербург, Россия

Важнейший компонент цифровой трансформации промышленного производства в эпоху Индустрии 4.0 – контроль и управление качеством.

Компания ТЕХНОЛИНК занимается созданием высокоэффективных автоматизированных систем и комплексов для промышленных предприятий. Решения компании охватывают весь спектр задач промышленной автоматизации: от АСУТП до MES, включают системы класса LIMS, АСАК, промышленную аналитику, системы предиктивного анализа оборудования и производственных процессов.

Территориально компания расположена в г. Санкт-Петербурге и на Урале (г. Ревда, Свердловская область), имеет собственную производственную базу и самостоятельно осуществляет полный комплекс работ: проектирование, изготовление и комплектацию, монтаж и ввод в действие разрабатываемых систем.

Специалисты компании имеют обширный опыт работы в отраслях добычи и обогащения рудных ископаемых, металлургии, энергетике нефтегазовой отрасли и целлюлозно-бумажной промышленности.

За 25 лет успешной работы сотрудниками компании реализовано более 300 крупных проектов в различных отраслях промышленности на территории России и стран СНГ. Крупные клиенты компании – предприятия ГМК РФ и Казахстана.

Решения по цифровизации промышленных производств мы рассматриваем как инструмент стратегического фокуса бизнеса – операционная эффективность, непрерывные улучшения, устойчивое развитие и безопасность.

Требования бизнеса к контролю качества:

- Точность
- Достоверность
- Оперативность (в темпе технологического процесса для реализации своевременного автоматизированного управления)
- Автоматизация (минимизация влияния человеческого фактора)
- Гибкость (адаптация под изменения требований бизнеса)
- Надежность
- Безопасность
- Простота обслуживания
- Низкие эксплуатационные затраты

Актуальные вопросы бизнеса и производства по контролю и управлению качеством:

- Какой запас по качеству конечного продукта поддерживается для достижения гарантированного результата?
- С какой точностью и периодичностью измеряется результат?
- Сколько реагентов/энергоресурсов расходуется для обеспечения запаса сверх нормы?
- Можно ли снизить этот запас?
- Повысит ли производительность соблюдение плановых показателей качества?
- Можно ли реагировать на изменение качества оперативно?

Для ответа на поставленные вопросы компания ТЕХНОЛИНК предлагает интегрированные решения по контролю и управлению качеством промышленного производства, включающие следующие компоненты:

- АСАК – автоматизированная система аналитического контроля.
- ЛИМС – автоматизированная лабораторная информационная управляющая система.
- Системы виртуального мониторинга ключевых показателей качества технологических процессов.

АСАК – поточный анализ в реальном времени

Контроль и автоматизированное управление технологическим процессом невозможно осуществить без наличия оперативных данных о содержании полезных компонентов на различных стадиях процесса. Аналогичные данные только за более длительный период (смена, сутки, декада, месяц) необходимы для расчета технологического и коммерческого баланса. Наиболее комплексное и полное решение этих задач, как показывает опыт многих предприятий, возможно только при использовании автоматизированных систем аналитического контроля.

Разработанное компанией ТЕХНОЛИНК решение АСАК (зарегистрированная торговая марка АСАК@LAST) представляет собой единый интегрированный комплекс оборудования, программно-технических, методико-математических и метрологических средств, обеспечивающих выполнение следующих функций:

• автоматическое представительное опробование пульповых продуктов и растворов в соответствии с отраслевыми ГОСТами;

• доставка проб с мест отбора в лабораторию или в помещения для их подготовки;

• подготовка проб для химического и иного анализа

• формирование экспрессных и накопленных (контрольных, сменных и балансовых) проб, экспресс-анализ на определение содержаний полезных компонентов; обработка, отображение, хранение и передача результатов аналитического контроля различным потребителям.

Комплексное выполнение в автоматическом режиме всех операций АСАК@LAST,

включает:

- отбор проб технологических продуктов;

- подготовка (седиментация или фильтрация с регенерацией фильтроэлемента, формирование разовой или усредненной по времени мерного объема пробы);

- транспортировка первичной пробы к месту выполнения аналитических измерений;

- подготовку проб к одновременному измерению одним или несколькими приборами путем разделения на необходимые для конкретных приборов объемы;

- подачу проб на измерение с учетом технических требований приборов;

- выполнение непосредственного измерения концентраций веществ;

- промывку измерительных трактов в каждом цикле;

- сбор или возврат проанализированных проб и смывов в технологический процесс;

- обеспечение работы всего оборудования в автоматическом режиме согласно циклограмме, визуализация и передача информации по сетям в соответствующие АСУ с использованием шкафов электрического, электропневматического управления с одним или несколькими контроллерами.

Компоновка и конструктивные решения устройств, входящих в систему, зависят от технологических требований конкретного производства, состава продуктов, вида потока, количества проб, подаваемых на аналитический комплекс, числа измерительных приборов, используемых для аналитического контроля.

При создании систем АСАК АО «ТЕХНОЛИНК» применяет комплексный подход – от проектирования до внедрения в промышленную эксплуатацию.

Важным элементом АСАК является **автоматическая система опробования продуктов,** которая предназначена для автоматического выполнения операций отбора проб пульпы или раствора, их доставки и подготовки к проведению экспресс-анализа, а также формирования на их основе балансовых и контрольных проб. При проектировании и создании системы опробования мы отдаем предпочтение традиционной схеме дискретного отбора и накопления точечных проб по месту нахождения точки опробования, дальнейшей пневмотранспортировки накопленных проб в лабораторию, необходимой подготовке проб (воздухоотделение, сокращение) и подаче их на анализ.

Для первичного отбора проб АО «ТЕХНОЛИНК» выпускает линейку пробоотборников, различающихся конструкцией, габаритными размерами и предназначенных для опробования технологических потоков разной производительности.

Пробоотборник ПН-2П предназначен для отбора проб из напорных технологических трубопроводов, в которых технологический поток достаточно хорошо перемешан и однороден. Пробоотборник представляет собой устройство с пневмоприводом, открывающим и закрывающим в дискретном режиме пробоотборное отверстие в технологическом трубопроводе для отбора части потока в качестве пробы. Закрытое состояние пробоотборника обеспечивается пружинным механизмом, тем самым исключается несанкционированный отбор при отключениях сжатого воздуха. Для снижения вероятности забивки и зарастания пробоотборная камера устройства снабжена автоматической промывкой.

Для опробования технологических продуктов, находящихся в свободном состоянии в различных емкостях, применяется **вакуумный пробоотборник ПВ-3**.

Для пульповых продуктов, где требуется строгое соответствие стандартам представительности пробы, применяются секторные **пробоотборники серии ПС**, отбирающие пробы в потоках от 5 до 5000 м^3/час. Они представляют собой устройство с пневмоприводом, сообщающим пробоотбирающему ножу поворотное движение, во время которого производится полное пересечение технологического потока и

осуществляется отбор пробы. Геометрия отсекающей части ножа всех пробоотборников имеет форму трапеции и обеспечивает пропорциональность ширины щели по отношению к расстоянию от оси вращения, что является одним из факторов, обеспечивающих представительный отбор пульповой пробы.

Для обеспечения высокой надежности и безопасности при эксплуатации во всех пробоотборниках применяются только пневматические приводы. Пробоотборники выпускаются в коррозионностойком исполнении при широком использовании полимерных материалов, обладающих высокой абразивной устойчивостью.

Отобранная пробоотборниками проба поступает в **станцию пневмотранспортировки проб СПП**. Далее по команде с центральной станции управления АСАК проба с помощью сжатого воздуха транспортируется по пластиковым трубопроводам в лабораторию, где установлено оборудование подготовки проб и анализа.

Станция деаэрации проб используется для приема проб пульпы из трубопроводов пневмодоставки, отделения от них сжатого воздуха и направления этих проб самотеком на дальнейшую пробоподготовку и анализ.

Динамические пробосократители предназначены для механизированного уменьшения проб до минимально возможной массы (объема), при которой сохраняется их представительность по контролируемой характеристике.

Все элементы системы, контактирующие с раствором, выполняются из коррозионностойких материалов, выдерживающих избыточное давление до 0.6 МПа и могут применяться в условиях особоопасного производства.

В качестве аналитического оборудования АСАК@LAST для анализа проб используется **аналитический поточный комплекс АК-21** производства АО «ТЕХНОЛИНК», выполненный на базе компактного рентгенофлуоресцентного спектрометра. Анализатор предназначен для измерения в цеховых условиях массовой доли химических элементов от **кальция до урана** в жидких и пульпообразных технологических продуктах переработки минерального сырья, горных пород и руд. Анализатор имеет малый вес и габариты, низкое энергопотребление и менее жесткие требования по радиационной безопасности. Поскольку в анализаторе используется рентгеновская трубка мощностью 4-10 Ватт, прибор освобожден от обязательной регистрации в органах надзора по радиационному фактору. Измерения массовой доли элементов на анализаторах АК-21 проводятся флуоресцентным методом, в основе которого лежит зависимость плотности потока характеристического (вторичного) рентгеновского излучения элементов от их содержаний.

Принцип действия анализаторов АК-21 основан на возбуждении с помощью малогабаритной рентгеновской трубки характеристического рентгеновского излучения определяемых элементов; измерении за заданное время спектра рентгеновского излучения от анализируемого материала; нахождении по измеренному спектру скоростей счета для аналитических линий определяемых элементов и вычислении массовых долей элементов в твердой фазе в зависимости от измеренных скоростей счета. В приборе реализованы методы количественного анализа, выбираемые в зависимости от состава анализируемого образца и доступности стандартов: регрессионный анализ, эмпирический метод (метод эталонов) и метод фундаментальных параметров.

Технические характеристики анализатора АК-21

Определяемые элементы	^{19}K (Kα) – ^{92}U (Lα)
Способ выделения линий спектра	Энергодисперсионный с дискретизацией спектра на 4096 каналов.
Способ регистрации интенсивности	Полупроводниковый Si-дрейфовый с Пельтье-охлаждением и окном 25 мм^2
Энергетическое разрешение на линии MnK_α	<130 эВ
Основная аппаратурная погрешность	не хуже 0,3 %
Порог обнаружения химических элементов, %,	не более 0,01
Количество одновременно определяемых элементов	не менее 8
Долговременная стабильность анализатора (относительное СКО выходного сигнала), %	не более 1,0 %
Материал анода рентгеновской трубки	Родий Rh
Мощность рентгеновской трубки (max)	4÷10Вт, (40 кВ, 200 мкА)

Фильтр первичный	Ti 20 мкм
Коллиматор	4 мм
Экспозиция (возможность задавать по реальному и «живому» времени)	10 – 1000 сек
Рентгенооптическая схема	Инверсионная (SDD с боку)
Радиационная безопасность	Освобожден от регламентации по радиационному фактору
Интерфейс с внешним контроллером или компьютером	RS-232
Время непрерывной работы, ч	круглосуточно
Напряжение питания сети переменного тока	220 В
Частота переменного тока	50 Гц
Потребляемая мощность	не более 150 Вт

Пределы определения анализируемого элемента составляют от 0,05% и подлежат уточнению при выполнении аналитико-методических работ. Архитектура и программное обеспечение анализатора являются открытыми и могут модифицироваться под задачи АСАК.

Контроль и управление всеми агрегатами системы АСАК@LAST осуществляется дистанционно с панели оператора. В окне управления в режиме реального времени производится отображение состояния анализаторов и оборудования пробоотбора и прободоставки в виде мнемосхем и информационных сообщений. Вывод значений технологических параметров на экран монитора производится как в виде текущих значений, так и в виде графиков и временных трендов. За счет того, что постоянно и автоматически производится диагностика оборудования, исполнительных устройств и линий связи, достигается достоверность поступающих в систему данных. В случае неисправности определенного канала измерения или управления выдается соответствующее предупреждение или аварийное сообщение. Система так же постоянно контролирует значения параметров поступающих проб технологических продуктов. В случае отклонения от нормы этих значений, в окне тревог выдается соответствующее сообщение, что позволяет оперативно вмешиваться в ход технологического процесса анализа. При аварийных значениях параметров сжатого воздуха, автоматически производится отключение соответствующих агрегатов.

Методико-математическое обеспечение АСАК@LAST позволяет разрабатывать методики анализа на основе различных уравнений связи. Разработаны оригинальные алгоритмические и программные средства, позволяющие обеспечить ускоренный ввод в эксплуатацию новых спектрометров и технологических точек контроля.

Все оборудование, используемое в системах АСАК является оригинальной разработкой компании ТЕХНОЛИНК, защищено патентами и обладает рядом существенных преимуществ перед мировыми аналогами. Система обладает высокой надежностью, проста в техническом обслуживании, требует минимальных эксплуатационных затрат.

Необходимо отметить, что внедрение АСАК @LAST может выполняться в 2 этапа:

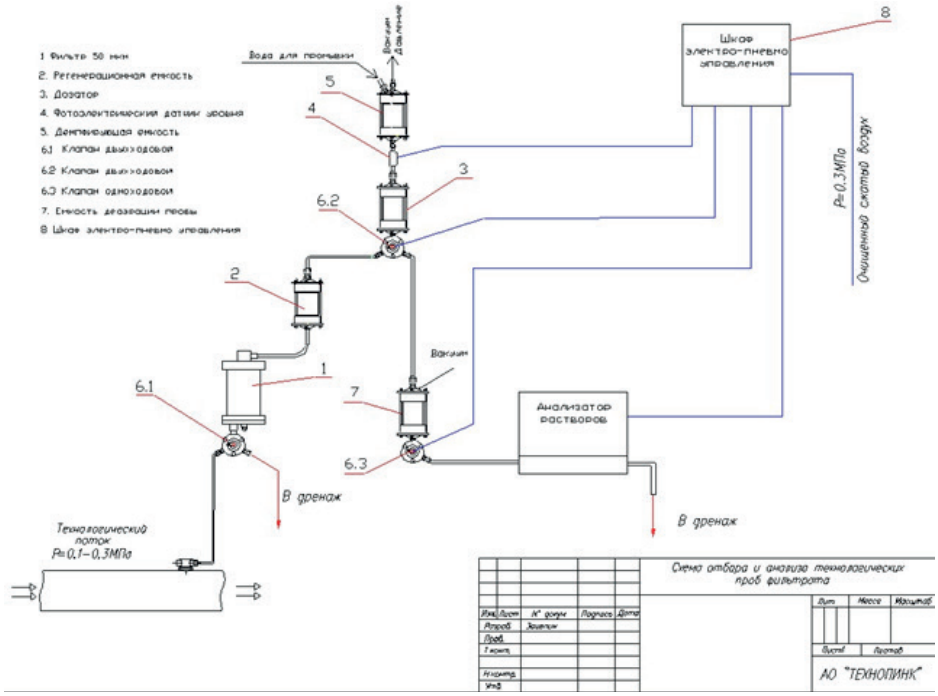
• внедрение **автоматической системы опробования продуктов для обеспечения автоматического отбора проб и доставки их в лабораторию для дальнейшей пробоподготвки и анализа;**

• **дооснащение системы поточным анализатором для выполнения экспресс-анализов.**

Применительно к производству урана можно отметить следующие характеристики предлагаемой системы АСАК:

1. Для анализа растворов в контролируемых точках достаточно 0,5÷1,0 л пробы.
2. Использование кислотостойких материалов (фторопласт и титан, нержавеющая сталь, полиэтилен).
3. Для 8 продуктов дискретность каждого анализа будет составлять 15 минут.
4. Возможность измерения низких содержаний урана 0,03÷0,05% (Более низкие концентрации возможны после проведения методических работ).

Внедрение системы обеспечит учащенный контроль содержания урана в хвостах и готовой продукции, позволит оперативно отслеживать их изменения и корректировать режимные параметры технологического процесса для повышения его эффективности (снижения потерь урана и увеличения выпуска).



Пример системы АСАК для поточного анализа растворов.

ЛИМС - цифровизация рабочих процессов лабораторий

Аналитические лаборатории промышленных предприятий – важнейшие центры формирования информации о качестве сырья, полупродуктов и готовой продукции. Цифровая трансформация рабочих процессов лабораторий в эпоху Индустрии 4.0 решается внедрением систем класса ЛИМС. ЛИМС - информационная технология, предназначенная для получения достоверной информации по результатам испытаний и оптимизации полученной информации с целью ее использования для принятия управленческих решений. Решение ЛИМС от компании ТЕХНОЛИНК основано на программном продукте от компании Labware. Система обеспечивает полное отслеживание образцов, сертифицирует пользователей, управляет приборами, поддерживает систему стандартизации и спецификации образцов, обеспечивает полный аудит, позволяет задавать график для отчетов и различных операций с образцами.

Основные задачи, решаемые ЛИМС в испытательных подразделениях:

• Повышение точности и достоверности результатов расчета материального баланса за счет интеграции данных анализов и данных о состоянии технологических потоков;

• Своевременное обеспечение достоверными данными по лабораторному контролю технологического, инженерно-технического персонала производств, руководства подразделений;

• Снижение влияния человеческого фактора, уменьшение ошибок при работе персонала лаборатории за счет автоматизации контроля ввода, обеспечения проверки исходных данных и анализов;

• Повышение прозрачности данных за счет статистического анализа, гибкой настройки отчетной документации, бланков, этикеток, сертификатов, паспортов;

• Внедрение анализа соответствия параметров технологического процесса границам допустимых интервалов;

• Повышение надежности защиты данных;

• Повышение производительности работы за счет автоматизации работы лабораторий: регистрации образцов, формирования рабочих заданий, планирования и организации работы лабораторий;

• Повышение качества контроля деятельности лабораторий со стороны руководства лабораторий за счет оперативного доступа к информации, характеризующей производительность и качество работы, как персонала, так и аналитического оборудования;

• Уменьшение объема бумажной документации, за счет исключения необходимости дублирования отчетов, ведения ряда журналов;

• Совершенствование управлением лабораториями за счет возможности контроля загрузки лабораторий, автоматизации учета используемых материалов, реагентов, реактивов, химикатов.

АСАК и ЛИМС как компоненты комплексного решения по управлению непрерывными технологическими процессами тесно взаимодействуют и своей функциональностью дополняют друг друга.

Виртуальные анализаторы - косвенные методы анализа качества.

Применение инструментальных поточных анализаторов существенно повышает своевременность контроля состояния материальных потоков, однако стоимость таких приборов велика, они требуют регулярного высококвалифицированного эксплуатационного обслуживания и не обеспечивают достаточной полноты информационного обеспечения с точки зрения создания автоматизированных контуров оптимального управления технологического процесса. Отсюда - задача повышения полноты, оперативности и достоверности информационного обеспечения технологического персонала путем создания и внедрения системы виртуального мониторинга.

Виртуальный анализатор — это математическая модель, предназначенная для косвенного измерения качественных показателей того или иного технологического процесса, построенная на основе архивных производственных данных и данных лабораторных анализов, выполненных в соответствии с ГОСТ и/или ASTM.

Решение виртуального мониторинга от компании ТЕХНОЛИНК основано на программном продукте Proficy CSense от компании GE Digital. Данный инструмент позволяет решить следующие задачи:

• Построение виртуальных анализаторов ключевых показателей в режиме реального времени.

• MPC (Model predictive control). Управление с прогнозирующими моделями

• Непрерывный мониторинг работы и оптимальная настройка контуров ПИД-регуляторов

• Sensor Health – Анализ состояния датчиков

• Выявление скрытых ресурсов повышения производительности, снижения затрат.

• Анализ изменений в процессах, поиск причины возникновения производственных проблем и определение возможности их предотвращения.

• APC (СУУТП) Оптимизация объекта управления по заданному критерию (минимуму удельного энергопотребления, максимуму производительности, критериев качества и др.)

Достоинства решения:

• Объединение на уровне одного специалиста знаний предметной области и удобного инструмента непрерывных улучшений производства.

• Встроенная методология промышленной аналитики для инженеров, не обладающими компетенциями Data Scientist.

• Быстрое освоение инструмента и проведение аналитических исследований для оценки возможностей повышения ключевых показателей.

• Короткие сроки выполнения пилотных проектов (3-4 мес.).

• Быстрая подготовка набора проектов с наибольшей ценностью для бизнеса.

• Предварительное прототипирование проектов для реализации на базе корпоративной аналитической цифровой платформы.

Предлагаемое решение от компании ТЕХНОЛИНК позволяет в сжатые сроки в полуавтоматическом режиме проанализировать технологический процесс, выявить причинно-следственные связи, найти возможности улучшения и реализовать их в режиме «Советчика оператора» или уставок, напрямую передаваемых регуляторам. Дальнейшая корректировка математической модели в режимах «online» или «offline» осуществляется и по показателям качества модели (наиболее часто используется коэффициент детерминации R2), и по данным поточных анализаторов и лабораторных анализов. Даже небольшого набора информации может оказаться достаточно, чтобы подготовить адекватную модель и оптимизировать управление технологическим процессом на предприятии. При этом результат усовершенствования вполне измерим и составляет от единиц до десятых долей процента, что за год может выражаться в тысячах тонн продукта, которые несложно перевести в денежный эквивалент и, тем самым, окупить затраты на разработку.

Дополнительными задачами виртуального анализатора могут служить:

• информационное «дублирование» отдельных измерительных средств с целью оперативного контроля их состояния (возможных неисправностей, определение необходимости в проведении калибровки, юстировки, сверки и т.п.);

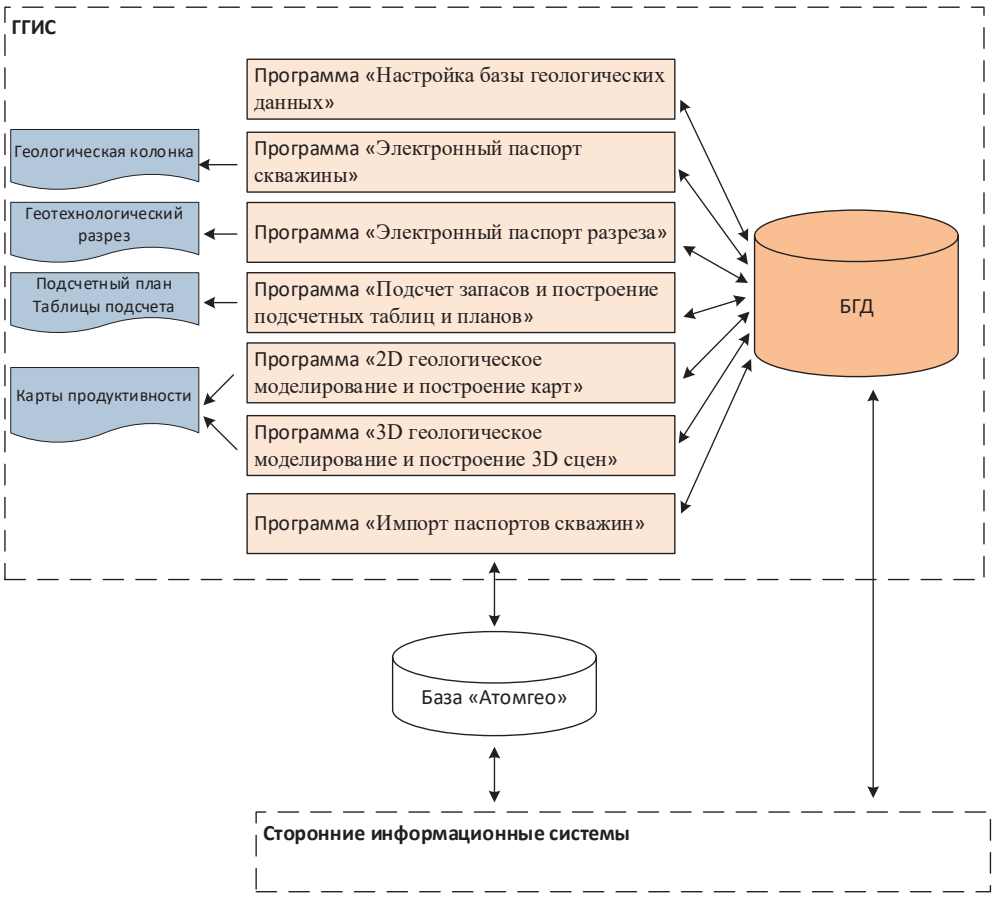
• использование в качестве вспомогательной контрольно-диагностической системы технологической установки в интересах раннего (превентивного) обнаружения возможных неисправностей.

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКА, РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ

КыдырбаевА.С., Ергалиев Ж.У., Султанбеков С.А.
АО "Волковгеология", г. Алматы, Казахстан

АО «Волковгеология» во исполнение Программы цифровой трансформации провело анализ по возможности развития цифровых технологий геологического обеспечения поиска, разведки и подсчета запасов урановых месторождений. Изучив рынок существующих разработок горно-геологических информационных систем (далее ГГИС), применение в авторском исполнении ГГИС не представляется возможным ввиду несоответствия требованиям стандартов, инструкции и правил, применяемых в обществе в промышленном масштабе.

В связи с этим, для эффективного использования ГГИС в АО «Волковгеология» подготовило свои предложения по реализации проекта путем доработки и адаптации ГГИС с расширением функционала ГГИС (необходимого АО «Волковгеология»). При реализации проекта планируется создание дополнительных модулей системы с использованием существующий алгоритмов и функции «AtomGeo» АИС «Рудник» в области ввода, редактирования, анализа, хранения и интерпретации первичных данных с расчетом (пересчетом) полезного компонента по поправочным коэффициентам и зависимостям, применяемым для обработки геофизических исследований комплекса ГИС (геофизическое исследование скважины) на гидрогенных месторождениях урана, анализа, визуализации данных и хранения результатов визуализации в виде цифровых разрезов, карт, 3D-сцен и подготовки документации.



Внедрение специализированной горно-геологической информационной системы ГГИС в АО «Волковгеология» имеет следующие преимущества:

1. Обеспечивается консолидация геологической и геотехнологической информации для целей оперативного управления, производственного учета, планирования и прогнозирования;

2. Увеличение производительности труда инженерно-технических работников и административно-управленческого персонала (автоматизация обработки данных и подготовки отчетной документации, оперативность и простота доступа к любой информации на различных уровнях и др.);

3. Повышение качества и оперативности управленческих решений (полнота, точность, достоверность и актуальность данных, автоматизированный анализ больших объемов данных, поддержка принятия решений и др.).

4. Оценка запасов в системе KAZRC, JORC (международная система отчетности о результатах геологоразведочных работ, ресурсах и запасах твердых полезных ископаемых) для ДЗО АО «НАК «Казатомпрома».

5. Передача данных геологоразведочных работ заказчикам, ДЗО АО «НАК «Казатомпром», в будущем едином формате ГГИС.

После доработки и адаптации к задачам и бизнес процессам АО «Волковгеология» ГГИС станет программным комплексом, вмещающим в себя функции «AtomGeo», АИС «Рудник» и других специализированных программ, применяемых АО «Волковгеология» для ввода, хранения обработки и визуализации геологических данных.

ГГИС позволит собирать, обрабатывать первичные геологические данные, строить двух и трехмерные геолого-математические модели продуктивного горизонта, различными способами рассчитывать запасы урана и другие геотехнологические показатели геологических и эксплуатационных блоков, а также визуализировать информацию о состоянии геологической среды с помощью геологических колонок, разрезов, карт и т.д.).

Весь объем информации, полученной в ходе функционирования ГГИС, хранится в базе геологических данных. Кроме хранения, база геологических данных будет обеспечивать целостность, согласованность и непротиворечивость информации различного типа.

База геологических данных будет работать под управлением свободной объектно-реляционной системы управления базами данных PostgreSQL. Все это даст существенный экономический эффект.

ТРЕНДЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ

Милокумов В.С.
ООО «Сарториус РУС», г. Санкт-Петербург, Россия

Цифровые технологии активно внедряются в самых разных сферах деятельности, в том числе и в лабораторной практике.

Компания Sartorius, являясь одним из ведущих мировых производителей лабораторного оборудования, активно внедряет цифровые технологии в своей лабораторной технике. В данном докладе рассматриваются основные требования к лабораторному оборудованию, возникающие в рамках процесса цифровизации деятельности лабораторий, а также основные принципы их реализации и применяемые технические решения на примере весов Sartorius Cubis II.

Основными целями цифровизации в лабораторной практике являются повышение эффективности путем автоматизации рабочих процессов, а также обеспечение достоверности результатов испытаний.

Автоматизация рабочих процессов может производиться путем внедрения автоматических измерительных комплексов, однако это направление сталкивается с рядом ограничений. Например, по достигаемой точности. В частности, при проведении взвешивания точность автоматических дозирующих устройств уступает ручному дозированию на 1-3 порядка [1, 2]. В связи с этим весы автоматического действия применяются, например, при контроле массы готовой продукции, но при лабораторных исследованиях не могут обеспечить необходимой точности. Кроме того, такие системы ограничивают диапазон возможных применений приборов, что также не позволяет их применять в лабораториях.

В связи с этим основное направление автоматизации в лабораториях – это автоматизация управления данными. Для этого применяются системы LIMS (Laboratory Information Management System – система управления лабораторной информацией). LIMS – это программное обеспечение, предназначенное для управления лабораторными потоками работ и документов. Оно оптимизирует сбор, анализ, возврат и отчетность лабораторных данных. Основные функциональные возможности LIMS включают регистрацию и идентификацию образцов, поступающих в лабораторию; управление заданиями на проведение исследования, в том числе взаимодействие с лабораторным оборудованием в части формирования заданий и получения результатов исследований; обработку и доставку результатов.

Одним из важных этапов внедрения LIMS является подключение к ней лабораторного оборудования. Лабораторное оборудование оснащается различными физическими интерфейсами для передачи данных, позволяющими передавать их с использованием различных форматов и протоколов.

Наиболее распространенным физическим интерфейсом в лабораторном оборудовании на данный момент является стандартный двунаправленный последовательный порт DB9 (COM-порт). Он способен передавать данные по протоколу RS-232 со скоростью до 115200 бит/с. Этот способ подключения отличается простотой и надежностью, однако имеет и ряд минусов. К ним относятся низкая скорость и дальность передачи сигнала, как следствие – низкая информативность. А также существенным является тот факт, что большинство современных персональных компьютеров не комплектуются COM-портами, а для считывания данных требуется специальная программа-терминал. Впрочем, и среди производителей лабораторного оборудования также намечается постепенный отход от порта DB9 в сторону более современного USB.

Преимущества USB очевидны: это и большая универсальность, и более высокая скорость, и дополнительный функционал. В частности, USB-порт позволяет передавать данные в режиме PC-direct, при котором прибор выступает в качестве устройства ввода и данные могут быть переданы в текстовые и табличные редакторы без использования дополнительного ПО.

Кроме того, USB-порт может использоваться для подключения периферийных устройств: сканеров штрих-кодов, RFID-меток, клавиатур, USB-flash памяти, беспроводных коннекторов Bluetooth и WiFi.

Главным же ограничением подключения по USB является ограниченная дальность – не более 5-10 метров (частично эта проблема решается применением USB-ретрансляторов, но принципиальное ограничение остается). Это создает необходимость установки рабочего компьютера непосредственно в лаборатории.

В связи с этим наиболее перспективным способом передачи данных с лабораторных приборов является сетевое подключение. Данный функционал реализован в широком спектре оборудования от самых разных

производителей, но в основном в премиальном сегменте. Например, компания Sartorius применяет сетевые технологии только в весах серии Cubis II, отличающихся максимально широким диапазоном измерений и функционалом.

Сетевое подключение позволяет (при соответствующей организации сети) установить принимающий компьютер на любом расстоянии от лабораторного оборудования. Сетевое подключение позволяет использовать как протокол RS-232 путем создания виртуального COM-порта, так и специфические сетевые протоколы передачи данных, такие как Rest API. Кроме того, сетевое подключение позволяет передавать результаты измерений в виде файлов на удаленный сервер, что невозможно сделать при любом другом способе подключения.

Передача данных с лабораторных приборов в LIMS может осуществляться самыми разными методами в зависимости от особенностей функционала конкретной системы. Большинство систем LIMS включают собственную подпрограмму-терминал для считывания данных с COM-портов (т.н. DCU – data capture utility, приложение для сбора данных). Однако, как уже было сказано ранее, главными недостатками данного способа передачи данных является ограниченная скорость и дальность передачи данных. В связи с этим в ряде систем используются и другие способы передачи данных, например, загрузка протоколов измерений с удаленного сервера.

Существуют также примеры более глубокой интеграции оборудования с системой LIMS. В частности, для весов Sartorius Cubis II разработано специальное приложение для интеграции с системой StarLIMS от американской компании Abbott Informatics [3]. Данное приложение позволяет передавать данные с весов непосредственно в интерфейс программы через протокол Rest API, то есть при подключении по сети. При этом обмен данными является двусторонним – пользователь может как передавать данные с весов в программу, так и передавать из интерфейса программы данные на весы. Отдельно стоит отметить, что сами результаты измерений сопровождаются при этом набором контекстных метаданных, что обеспечивает полную достоверность и целостность результатов измерений.

Целостность и достоверность лабораторных данных критически важны для обеспечения доверия к результатам испытаний и исследований, и в результате – к качеству продукции. Обеспечение достоверности результатов испытаний также является одной из основных целей при проведении цифровизации деятельности лаборатории.

Термин «достоверность» не имеет однозначного толкования и в данном случае применяется в значении «правильность результата измерения, отсутствие ошибок, обеспеченное техническими средствами и подтвержденное документально». Существуют различные подходы к обеспечению достоверности, реализованные в тех или иных нормативных документах, таких как ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий», или Правил надлежащей лабораторной/производственной практики.

В сфере так называемых наук о жизни (Life sciences) наиболее признанным и широко применяемым является подход ALCOA, содержащий в себе 5 основных принципов обеспечения достоверности данных:

A - attributable (соотносимые). Возможность идентифицировать человека, создавшего определенные данные или осуществившего конкретное действие.

L - legible (читаемые). Сохранение записей, сбор информации обо всех изменениях, резервное копирование и архивирование данных.

C - contemporaneous (своевременные). Данные должны совпадать по времени с выполняемым действием.

O - original (оригинальные). Оригинальные данные включают первичную или исходную регистрацию информации и все последующие данные, необходимые для реконструкции действий. Важнейшим требованием, предъявляемым к данным, является необходимость их просмотра, оценки и скрепления подписью.

A - accurate (точные). Данные должны быть точными (валидными).

Далее мы покажем, какие технические решения позволяют реализовать данные принципы и обеспечить защиту и достоверность результатов измерений на примере лабораторных весов Sartorius Cubis II.

1. Соотносимость обеспечивается следующими функциями:

- управление пользователями, позволяющее создавать учетные записи для каждого оператора;
- управление доступом, позволяющее настраивать возможность выполнения тех или иных действий каждым пользователем;
- контрольный журнал, в котором фиксируются все выполняемые действия;

- электронная подпись протокола, обеспечивающая однозначную идентификацию исполнителя.

2. Читаемость обеспечивается функциями:

- контрольный журнал;
- алиби-память, в которой хранятся все результаты измерений;
- экспорт, резервное копирование и архивирование контрольного журнала и алиби-памяти.

3. Своевременность гарантируется встроенными часами с возможностью синхронизации с сетевым сервером времени (NTP).

4. Оригинальность обеспечивается через:

- сохранение результатов измерений в алиби-памяти;
- сохранение в контрольном журнале контрольной суммы файла протокола (рассчитанной по алгоритму MD5).

5. Точность данных обеспечивается функциями:

- Автоматическая калибровка и юстировка чувствительности встроенным грузом по расписанию или при изменении температуры весовой ячейки. Настройки уровня безопасности позволяют заблокировать весы до выполнения калибровки и юстировки.
- Автоматическая система контроля горизонтальности со встроенным оптоэлектронным датчиком уровня. При отклонении от уровня на экран выводится предупреждение и запускается процесс нивелирования при помощи моторизованных регулировочных опор. Настройки уровня безопасности позволяют заблокировать весы до выполнения нивелирования.
- Автоматическая система компенсации угловой погрешности. Измеряет крутящий момент, возникающий вследствие нецентрального положения нагрузки, и компенсирует возникающую вследствие этого погрешность.
- Встраиваемый в ветрозащитную витрину ионизатор позволяет нейтрализовать статический заряда на образцах и таре, и исключить его влияние на результаты измерений. он может быть запущен как вручную, так и настроен на автоматический запуск при закрытии витрины.
- Настраиваемые измерительные задачи с пошаговыми инструкциями по их выполнению для, гарантирующими правильную последовательность выполнения операций взвешивания.

Данный комплекс решений обеспечивает полное соответствие принципам ALCOA, и таким образом, гарантирует целостность и достоверность результатов измерений. Применение данных решений с интеграцией лабораторного оборудования в систему управления лабораторной информацией, позволяет существенно повысить эффективность рабочих процессов в лаборатории за счет их цифровизации.

Список использованных источников

1. ГОСТ OIML R 76-1-2011 «ГСИ. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания».
2. ГОСТ Р 8.900-2015 «ГСИ. Весы автоматические дискретного действия для суммарного учета. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания»
3. Integration of Sartorius Cubis® II Premium Balances into STARLIMS™ from Abbott Informatics, https://www.sartorius.com/en/products/weighing/lab-weighing-resources/integration-cubis-premium-balances-starlims

ЛАБОРАТОРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА И ГЕНЕАЛОГИЯ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ. КОНСТРУКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОТЧЕТНОСТИ

[1]Слатин А.С., [2]Гурова Н.В.
[1]ТОО «findexIT», г. Астана, Казахстан
[2]АО «ТЕХНОЛИНК», г. Санкт-Петербург, Россия

В ситуации растущей конкуренции и быстрых изменений производственные предприятия и промышленные компании внедряют цифровые технологии для повышения эффективности производства. Основой успеха становится автоматизация решения сложных задач с помощью IT-систем, способствующих ускорению контроля процессов, анализа информации и, как следствие, принятия решения.

ЛАБОРАТОРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА И ГЕНЕАЛОГИЯ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ

Появлению лабораторных информационных систем на рынке предлагаемых решений в области промышленной автоматизации способствовало повышение роли аналитических лабораторий в производственном процессе в связи с общей мировой тенденцией повышения требований к качеству выпускаемой продукции. Являясь инструментом конкурентной борьбы, контроль качества представляет собой сложный процесс, пронизывающий все сферы современного предприятия. Для своего функционирования данный инструмент нуждается в оперативных и достоверных сведениях о важнейших характеристиках производимого продукта от сырья до готового товара, а единственным источником подобной информации является аналитическая лаборатория. Повышение значимости лаборатории в производственном процессе выдвинуло задачу оптимизации ее деятельности путем внедрения специализированной информационной системы, которая получила название лабораторная информационная система (далее - LIMS), позволяющая решать многочисленные задачи, стоящие перед эксплуатационным персоналом лаборатории.

Интенсивное внедрение LIMS в аналитических лабораториях, которое наблюдается в последние годы, связано с таким явлением сегодняшнего времени как четвертая промышленная революция или Industry 4.0.

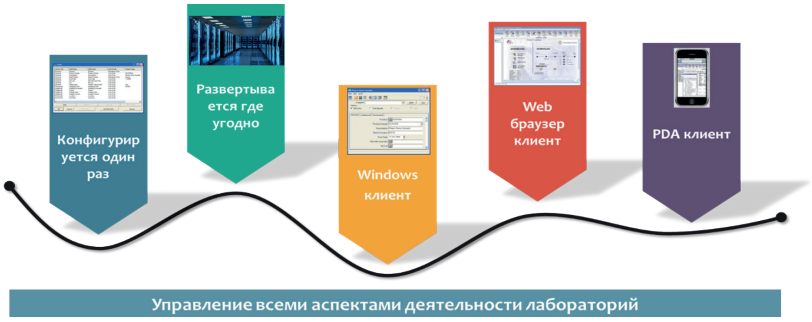
Аналитические лаборатории промышленных предприятий – важнейшие центры формирования информации о качестве сырья, полупродуктов, готовой продукции, а также происхождения (генеалогия) готовой продукции. LIMS, являясь информационной технологией, предназначенной для получения достоверной информации по результатам испытаний и оптимизации полученной информации с целью ее использования для управления производством, решает вопросы цифровой трансформации рабочих процессов лабораторий в эпоху Индустрии 4.0.

Технология LIMS проделала длинный путь с момента, когда появились первые компьютерные системы управления данными лабораторных исследований. LIMS достаточно быстро встали на коммерческие рельсы, и сейчас это развитый класс программных продуктов, представляющих собой многофункциональные решения, предназначенные для полной автоматизации информационного документооборота лаборатории и его интеграции в системы управления производством и предприятием. В сферу интересов LIMS попадает не только автоматизация повседневной работы лаборатории: планирование испытаний, проводка образцов, ввод результатов и получение отчетов и т.п., но и такие вопросы, как поддержка: производства, системы качества на предприятии, взаимоотношений с регулирующими организациями, мер по охране окружающей среды и т.д.

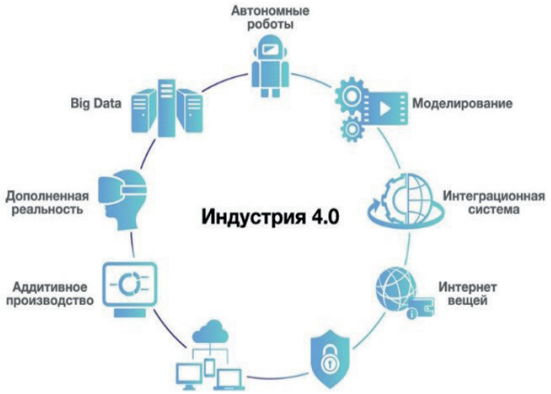
АО «НАК «Казатомпром», будучи флагманом в атомной промышленности не только в Республике Казахстан, но и в мире, следует современным тенденциям для полномасштабного внедрения информационных технологий на своих предприятиях.

Гибкий, широкий и адаптированный функционал LIMS полностью соответствует требованиям лабораторий, предоставляющих аналитическую информацию структурным подразделениям АО «НАК «Казатомпром».

Система использует все известные варианты развертывания, совместимый пользовательский интерфейс, единое приложение, различные устройства.



В эпоху «4.0» пристальное внимание заказчиков информационных систем приковано к использованию последними инструментов 4-й революции. Компания findexIT не стоит в стороне от этой животрепещущей темы, предлагая заказчикам новые технологии в части решений LIMS.



Реализовано:

– «Plug&play» AnIML (технология: включил и работай);

– Cloud & Mobile (облачные вычисления и мобильные приложения).

Будущее:

– Augemented Reality (AR) – glasses (дополненная реальность);

– Artificial Intelligence (AI) (искусственный интеллект).

Одной из важнейших задач, решаемых LIMS, является интеграции с оборудованием и смежными информационными системами предприятия для создания единого информационного поля.

ISA-95 - международный стандарт интеграции корпоративных производственных информационных систем (аналог ГОСТ Р МЭК 62264-5-2012).

В функции LIMS системы входит управление всеми данными, поступающими из разных источников (анализаторы, проводимые вручную измерения, бумажные документы - например, заказы на лабораторное исследование) и объединение этих данных в единую информационную базу любой лаборатории.

Краткий перечень функций LIMS:

– Регистрация материала, поступившего в лабораторию: LIMS обеспечивает регистрацию материала (образца) и его уникальную маркировку (например, наклейкой со штрих-кодом), с указанием дополнительных сведений о материале: тип, кем и когда получен материал и прочие;

– Регистрация заказа на исследование: в системе LIMS регистрируются виды тестов, анализов и исследований, заказанные для этого материала, а также направившее его подразделение (заказчик исследования);

– Получение и регистрация данных о результатах исследования материала с различных объектов лабораторного инструментария (анализаторов, оборудования, подключенных к LIMS и/или ручных методов измерений);

– Контроль за исполнителями исследований: кем и когда выполнен данный тест, а также записи результатов в LIMS;

– Контроль измеряемых параметров в диапазоне норм для различных групп образцов;

– Печать результатов исследований по заказчикам или группам заказчиков и по отдельным образцам в едином стандарте;

– Контроль качества работы лаборатории: LIMS позволяет вести карты контрольных материалов, ведение базы контрольных измерений по различным параметрам и оценивать средние показатели и отклонения;

– Статистическая обработка данных. Отчеты по статистике в разрезе как заказчиков, так и исполнителей исследований (персонала лаборатории), пользователей LIMS;

– Экономические расчеты. Расчеты стоимости (цены) исследования в целом и отдельно по группам заказчиков. Оценка расхода реактивов и других расходных материалов. Оценка эффективности работы персонала лаборатории и лабораторного оборудования. Контроль работы персонала с системой LIMS;

– Лабораторный журнал. Полная копия результатов исследований лаборатории за каждый день (возможность получения результатов из LIMS как на бумажных носителях, так и в электронном виде с возможностью отправки по E-mail);

– Секретность доступа к результатам исследований, хранящихся в LIMS;

– Анонимность исследования. Работа с маркированным материалом на основе только идентификационного кода материала;

– Экспорт результатов исследований в сопряженные системы.

Генеалогия готовой продукции:

Учет и контроль природного урана в уранодобывающей отрасли становится определяющей областью интереса мирового сообщества. Внедрение новых технологий переработки природного урана позволяет получать готовую экспортную продукцию непосредственно на рудниках подземного выщелачивания, поэтому есть необходимость создания базы данных урансодержащих продуктов всех предприятий, входящих в состав АО «НАК «Казатомпром», для их оперативной идентификации.

Процесс генеалогии готовой продукции в LIMS будет выглядеть следующим образом:

Преимущества для лабораторий:

– Уменьшение количества ошибок в записях, вызванных человеческим фактором. Устранение путаницы с образцами и результатами;

– Оптимизация рабочего времени сотрудников. За счет сокращения затрат времени на обработку данных или вычисление результатов;

– Сокращение цикла обработки данных. Сверка спецификаций;

– Оптимизация информационных потоков внутри лаборатории. Контроль компетенции специалистов;

– Разрешение проблем в режиме реального времени. Лабораторный контроль качества;

– Планирование деятельности лабораторий. Загруженность по персоналу, методикам.

Преимущества для предприятий:

– Оптимизация процессов лаборатории;

– Предоставление информации о качестве в смежные системы информационного поля предприятия;

– Защита интересов предприятия перед потребителем;

– Оптимизация процесса аккредитации лаборатории;

– Оперативное, автоматическое определение генеалогии ГП;

– Повышение рыночной привлекательности компании.

Таким образом, LIMS - это то, что позволит Вам управлять лабораторией, в любой момент получая оперативную информацию о её работе, сократить непроизводительные затраты лаборатории, избавиться от рукописных журналов, следить и оценивать качество исследований и получать всю необходимую по генеалогии готовой продукции.

КОНСТРУКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОТЧЕТНОСТИ

Предназначен для формирования (создания) динамических форм сбора данных, построенных на индикаторах, для дальнейшего сбора, хранения и визуализации производственных данных. Конструктор форм может использоваться для таких типов отчетов как ТО-25, ТО-1 и т.п.

Конструктор форм состоит из следующих модулей:

1. Конструирование форм;
2. Заполнение форм;
3. Ввод плановых данных;
4. Отчеты.

1. Конструирование форм – представляет собой динамическое создание форм сбора данных, или редактирование имеющихся форм, который включает в себя следующие функции:

a. Выбор месторождения (можно добавить в модуле «Администрирование», или подтягивать из ИС ЦР, или других систем) – для какого месторождения создается/редактируется форма;

b. Выбор формы – список форм для месторождения добавляется в модуле администрирование;

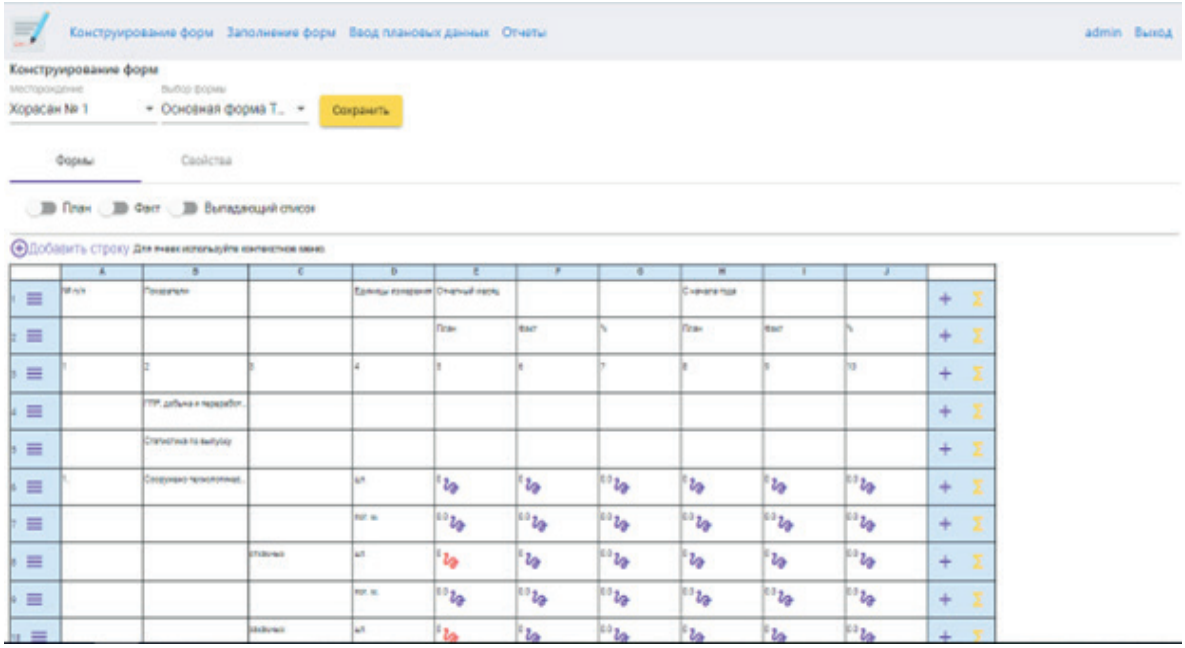
c. Конструирование форм делится на работу с формами и их свойствами:

d. Формы – включает в себя следующие функции:

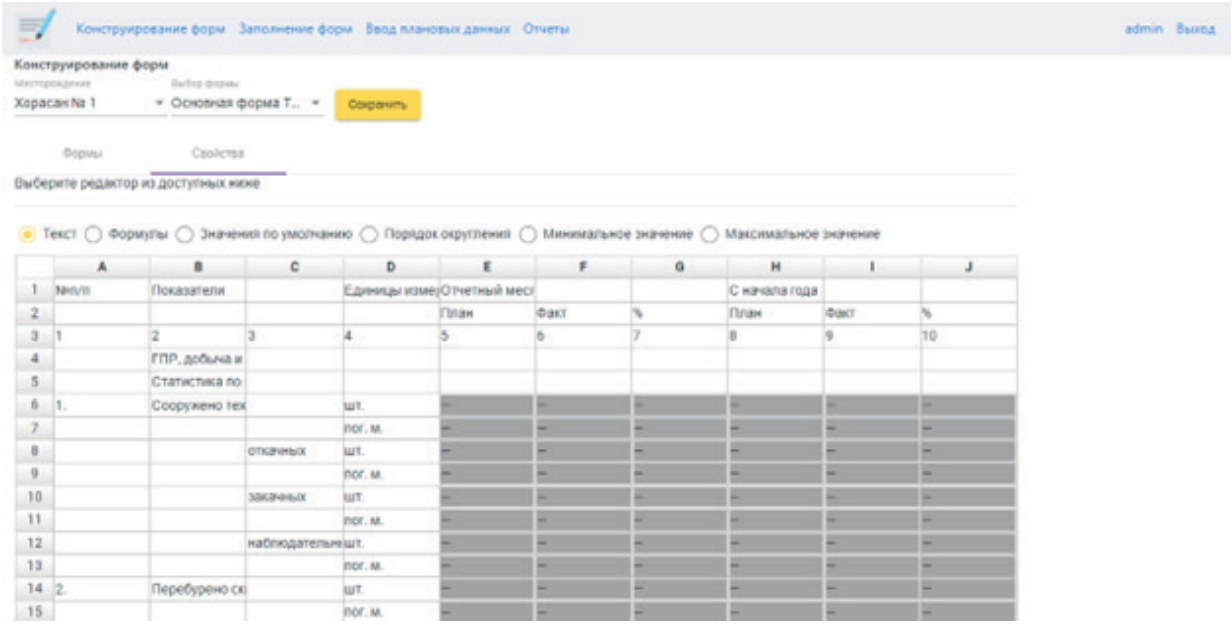
1. Добавление/удаление строк;
2. Добавление/удаление столбцов;
3. Сдвинуть строку вверх / в низ;
4. Сдвинуть столбец вверх / в низ;
5. Добавление ячейке (индикатору) признак:

a. Планового значения;

b. Фактического значения;
c. Выпадающего списка.
6. Редактирование ячейки (индикатора):
a. Указание количества знаков после запятой;
b. Наименование индикатора – уникальное имя;
c. Текст индикатора – текстовое наименование;
d. Функция индикатора – формулы, связь с другими формами;
e. Значения по умолчания;
f. Плановый индикатор.



i. Свойства - включает в себя следующие функции:
7. Добавление\редактирование текстовых полей;
8. Добавление\редактирование формул;
9. Добавление\редактирование значений по умолчанию;
10. Добавление\редактирование порядка округления;
11. Добавление\редактирование минимального значения;
12. Добавление\редактирование максимального значения.



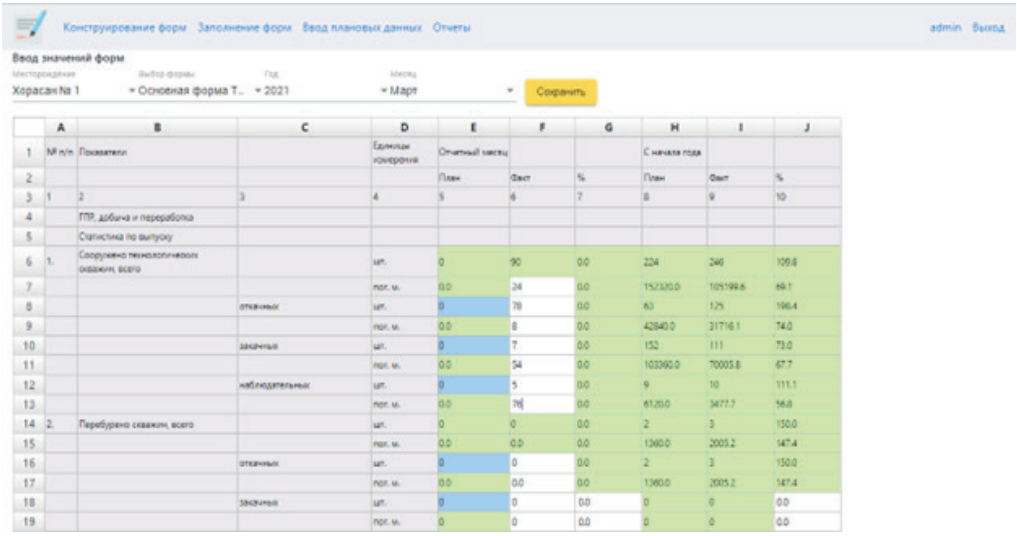
Созданная форма сбора сохраняется нажатием кнопки «Сохранить», которой присваивается версия изменения. Каждая версия сохраняется и храниться в БД.

2. Заполнение форм. Созданную в «Конструирование форм» форму сбора данных можно заполнять и сохранять по каждому ДЗО. Для этого выбираются следующие параметры:

a. Месторождение;
b. Выбор формы;
c. Год;
d. Месяц.

Плановые данные подтягиваются из формы «Ввод плановых данных», ячейки с плановыми данными подсвечиваются синим цветом. Расчетные данные выделены зеленым цветом, рассчитываются автоматически.

Заполненную форму можно сохранить. При нажатии кнопки «Сохранить» сохраняется текущая версия внесенных данных.



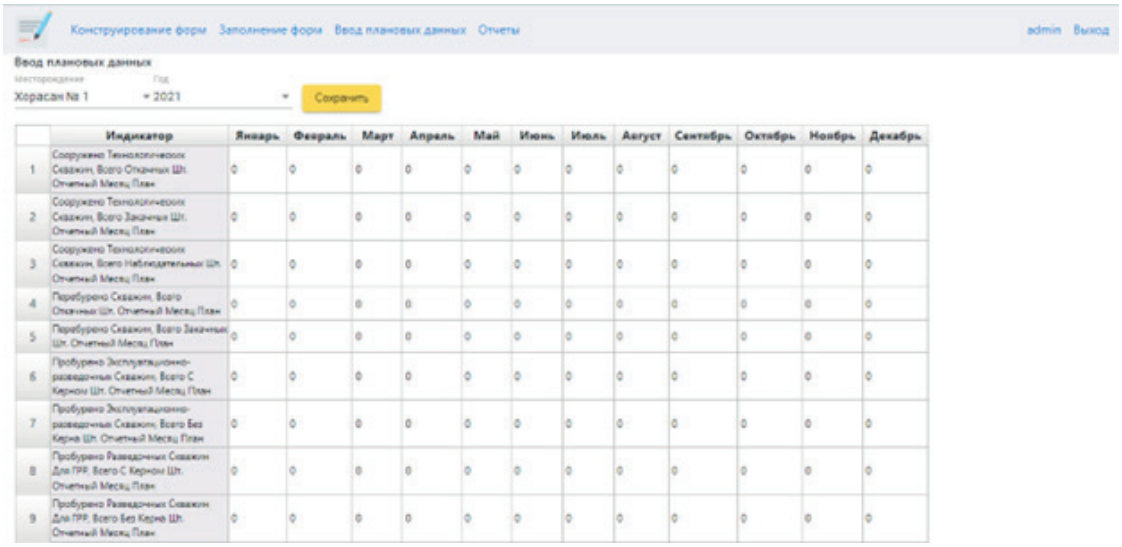
3. Ввод плановых данных

Показатели, у которых при конструировании форм в полях выбран Плановый индикатор, попадают в форму сбора данных «Ввод плановых значений». Так сделано по аналогии с формированием отчета ТО-25, где для формирования ТО-25 вначале надо заполнить планы по производству.

При вводе плановых данных выбираются следующие параметры:

a. Месторождение;
b. Год.

По необходимому индикатору (показателю) заполняется план помесячно, после заполнения выполняется сохранение плановых данных.



4. Отчеты

Просмотр и сохранение заполненных данных в различные форматы. Для этого выбираются следующие параметры:

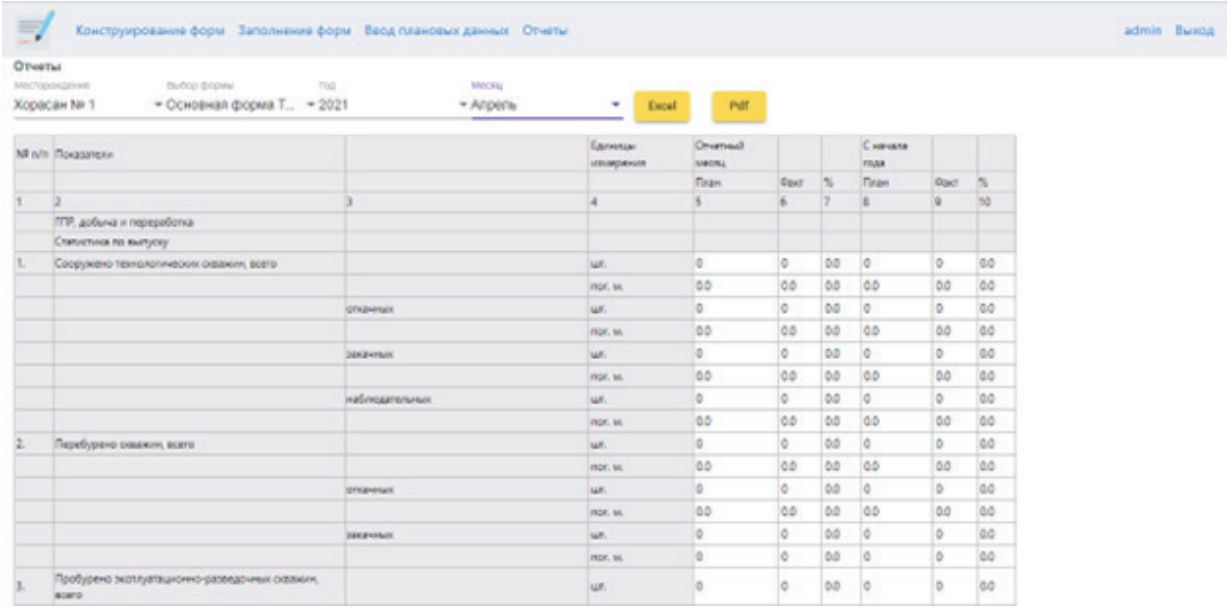
a. Месторождение;

b. Выбор формы;

c. Год;

d. Месяц.

Открывшуюся форму можно просмотреть и сохранить в Excel или PDF.



№ п/п	Показатели		Единицы измерения	Отчетный месяц			С начала года		
				План	Факт	%	План	Факт	%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ГПР, добыча и переработка								
	Статистика по выпуску								
1.	Сооружено технологических скважин, всего		шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		отказных	шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		закачных	шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		наблюдательных	шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2.	Перебурено скважин, всего		шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		отказных	шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		закачных	шт.	0	0	0.0	0	0	0.0
			пог. м.	0	0	0.0	0	0	0.0
3.	Пробурено эксплуатационно-разведочных скважин, всего		шт.	0	0	0.0	0	0	0.0

Преимущества:

– Низкая стоимость - готовая платформа, требуются только лицензии и пусконаладочные работы;

– Полностью самостоятельная работа над формами - создание формы занимает минимум времени без привлечения программистов (Low-code);

– BIG DATA - сбор и хранение больших объемов производственных данных можно передавать в другие системы или строить самостоятельные дашборды;

– Прозрачность - проверка введенных результатов в режиме реального времени;

– Окупаемость - система окупается за короткий период времени за счет своего широкого круга применения в производственных целях.

РЕШЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ, БЕЗОПАСНОСТЬЮ И АВТОМАТИЗАЦИИ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Трубанёв К.В.,
ОАО «Красцветмет», Красноярск, Россия

Красцветмет производит восемь драгоценных металлов – Au, Ag, Pt, Pd, Rh, Os, Ru, Ir, перерабатывает минеральное и вторичное сырье и выпускает продукцию с содержанием основного компонента до 99,99%. У Красцветмета несколько бизнесов: аффинаж, производство технических изделий, инжиниринг, сорбционные технологии, другие. Это химико-металлургическое предприятие, производство которого построено на пирометаллургических и гидрометаллургических технологиях. Особенность металлургии драгоценных металлов – компактность: 1 площадка, 13 тыс. единиц оборудования, 2 тыс. сотрудников, выпуск продукции около 300 тонн в год.

Поскольку в основе бизнесов лежат производственные процессы, то и цифровизация и автоматизация Красцветмета в первую очередь нацелены на улучшения основных бизнес-процессов / цепочек создания ценности бизнесов компании. Командой цифровизации Красцветмета самостоятельно или по части решений совместно с партнерами были разработаны более 40 цифровых продуктов, занявших свои места в цепочках создания ценности компании: цифровые двойники, решения по оптимальному управлению производством, рекомендательные системы по управлению оборудованием, аналитические продукты, порталы, сервисы для клиентов, видеоаналитика, бизнес-аналитика.

Ключевое решение в управлении производством оптимизирующий планировщик основного производственного потока компании - золотого потока. Золотой поток - один из 4 производственных потоков компании: 6 производственных участков, 50+ технологических операций, более 1 000 партий промпродуктов в работе в каждый момент времени, технологическое время движения сырья по основной ветке - менее 24 часов.

Оптимизирующий планировщик позволяет сократить сроки получения продукции без изменения технологий или процессов, снизить объем незавершенного производства, выстроить операционную работу сотрудников на участках и между участками. В основе оптимизирующего планировщика точно отражающая производство имитационная модель потока и быстрый оптимизатор. Планы перестраиваются несколько раз в смену и отражаются на на мониторах на участках и на ТСД (терминалах сбора данных) аппаратчиков, ведется анализ план-факта по движению партий промпродуктов и по каждому типу операций, на основании точности следования плану ставится оценка операторам на участках за каждую смену.

Прямым эффектом применения оптимизирующего планировщика стало увеличение на 7..10% скорости производства по потоку (и соответствующий финансовый эффект) при соблюдении контрактных условий и всех технологических условий работы.

Помимо прямого эффекта, оптимизирующий планировщик повлиял на операционную трансформацию производственного потока компании: это ключевой элемент для централизации управления потоком в Центре оперативного управления производством. Такой подход дает возможность управлять производством на метриках скорости потока, передач между участками, следования оптимальному плану. План-факт анализ является основой арифметики премирования сотрудников участков за смену. Централизация управления на алгоритмических методах позволяет максимально эффективно нагружать оборудование, снижать влияние «человеческого фактора» от принятия решений операторами на участках, повышает дисциплину выполнения производственных операций и в целом является шагом в пути к безлюдному производству как цели производственной компании.

За 3 года создания оптимизирующего планировщика само решение, его математика эволюционировали вместе с командой, которая собиралась вокруг управления основным производственным потоком и в итоге составила основу Центра оперативного управления производством. Операционная модель потока трансформировалась вместе с критерием оптимизации от самого быстрого плана к версии под подтверждённую бизнес-потребность с граничными условиями и далее развивается в сторону снижения нагрузки на персонал (минимизация перемещения за смену, равномерность нагрузки) при соблюдении контрактных обязательств.

Другой крупный проект для производства Красцветмета - видеоаналитика применения средств индивидуальной защиты (СИЗ) - получил в 2022 году индустриальную премию на конкурсе цифровых

проектов «Горная индустрия 4.0» MiningWorld Russia 2022 в номинации «Промышленная безопасность и охрана труда».

Система видеоаналитики СИЗ обеспечивает полный контроль наличия и правильности применения СИЗ на операциях основного производства и снижение количества нарушений почти до нуля. Система развёрнута на 189 камер, которые контролируют 12 видов СИЗ

защиты органов дыхания, органов зрения, головы, рук, туловища + контроль правильности ношения. Ключевой характеристикой системы является полное покрытие основного производства: 14 участков, 154 зоны контроля, ~700 сотрудников + контроль подрядчиков.

Применение системы сразу, с первых месяцев дало неожиданно масштабный эффект: снижение нарушений применения СИЗ составило за первый месяц в 5 раз, за 6 месяцев - в 20 раз. На текущий момент количество нарушений применения СИЗ на площадке почти нуль (первые единицы случаев) - фактически нарушение применения СИЗ ушло из причин происшествий.

Особенностью этого решения является его выполнение партнёром в виде сервисного контракта: Красцветмет платит фиксированную сумму за предоставляемую в соответствии с SLA функциональность в месяц, и полностью освобожден от инвестиций в инфраструктуру обработки данных и затрат и рисков разработки программного обеспечения.

В основе «производства будущего» - высокоавтоматизированная производственная площадка, когда все производственные процессы в высокой степени или полностью автоматизированы и их выполнение должно вовлекать немного людей или происходить полностью автоматически. Для существующего, а не создаваемого с нуля, актива с историей развития и большим количеством технологических процессов и оборудования нахождение правильной последовательности автоматизации является нетривиальной задачей.

Предыдущие попытки компании выработать стратегию автоматизации и детально определить, что такое автоматизация, какой должен быть целевой уровень автоматизации разных производственных переделов, с какого текущего уровня мы начинаем не были успешны: все они упирались в невозможность чётко сформулировать промежуточные уровни до конечного целевого состояния «всё работает автоматически».

Методологическая основа приоритезации автоматизации АП, снимающая традиционный конфликт между количеством работы и необходимым управлением – оценка уровней автоматизации в независимых шкалах 7 уровней механизации по задачам физической работы и 7 уровней управления по задачам управления. В отличие от методов измерения уровня автоматизации в одной шкале, использование двух независимых шкал позволяет в едином подходе устанавливать необходимые уровни поддержки для оператора, возможно одновременно выполняющего разные роли в производственной операции: роль «манипулятор» для задач механизации и роль «контроллер» для задач управления. Целевой уровень автоматизации единицы оборудования / цепочки / потока / производства при этом надо выбирать так, чтобы выполнять задачу наилучшим образом (где «наилучшим» - зависит от контекста и экспертной оценки).

Ключом к непопаданию в ситуацию фантазий про «неведомые космические корабли» стал принцип возможности реализации: при определении целевого уровня автоматизации предполагаем, что целевая для уровня технология механизации или управления нам известна, применима для этого промпродукта на этой операции, может быть закуплена / разработана и установлена за 2-3 года. Это дало возможность всем участникам проекта – технологам, операторам, инженерам, руководителям производства, специалистам по автоматизации, специалистам ИТ - удержаться в текущих возможностях индустрии автоматизации химии и металлургии.

Для всего производства собрали и описали более 5,5 тыс. выполняемых задач физической работы и задач управления по всем выполняемым операциям, оценили текущий, целевой и достижимый уровни автоматизации с указанием причин, проклассифицировали операции/задачи по характеристикам, являющимся важными причинами необходимости автоматизации, проставили необходимые элементы автоматизации каждой работы/операции, указали количество единиц оборудования, сформировали оценки затрат стоимости автоматизации каждой операции.

Ключевыми характеристиками оценки для причин необходимости автоматизации выбрали: контакт с вредными веществами, безопасность этой или последующих операций, обеспечение экологических требований этой или связанных операций, обеспечение качественного результата этой или последующих операций, необходимость экспертных знаний оператора для выполнения операции, высокая физическая нагрузка на оператора.

Отдельный задачей был выбор «оси» автоматизации – направления, по которому происходит движение

автоматизации: по потокам, по участкам, по технологическим цепочкам, по характеристикам выполнения задач (например, все операции с контактом с вредными веществами), по однотипным операциям автоматизации и т.п. Выбрали для себя приоритезацию по отрезкам технологических цепочек на участках т.к. отрезок является минимальным элементом получения смысла автоматизации для производства.

Приоритезацию выполняли математически по экспертно выбранным 22 из 35 факторов приоритезации и их весам. В итоге из 90 отрезков, из которых состоит производство, выбрали топ-10 приоритетных отрезков, которых достаточно для первоочередного взятия в работу по автоматизации. В сплошной приоритезации всех цепочек и всех участков нет смысла т.к. по мере постепенной автоматизации этих отрезков можно будет этим же подходом рассчитывать следующие наилучшие отрезки для автоматизации.

Топ-10 приоритетных отрезков для автоматизации с учётом уже ведущихся проектов взяты в планирование мероприятий ресурсом центра автоматизации и других подразделений, что и является основным результатом работы по стратегии автоматизации производства.

Примененный подход оценки текущего и достижимого уровня автоматизации также далее стал обязательной частью оценки всех рассматриваемых компанией инвестиционных проектов, связанных с производством.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ КРЫШКИ ЛЮКА ТРАНСПОРТНОГО УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ТУК-118, РАЗРАВНИВАНИЯ, УПЛОТНЕНИЯ, ОТБОРА ПРОБ УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТА

[1]Тулешов А.К., [2]Алтынбек А., [1]Ибраев С.М., [1]Сейдахмет А.Ж., [1]Джамалов Н.К., [1]Абдураимов А.Е., [1]Камал А.Н., РГП [1]Алимбаев Ч.А., [1]Калиев М.Ж., [1]Канапия М.О., [1]Аманов Б.О., [1]Толебаев Н.С.,

[1]РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова», г. Алматы, Казахстан

[2]ТОО «Семизбай-U», г. Астана, Казахстан

Разработка систем управления робототехническим комплексом (РТК) является одной из главных задач на всех стадиях применения РТК начиная от проектирования до их внедрения.

РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова» (ИММаш) выполнил в течение 2020-2022 гг. НИОКР в рамках договорных обязательств с ТОО «Семизбай-U» по роботизации производственных процессов добычи урана. НИОКР включал задачи по проектированию и изготовлению двух экспериментальных образцов РТК для выполнения операций открытия-закрытия крышки люка транспортно-упаковочного комплекта (контейнера ТУК-118), технологических операций разравнивания, уплотнения, отбора проб уранового концентрата для филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U». РТК предназначены для замены ручного труда при выполнении технических и технологических операций, связанных с загрузкой контейнера ТУК-118 химическим концентратом природного урана (далее – ХКПУ) и взятием пробы ХКПУ из контейнера ТУК-118.

Для указанных РТК разработаны 2 экспериментальные полуавтоматические системы управления, предназначенные для обеспечения безопасного функционирования РТК при выполнении операций:

- открытия-закрытия крышки люка транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118 и выполнения технологических операций разравнивания, уплотнения (РТК-Расталкиватель с РТК-Съемником);
- открытия-закрытия крышки люка транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118 и выполнения технологической операции отбора проб ХКПУ (РТК-Пробоотборник с РТК-Съемником).

Разработанные системы полуавтоматического управления позволяют устранить проведение вручную рабочих операций и сводят до минимума риск получения повышенных доз облучения.

Проектирование и разработка систем управления РТК ТУК-118 проходила в 2 стадии: сначала на макете РТК ТУК-118, затем на экспериментальных образцах РТК ТУК-118.

Операции по открытию-закрытию крышки люка контейнера ТУК-118, в технологических операциях разравнивания, уплотнения, отбора проб уранового концентрата производит сменный персонал цеха переработки продуктивных растворов (ЦППР) и службы технического контроля (СТК) филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U». Эти операции являются трудоемкими и сопряжены с опасностью для здоровья рабочего персонала. Для автоматизации указанных работ в ИММаш разработаны системы полуавтоматического управления разработанными двумя экспериментальными образцами робототехнических комплексов РТК-Расталкиватель с РТК-Съемником и РТК-Пробоотборник с РТК-Съемником. Системы полуавтоматического управления размещены на каркасе указанных РТК.

Изготовленная в ИММаш система полуавтоматического управления РТК позволяет управлять всем циклом описанных операций: открытия-закрытия крышки люка транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118, разравнивания, уплотнения, отбора проб уранового концентрата.

Проектирование и разработка систем управления РТК требует детального изучения всех аспектов технологического цикла и учета технических возможностей оборудования. При разработке систем управления РТК должны быть применены общеизвестные алгоритмы существующих доступных программ.

В начальный период исследований на макете РТК ТУК-118 были испытаны выбранная программа и ее совместимость программы с элементами управления. Спроектированная в ИММаш система управления собиралась на собственной научно-производственной базе. На рисунке 1 показана панель управления РТК ТУК-118, который служил базовым продуктом. В программу системы управления изначально были включены все технические характеристики контейнера ТУК-118, ХКПУ и применяемого оборудования.

На экпериментальных образцах РТК ТУК-118 системы управления выполнены отдельно для РТК-Расталкиватель, РТК-Пробоотборник и РТК-Съемник. Системы управления РТК-Расталкиватель и РТК-Пробоотборник представляют собой электрический щит, в котором установлены электронные

компоненты управления РТК-Расталкиватель и РТК-Пробоотборник. Сам электрический щит состоит из электрического автомата, драйверов двигателей и сервопривода, блока питания, двухканального реле, микроконтроллера, блока питания магнитов, актуаторов и концевых датчиков.

После монтирования системы управления были проведены работы по тестированию работы узлов РТК-Расталкиватель, РТК-Пробоотборник и РТК-Съемник под управлением системы управления.

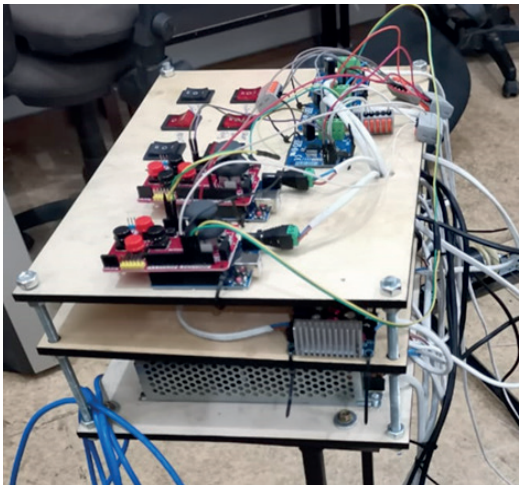


Рисунок 1 – Панель управления макета РТК ТУК-118

Испытания экспериментального образца системы управления РТК-Расталкиватель и РТК-Пробоотборник проходили на научно-производственной базе ИММаш и затем на ЦППР филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U» в октябре 2022 г. В процессе испытаний была проверена работа обоих робототехнических комплексов на открытие-закрытие крышки люка ТУК-118 расталкивание, уплотнение, отбор проб уранового концентрата.

РТК-Расталкиватель подключен к блоку управления, который имеет проводную связь с компьютером оператора. На компьютере оператора установлена программа управления РТК-Расталкивателем. В окне управляющей программы на компьютере оператора располагаются кнопки управления процессом работы по открыванию-закрыванию крышки люка, разравниванию и уплотнению слоев уранового концентрата после загрузки из фильтр-пресса.

РТК-Пробоотборник подключен к блоку управления, который имеет проводную связь с компьютером оператора (рисунок 2). На компьютере оператора установлена программа управления РТК-Пробоотборником. В окне управляющей программы на компьютере оператора располагаются кнопки управления процессом работы по открыванию-закрыванию крышки люка, отбору проб из загруженной в транспортно-упаковочный контейнер ТУК-118 массы химического концентрата природного урана.

Рисунок 2 – Испытания системы управления РТК-Пробоотборник на базе ТОО «Семизбай-U»

Выводы

Испытания систем управления экспериментальных образцов РТК-Расталкиватель, РТК-Пробоотборник и РТК-Съемник, проведенные в условиях ЦППР и СТК филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U», показали удовлетворительные результаты. Выбранная программа и элементы системы управления роботов по открытию-закрытию крышки люка ТУК-118, расталкиванию, уплотнению и отбору проб уранового концентрата соответствовали заданным параметрам. В ходе испытаний были получены предложения и рекомендации по дальнейшему усовершенствованию системы управления РТК.

В предстоящих работах по проектированию, разработке и изготовлению 2 опытно-промышленных образцов РТК ТУК-118 планируется внести соответствующие коррективы в систему управления.

Список использованных источников

1. РГП на ПХВ институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова. Отчет о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Разработка экспериментального образца робототехнического комплекса для выполнения технологических операций по загрузке ХКПУ в транспортно упаковочный контейнер ТУК-118. – Алматы, 2022. – 134 с.

2. Тулешов А.К., Дракунов Ю.М., Тулешова А.А. Моделирование динамики шагового двигателя каротажной станции// Научный журнал «Вестник НИА РК». – Алматы. – №1(35). – С.57–63.

3. High-Performance Motor Drives / Kazmierkowski M.P., Franquelo L.G., Rodriguez J. et al. // IEEE Industrial Electronics, 2016, vol. 5, no 3, pp. 6–26.

4. Lewandowski, D. Dynamical simulation of a nonlinear stepper motor system/ D. Lewandowski, J. Awrejcewicz. – 2014.– 5.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ТРАНСПОРТНОГО УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ТУК-118

[1]Тулешов А.К., [2]Алтынбек А.Д., [1]Ибраев С.М., [1]Сейдахмет А.Ж., [1]Джамалов Н.К., [1]Абдураимов А.Е., [1]Камал А.Н., [1]Алимбаев Ч.А., [1]Калиев М.Ж., [1]Канапия М.О., [1]Аманов Б.О., [1]Толебаев Н.С

[1]РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова», г. Алматы, Казахстан

[2]ТОО «Семизбай-U», г. Астана, Казахстан

Научный поиск, проектирование, разработка и внедрение робототехнических комплексов по замене трудоемких ручных операций в уранодобывающих предприятиях является приоритетной задачей внедрения политики роботизации производства на предприятиях АО «НАК «Казатомпром». Исследования, проведенные в филиале «Ирколь» ТОО «Семизбай-U», показали, что многие операции при производстве работ с химическим концентратом природного урана (ХКПУ) выполняются вручную. Одной из таких операций является операция по отбору проб из загруженной в транспортно-упаковочный контейнер ТУК-118. В филиале «Ирколь» ТОО «Семизбай-U», как и на некоторых уранодобывающих предприятиях АО «НАК «Казатомпром», готовой продукцией является ХКПУ. В свою очередь, ХКПУ загружается в транспортно-упаковочный комплект ТУК-118.

С целью контроля качества выпускаемой продукции – ХКПУ, после формирования отгружаемого количества ХКПУ на завод-переработчик с массы ХКПУ в ТУК-118 производится пробоотбор. Процесс пробоотбора ХКПУ осуществляется вручную с участием мастера и двух контролеров Службы технического контроля (СТК) посредством ручного пробоотборника.

Инициатором разработки РТК по отбору проб ХКПУ из ТУК-118 стало ТОО «Семизбай-U». В 2022г. на базе СТК филиала «Ирколь» успешно прошел испытания экспериментальный образец РТК-Пробоотборник.

Для эффективного решения данной задачи РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова» (ИММаш) выполнил в течение 2020-2022 годов НИОКР в рамках договорных обязательств по роботизации производственных процессов добычи урана по проектированию и изготовлению экспериментального робототехнического комплекса РТК-Пробоотборник, предназначенного для замены ручного труда при выполнении технических и технологических операций, связанных с отбором пробы ХКПУ с ТУК-118.

Внедрение робототехнического комплекса приводит к обеспечению безопасного функционирования при отборе проб уранового концентрата из ТУК-118, повышению уровня качества выпускаемой продукции, сокращению доли ручного труда.

Разработанный экспериментальный образец РТК-Пробоотборник предназначен для отбора проб уранового концентрата из ТУК-118, позволяет устранить проведение вручную рабочих операций и сводит до минимума риск получения повышенных доз облучения.

Операции по отборе проб уранового концентрата из ТУК-118 производит сменный персонал СТК в составе мастера и 2 контролеров. Процесс отбора проб включает технологическую операцию отбора проб (до 37 проб) по специальной схеме с дальнейшим высыпанием пробы уранового концентрата в специальную тару (противень).

При пробоотборе применяется ручной инструмент – пробоотборник трубчатого типа со специальным пазом для забора пробы ХКПУ. Роботизация данной технологической операции создает возможность замены трудоемкого ручного труда и внедрения принципа сокращения персонала, занятого на тяжелых, вредных и опасных производственных процессах, что соответствует передовой мировой практике.

Разработанный ИММаш экспериментальный образец РТК-Пробоотборник показал возможность выполнения всего цикла описанных выше операций. РТК-Пробоотборник способен выполнять следующие работы: моделировать специальную схему отбора проб, соответствующую количеству точек отбора проб в зависимости от массы загруженного ХКПУ в ТУК-118, непосредственный отбор проб автоматическим пробоотборником, перенос и высыпание пробы уранового концентрата в специальную тару (противень).

Разработанный экспериментальный образец РТК-Пробоотборник предназначен для отбора проб уранового концентрата из транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118, позволяет устранить проведение вручную рабочих операций и сводит до минимума риск получения повышенных доз облучения.

Робот выполнен по ортогональной схеме, имеющий три степени подвижности в трех взаимно-

перпендикулярных направлениях, два их которых обеспечивает движение в горизонтальной плоскости, а третья – в вертикальном направлении. Все степени подвижности конструктивно выполнены одинаково и состоят из основания, изготовленного из квадратных труб, на котором устанавливаются две направляющие. На этих направляющих установлена подвижная каретка, приводимая в движение механической передачей. Вращение вала передачи осуществляется двигателем.

В соответствии с требованиями к массе отбираемой пробы ХКПУ расчетным путем определены диаметр трубы и объем паза автоматического пробоотборника.

На базе ИММаш были выполнены тестовые испытания РТК-Пробоотборник на модельных порошках специально подготовленного состава. Произведен выбор двигателя на основании расчета усилия погружения автоматического пробоотборника в массу модельного порошка, опорожнения пробоотборника и засыпки пробы в тару.

Робот размещен в металлическом каркасе, представляющем собой конструкцию портального типа. К каркасу установлены направляющие с каретками, которые связаны между собой. На каретке вертикального движения устанавливается рабочий орган - пробоотборник.

Спроектированный в ИММаш РТК-Пробоотборник изготавливался на собственной научно-производственной базе. После изготовления были проведены работы по тестированию работы манипуляторов, автооператора и системы управления РТК-Пробоотборник. В качестве материала, на котором испытывался РТК-Пробоотборник, использовались модельные порошки. На рисунке 1 показан процесс испытаний на базе ИММаш с использованием модельного порошка.

Рисунок 1 – Тестовые испытания РТК-Пробоотборник на базе ИММаша

РТК-Пробоотборник имеет блок управления, к которому подсоединены все электрические двигатели и устройства.

На каркасе рамы установлены 2 камеры, предназначенные для правильного начального позиционирования РТК-Пробоотборник на определенной точке ТУК-118 и наблюдения за работой РТК-Пробоотборник по отбору проб по специальной схеме, переносу и высыпанию проб уранового концентрата в специальную тару (противень). Видео с камер передается на монитор.

Процесс работы РТК-Пробоотборник управляется с помощью программы управления, записанной на компьютер и соединенный проводами с блоком управления на РТК-Пробоотборник.

Компьютерная программа управляет всем технологическим процессом с использованием кнопок выполнения операций с названием на мониторе.

После установки ТУК-118 и снятия крышки люка (для которого разработан РТК-Съемник, описываемый в соответствующей статье) оператор переходит к отбору проб по специальной схеме из ТУК-118, переносу и высыпанию проб уранового концентрата в специальную тару (противень).

Проведение испытаний экспериментального образца РТК-Пробоотборник проходили в условиях СТК и ЦППР филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U» в октябре 2022 г. В процессе испытаний была проверена работа робототехнического комплекса при выполнении технических и технологических операций, связанных с отбором проб по специальной схеме из ТУК-118, переносу и высыпанию проб уранового концентрата в специальную тару (противень).

Выводы

Проведенные испытания экспериментального образца РТК-Пробоотборник, которые проводились в условиях СТК и ЦППР филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U», показали удовлетворительные результаты работы РТК-Пробоотборник по отбору проб по специальной схеме из ТУК-118, переносу и высыпанию проб уранового концентрата в специальную тару (противень).

Научно обоснованный подбор модельных порошков и проведенные тестовые испытания на них способствовали проведению дальнейших успешных испытаний РТК-Пробоотборник в реальных производственных условиях.

Симбиоз применения теоретических знаний ученых ИММаш и производственный опыт специалистов ТОО «Семизбай-U» в разработке и испытании экспериментального образца РТК-Пробоотборник показал возможность расширенного внедрения элементов Индустрии 4.0 на предприятиях АО «НАК «Казатомпром».

В дальнейшем планируется проектирование опытно-промышленного образца РТК-Пробоотборник с учетом результатов испытаний.

Список использованных источников

1. РГП на ПХВ институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова. Отчет о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Разработка экспериментального образца робототехнического комплекса для выполнения технологических операций по загрузке ХКПУ в транспортно упаковочный контейнер ТУК-118. – Алматы, 2022. – 134 с.

2. Тулешов А.К., Дракунов Ю.М., Тулешова А.А. Моделирование динамики шагового двигателя каротажной станции// Научный журнал «Вестник НИА РК». – Алматы. –№1(35). – С. 57–63.

3. High-Performance Motor Drives / Kazmierkowski M.P., Franquelo L.G., Rodriguez J. et al. // IEEE Industrial Electronics, 2016, vol. 5, no 3, pp. 6–26.

4. Lewandowski, D. Dynamical simulation of a nonlinear stepper motor system/D. Lewandowski, J. Awrejcewicz, 2014, 5.

КОМПЛЕКСНАЯ РОБОТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА «ИРКОЛЬ» ТОО «СЕМИЗБАЙ-U»)

[1]Тулешов А.К., [2]Алтынбек А.Д., [1]Ибраев С.М., [1]Сейдахмет А.Ж., [1]Джамалов Н.К., [1]Ешмухаметов А.Н., [1]Абдураимов А.Е., [1]Камал А.Н., [1]Алимбаев Ч.А., [1]Калиев М.Ж., [1]Канапия М.О., [1]Аманов Б.О., [1]Толебаев Н.С.

[1]РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова», г. Алматы, Казахстан

[2]ТОО «Семизбай-U», г. Астана, Казахстан

Согласно данным мониторинга, проведенного РГП на ПХВ «Институт механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова» Комитета науки МОН РК (далее – ИММаш) и Институтом организации и автоматизации промышленного производства общества Фраунгофера IFF (Германия), более 80% предприятий Казахстана находится на уровне «Индустрии 2.0», около 16% приближается к «Индустрии 3.0». Внедрение современных цифровых технологий и средств робототехники позволяет качественно улучшить уровень интеллектуализации производства. В то же время внедрение робототехнических систем и цифровых технологий в Казахстане находится в неудовлетворительном состоянии. Несмотря на лидирующее положение Казахстана как по разведанным запасам залежей урана, так и по объемам его добычи, уровень автоматизации и роботизации технологических процессов по добыче урана остается на довольно низком уровне. Бесспорно, что снижение доли ручного труда в технологических процессах и внедрение современных технологий являются приоритетной задачей для атомной промышленности Казахстана.

Комплексная роботизация технологических операции урановой отрасли АО «НАК «Казатомпром» создает возможность замены трудоемкого ручного труда и внедрения принципа сокращения персонала, занятого на тяжелых, вредных и опасных производственных процессах, и перехода на принцип производства работ при помощи высококвалифицированного инженерного персонала и роботизированных комплексов. В итоге повышается культура производства и квалификационный уровень производственного персонала.

Проведенный глобальный анализ динамики аномалий и отклонений в работе АЭС по шкале INES в предприятиях АО «Росатом» показал: отказы оборудования обусловлены недостатками функций самодиагностики и выявления дефектов, чаще всего происходят из-за скрытых недостатков, которые не удалось выявить в процессе изготовления, монтажа и наладки.

Обеспечение безопасного функционирования и стабильности производственных участков, уровня качества выпускаемой продукции и сокращение доли ручного труда связано с внедрением проектов на основе сквозных технологий для постепенного перехода к «безлюдному» производству. Повышение уровня надежности, своевременное обнаружение и устранение отказов и отклонений в работе оборудования требует внедрения современных методов автоматизированного неразрушающего контроля, средств робототехники и искусственного интеллекта.

Учитывая все вышеназванное, ТОО «Семизбай-U» с 2020 г. инициировало начало проведения комплексных НИОКР касательно комплексной роботизации технологических процессов уранового производства (на примере филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U»).

Для эффективного решения обозначенного комплекса вопросов ИММаш приступил к выполнению НИОКР в рамках договорных обязательств по роботизации производственных процессов добычи урана методов ПСВ на примере филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U».

Казахстан занимает лидирующее положение в мире как по разведанным запасам залежей урана, так и по объемам его добычи. Задача автоматизации и роботизации технологических процессов по добыче урана относится к приоритетным направлениям развития АО «НАК «Казатомпром» (далее - Компания). При осуществлении своей производственной деятельности Компания также намерена уделять большое внимание охране труда и здоровья своих работников, охране окружающей среды, промышленной безопасности и экологической ответственности. Комплексная роботизация технологических операций уранового производства создает возможность замены трудоемкого ручного труда и сокращения персонала, занятого на тяжелых, вредных и опасных производственных процессах, что будет соответствовать передовой мировой практике. Разработка и внедрение робототехнических комплексов и их применение на современном производстве напрямую приводит к повышению профессиональной безопасности, к снижению риска получения повышенных доз облучения, в особенности источниками ионизирующих

излучений при производстве вручную рабочих операций, связанных с концентрированными урановыми растворами, вредными химическими реагентами и прочими изделиями (ХКПУ – химический концентрат природного урана, ЗОУ – закись-окись урана и др.).

Внедрение современных цифровых технологий и средств робототехники позволяет повысить уровень производительности и интеллектуализации производства. Достижение технологического лидерства, повышение культуры производства и квалификационного уровня производственного персонала предполагает техническую модернизацию производственных процессов в соответствии с требованиями современности и внедрение ключевых технологий роботизации, автоматизации и цифровизации на всех этапах жизненного цикла изделий.

В рамках выполнения серий НИОКР по заданию ТОО «Семизбай-U» ИММаш за 2020-2021 годы разработал 7 макетов робототехнических комплексов (далее – РТК), а за 2021-2022 годы разработал экспериментальный образец РТК по выполнению операций, связанных с загрузкой ХКПУ в транспортно-упаковочный комплект ТУК-118 (далее – контейнер ТУК-118). Научный поиск, проектирование и разработка РТК были ориентированы на технологические процессы, операции, напрямую связанные с добычей и переработкой урана в ТОО «Семизбай-U». При этом область поиска включала все урановые предприятия Компании и зарубежный опыт, касающийся атомной промышленности.

Работы по разработке РТК начаты ИММаш в 2020 году совместно с сотрудниками ТОО «Семизбай-U». Выполнен анализ технологических процессов и рабочих операций, степени автоматизации и роботизации в Компании, дано обоснование выбора направлений работ по разработке РТК. При ознакомлении с основными технологическими операциями с ХКПУ и изучении степени автоматизации в производственных цехах установлено, что основные технологические и транспортные операции механизированы, для реализации функций контроля и управления процессом получения урансодержащего раствора из продуктивных растворов, поступающих с геотехнического поля месторождения «Ирколь», внедрена автоматизированная система управления. Однако имеются трудоемкие рабочие операции, связанные, например, с затариванием готовой продукции - ХКПУ в контейнер ТУК-118 и др., выполняемые вручную и представляющие некоторую опасность для работников. Разработаны предложения по внедрению современных технологий робототехники и обоснование производственной необходимости на основе изучения существующих роботов в мировой атомной энергетике. Предложены предварительные решения (технические предложения) по следующим задачам:

1-**РТК для перерабатывающего цеха:**

• РТК для замены ручного труда при выполнении технических и технологических операций, связанных с загрузкой ХКПУ в контейнер ТУК-118, предназначенные для сведения до минимума риска получения повышенных доз облучения при производстве вручную рабочих операции, связанных с затариванием концентрированного уранового раствора и прочих изделий;

• РТК для мониторинга и неразрушающего контроля состояния технологических емкостей, предназначенный для роботизации процесса постоянного мониторинга степени разъедания внутренних поверхностей резервуаров и состояния сварочных швов с использованием современных методов диагностики;

• РТК для автоматического определения уровня залегания песка и ила на дне технологических емкостей без проникновения внутрь емкостей методами диагностики и неразрушающего контроля;

• РТК для решения технических задач при приготовлении технологических растворов, предназначенный для сведения до минимума риска получения производственных травм, увечий при обращении с опасными и вредными химическими реагентами, применяемыми в производстве

2-**РТК для геотехнологического добычного участка:**

• РТК для ремедиации загрязненных почв и грунтов, позволяющий своевременно выявлять и устранять неполадки в работе оборудования, повысить качество экологического состояния полигонов;

• РТК для постоянного мониторинга состояния объектов на геотехнологическом полигоне скважин, представляющий собой мобильную шагающую платформу, оснащенную системой технического зрения, прибором для определения уровня радиации на полигоне и другой аппаратурой внешнего наблюдения, облегчающего работу «обходчика»;

• РТК для внутритрубной диагностики состояния подземных и наземных трубопроводов для технологических жидкостей, который позволит вести мониторинг состояния трубопроводов на геотехнологическом полигоне скважин, уровня заполненности трубопроводов песком и илом, устранить потери, связанные с аварийной утечкой в трубопроводах.

3-РТК для загрузки ХКПУ в контейнер ТУК-118 предназначен для полной автоматизации всего

комплекса технологических операций по загрузке конечной продукции, выполняемых в настоящее время вручную:

- снятие/закрытие крышки люка ТУК-118;
- разравнивание ХКПУ внутри контейнера и равномерное заполнение ТУК-118;
- уплотнение «желтого кека» после каждой операции загрузки;
- отбор проб ХКПУ с помощью пробоотборника.

В настоящее время все указанные операции выполняются с помощью ручных инструментов аппаратчика/контролера СТК: лом, лопата, разравниватель, уплотнитель (т.н. трамбователь). Загрузка с фильтр-пресса производится несколькими порциями в 3-4 хода, поскольку при засыпке КУ образуется характерный «бугорок» внутри тары, который каждый раз приходится разравнивать и расталкивать по бокам вручную. После этого содержимое контейнера уплотняется для того, чтобы вместился весь запланированный объем груза.

После заполнения ТУК-118 ХКПУ производится его предварительное взвешивание, отбор проб специальным пробоотборником, после чего производится окончательное взвешивание и опломбирование с привлечением сотрудников Отдела технического контроля. Операции взвешивания ТУК-118, пробоотбора и пробоподготовки производится сменным персоналом, состоящим из трех контролеров и мастера участка. Персонал ОТК также производит входной контроль ТУК-118 путем разлюковки ТУК-118, проверки на герметичность. В ходе осуществления входного контроля опорожненных ТУК-118, заполнения ТУК-118 ХКПУ и выходного контроля ТУК-118 с ХКПУ сменный персонал участков УППР и ОТК не менее 8 раз производит травмоопасные операции по снятию и закрытию крышки люка ТУК-118 (вручную двумя аппаратчиками), который весит 45 кг. При этом крышка находится на уровне груди, что создает дополнительные неудобства. Рабочие при этом стоят на краю вагонетки или на внешней кромке весов, т.е. могут оступиться и упасть. Разравнивание и уплотнение КУ в контейнере с целью его равномерного заполнения и уплотнения также выполняется вручную, стоя на самом краю контейнера или вагонетки. Кроме того, отбор проб после завершения взвешивания груза также производится вручную двумя аппаратчиками, стоя на краю контейнера. Опасность для персонала могут представлять имеющиеся в атмосфере радиоактивные вещества семейства урана в виде пыли и аэрозольных частиц из-за запыленности рабочего места, особенно при вдыхании и проглатывании этих частиц.

В настоящее время разработан экспериментальный образец РТК с тремя рабочими органами: разравниватель/уплотнитель, пробоотборник и съемник для крышки ТУК-118.

Внедрение РТК-ТУК-118 позволит:

- заменить трудоемкий ручной труд;
- внедрить принцип обеспечения безопасности рабочих, занятых на тяжелых, вредных и опасных производственных процессах;
- повысить культуру производства;
- повысить квалификационный уровень производственного персонала.

В состав РТК входит манипулятор гибридной структуры с двумя рабочими органами (разравниватель/уплотнитель и пробоотборник) и автооператор снятия/закрытия крышки с электромагнитным схватом. Оригинальность технического решения состоит в многофункциональности РТК с мобильной платформой и с несколькими рабочими органами, что не имеет аналогов в мировой практике робототехники. Управление РТК-ТУК-118 на первоначальной стадии будет полуавтоматическим с дальнейшей интеллектуализацией задачи после экспериментальной проверки и практического изучения всех особенностей выполнения операции затаривания. Предварительные экспериментальные работы показали правильность предлагаемых решений и полную работоспособность выбранной схемы РТК с гибридной структурой и с несколькими рабочими органами.

2. Роботизированная мобильная платформа (РПМ) для мониторинга и неразрушающего контроля толщины стенок технологических емкостей выполняет следующие задачи: оперативный мониторинг толщины стенок технологических емкостей и состояния сварочных швов в автоматическом режиме, отслеживание состояния оборудования в реальном масштабе времени, предупреждение аварий и утечек содержимого емкостей.

В состав РПМ входят: промышленный квадрокоптер, цифровой толщиномер и специальный манипулятор для выдвижения толщиномера (разработка ИММаш) и система беспроводной передачи данных измерения.

В настоящее время выполнение замеров толщины стенок емкостей по всей высоте невозможно,

применение лесов и телескопических подъемников трудоемко, затратно и травмоопасно. Предлагаемое решение является уникальным, так как в настоящее время не существует готовых решений на рынке робототехники. Полностью исключается травматизм при работах на высоте, не требует дополнительных материальных и временных затрат на сооружение лесов, услуги верхолазов и МШТС и т.п.

3. Роботизированная мобильная платформа для измерения уровня песка на дне резервуаров необходима для оперативного определения уровня залегания песка и ила на дне технологических резервуаров, мониторинга уровня песка в технологических емкостях современными техническими средствами неразрушающего контроля.

В ее состав входят: специализированная роботизированная мобильная платформа, беспроводный плоскопанельный цифровой детектор-радиограф, регистратор гамма-излучения и система беспроводной передачи данных.

Оперативный мониторинг уровня песка/ила, особенно в сборных емкостях ПР, позволяет своевременно производить их очистку, не допускать загрязнения ПР мехвзвесями и исключить их вредное влияние на весь технологический цикл.

Достоинства технического решения: на рынке промышленных измерительных приборов нет готовых решений, позволяющих напрямую производить подобные измерения. Предлагаемый метод цифровой радиографии уникален тем, что позволяет оперативно отслеживать уровень залегания песка, передавать данные измерений по беспроводной сети, нет необходимости в использовании расходных материалов.

4. Робототехнический комплекс для приготовления технологических растворов из сыпучих реагентов выполняет следующие задачи: автоматизация распаковки мешков с аммиачной селитрой, обеспечение безопасности производственных участков, сокращение доли ручного труда на вредных и травмоопасных участках производства, повышение производительности труда. В его состав входят: лоток специализированной конструкции, манипулятор для разрезания биг-бэгов, интеллектуальная система с автоматическим измерителем нитрат-ионов и кислотомером, устройство для растворения слежалой массы селитры, монитор, пульт управления и система беспроводной передачи данных.

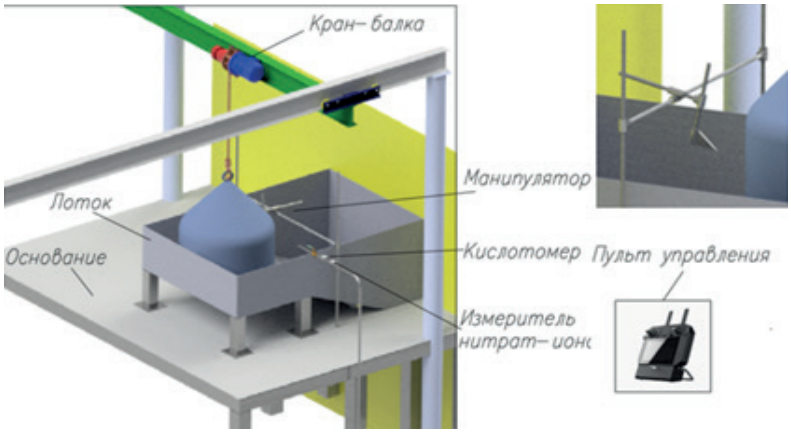


Рисунок – 1 – 3D-модель РТК-РаспаковщиК

Предлагаемый робототехнический комплекс по распаковке биг-бэгов с аммиачной селитрой также не имеет аналогов.

5. Робототехнический комплекс для ремедиации загрязненных почв, грунтов предназначен для выполнения следующих целей: обнаружение и оперативное устранение аварийных розливов зараженных почв грунтов на геотехнологическом полигоне скважин средствами мониторинга и селективной, точечной ремедиации, охрана труда и здоровья работников.

Состав РТК-ремедиатора: мобильная гусеничная платформа с системой управления, манипуляционный блок, сменные устройства для выемки грунта, устройство для забора проб грунта, система технического зрения и система анализа ионизирующего излучения проб.

Функции РТК-ремедиатор: автономная локомоция по неструктурированной местности и обнаружение мест розливов, проведение замеров ионизирующего излучения и закисленности грунта на участках розлива, мониторинг зон розливов в автоматическом и полуавтоматическом режимах и оценка площади, глубины и 3D-формы розлива и загрузка зараженного грунта на приемную тележку.

Предложено комплексное решение сложнейшей технической задачи, совмещающее в одном РТК ряд

технологических операций. Подобных решений не существует на рынке робототехнической продукции. На данном этапе выполнено виртуальное 3D-моделирование и дизайн РТК, разработан действующий демонстрационный макет, которые показали правильность предлагаемых решений и полную работоспособность выбранной схемы РТК.

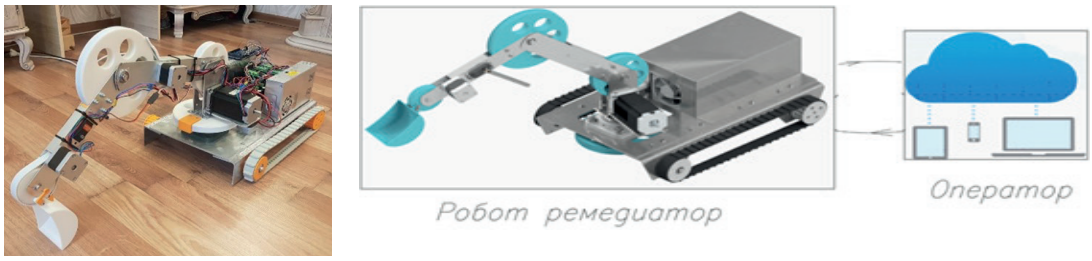
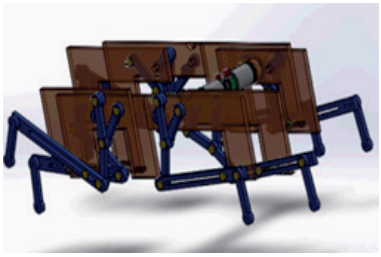


Рисунок – 2 – РТК-ремедиатор

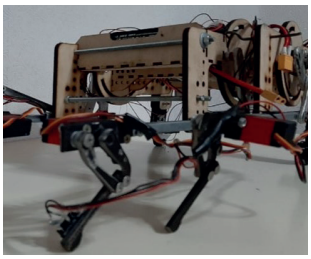
6. Мобильный шагающий робот для инспекции состояния объектов на геотехнологическом полигоне скважин предназначен для постоянного мониторинга состояния объектов на геотехнологическом полигоне скважин в реальном режиме времени, контроля экологической и радиационной обстановки на полигоне. В состав РТК входят: шагающий робот с мобильной платформой, система управления, информационно-сенсорная система, георадар, программный пакет 3D-сканирования и визуализации, центр онлайн-мониторинга.

Достоинства технического решения: снижение физической нагрузки на оператора ГТС при ежесменном обходе десятка километров ГТП и более сотни объектов, оперативное реагирование на возможные аварийные розливы и нештатные ситуации. Использование шагающего движителя дает дополнительные преимущества: высокая проходимость, неограниченный диапазон адаптации к неровностям поверхности, малые удельные энергетические затраты для передвижения по пересеченной местности и сыпучему грунту.

Выполнено виртуальное 3D-моделирование РТК, разработан действующий макет адаптивного робота, показавший полную работоспособность предлагаемого решения.



а)



б)

Рисунок – 3 – а) 3D-модель в программной среде SolidWorks; б) действующий макет шагающего робота

7. Мобильный внутритрубный робот для инспекции трубопроводов предназначен для мониторинга и своевременного контроля состояния трубопроводов, степени наполненности их песком и илом, оперативного неразрушающего контроля состояния трубопроводов при их монтаже и эксплуатации.

Состав робота для внутритрубной диагностики: мобильный робот с адаптивным движителем, приборы сканирования и визуализации, программный пакет 3D сканирования, пульт мониторинга, система беспроводной передачи данных и система управления в режиме реального времени.

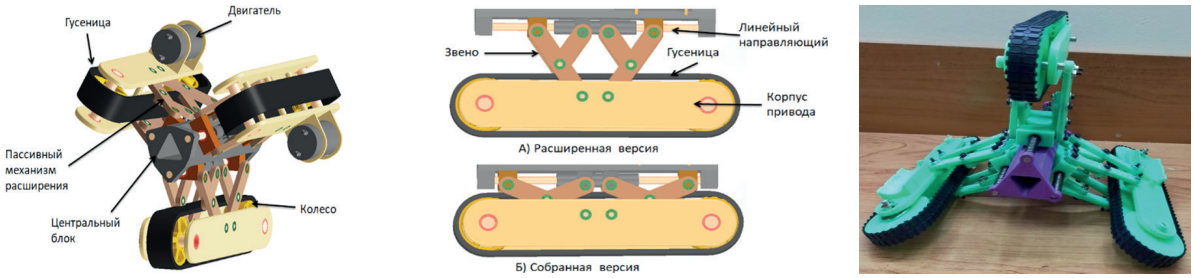


Рисунок – 4 – 3D-дизайн робота с механизмом адаптации и действующий макет

Достоинства технического решения: высокая проходимость, широкий диапазон адаптации к диаметру трубопроводов, малые удельные энергетические затраты и автономное питание для передвижения внутри трубопроводов, современный модуль беспроводного управления с радиусом действия 10 км. Выполнено виртуальное 3D-моделирование робота-ВТД, разработан действующий макет адаптивного робота, показавший полную работоспособность предлагаемого решения.

Выводы

Выполнен анализ технологических процессов и рабочих операций, степени автоматизации и роботизации в Компании, дано обоснование выбора направлений работ по разработке робототехнических комплексов (РТК). Разработаны предложения по внедрению современных технологий робототехники и обоснование производственной необходимости на основе изучения существующих роботов в мировой атомной энергетике.

Разработан РТК для замены ручного труда при выполнении технических и технологических операций, связанных с загрузкой транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118 (с рабочим названием «РТК ТУК-118»), предназначенного для сведения до минимума риска получения повышенных доз облучения при производстве вручную рабочих операций, связанных с затариванием концентрированного уранового раствора и прочих изделий (ХКПУ – химический концентрат природного урана, ЗОУ – закись-окись урана и др.).

Разработан РТК для мониторинга и неразрушающего контроля состояния технологических емкостей (с рабочим названием «РТК-толщиномер»), предназначенный для роботизации процесса постоянного мониторинга степени разъедания внутренних поверхностей резервуаров и состояния сварочных швов с использованием методов диагностики и неразрушающего контроля.

Разработан РТК для автоматического определения уровня залегания песка и ила на дне технологических емкостей без проникновения внутрь резервуаров продуктивных и выщелачивающих растворов (ПР и ВР) методами диагностики и неразрушающего контроля.

Разработан РТК для внутритрубной диагностики состояния подземных и наземных трубопроводов для технологических жидкостей (с рабочим названием «РТК-ВТД»), который позволит вести мониторинг состояния трубопроводов на геотехнологическом полигоне скважин, уровня заполненности трубопроводов песком и илом, устранить потери, связанные с аварийной утечкой в трубопроводах.

Разработан РТК для постоянного мониторинга состояния объектов на геотехнологическом полигоне скважин («РТК-ГТП»), представляющий собой мобильную шагающую платформу, оснащенную системой технического зрения, прибором для определения уровня радиации на полигоне и другой аппаратурой внешнего наблюдения, облегчающей работу «обходчика».

Разработан РТК для ремедиации загрязненных почв и грунтов (с рабочим названием «РТК-ремедиатор»), позволяющий своевременно выявлять и устранять последствия аварийных розливов, обеспечить автоматизацию и интеллектуализацию мероприятий по селективной точечной ремедиации почв, повысить качество экологического состояния полигонов

Разработан РТК для решения технических задач при приготовлении технологических растворов (с рабочим названием «РТК-распаковщик»), предназначенный для сведения до минимума риска получения производственных травм, увечий при обращении с опасными и вредными химическими реагентами, применяемыми в производстве.

Список использованных источников

1. РГП на ПХВ институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова. Отчет о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Комплексная роботизация технологических процессов уранового производства (на примере филиала «ИРКОЛЬ» ТОО «СЕМИЗБАЙ-U»). – Алматы, 2021. – 333 с.

2. https://www.mhi.com/ products/energy/ meister.html

3. Multi-Functional Underwater Inspection System SUSI Submarine-Based Inspection.– AREVA NDE-Solutions, ANP:U-254-V3-13-ENG, http://us.areva.com/home/liblocal/docs/Catalog/PWR/ ANPU254V313ENG susi.pdf

4. Щербаков М.В. Роль роботов и робототехнических комплексов при ликвидации радиационной аварии на АЭС Фукусима-1, Российский государственный социальный университет, Москва, январь 2013.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗРАВНИВАНИЯ, УПЛОТНЕНИЯ УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТА В ТРАНСПОРТНЫЙ УПАКОВОЧНЫЙ КОНТЕЙНЕР ТУК-118

[1]Тулешов А.К., [2]Алтынбек А.Д., [1]Ибраев С.М., [1]Сейдахмет А.Ж., [1]Джамалов Н.К., [1]Абдураимов А.Е., [1]Камал А.Н., [1]Алимбаев Ч.А., [1]Калиев М.Ж., [1]Канапия М.О., [1]Аманов Б.О., [1]Толебаев Н.С.

[1]РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова», г. Алматы, Казахстан

[2]ТОО «Семизбай-U», г. Астана, Казахстан

Урановая отрасль является высокотехнологичным наукоемким производством. Единственным национальным оператором по добыче природного урана в Казахстане является АО «НАК «Казатомпром».

Проведение научного поиска, проектирование, разработка, изготовление и применение робототехнических комплексов в производственном цикле добычи и переработки урана в предприятиях АО «НАК «Казатомпром» является одним из требований внедрения элементов Индустрии 4.0, поддержанных на государственном уровне.

Одним из примеров внедрения элементов Индустрии 4.0 в ТОО «Семизбай-U» является проведение НИОКР по поиску, обоснованию и разработке экспериментального образца робототехнического комплекса (РТК) по разравниванию, уплотнению (РТК- Расталкиватель) загруженной массы химического концентрата природного урана (ХКПУ) при порционной загрузке ХКПУ в транспортно-упаковочный комплект ТУК-118. Следует отметить, что разработка и внедрение данного типа РТК решает только часть общей комплексной задачи по роботизации ручных трудоемких технологических процессов.

Внедрение робототехнического комплекса приводит к обеспечению безопасного функционирования при разравнивании, уплотнении уранового концентрата в транспортно-упаковочном контейнере ТУК-118, повышению уровня качества выпускаемой продукции, сокращению доли ручного труда.

Для эффективного решения обозначенного комплекса вопросов РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова» (ИММаш) выполнил в течение 2020-2022 гг. НИОКР в рамках договорных обязательств по роботизации производственных процессов добычи урана по проектированию и изготовлению экспериментального РТК-Расталкиватель, предназначенного для замены ручного труда при выполнении технических и технологических операций, связанных с загрузкой транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118.

Разработанный экспериментальный образец РТК-Расталкиватель предназначен для разравнивания, уплотнения уранового концентрата в транспортно-упаковочный контейнер ТУК-118, позволяет устранить проведение вручную рабочих операций и сводит до минимума риск получения повышенных доз облучения.

Операции по загрузке уранового концентрата в ТУК-118 производит сменный персонал цеха переработки продуктивных растворов филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U» (ЦППР). Процесс загрузки включает технологическую операцию загрузки ХКПУ с фильтр-пресса, которая производится несколькими порциями (5-6 раз). Требуется разравнивание призмообразного «бугорка» с целью недопущения пересыпания ХКПУ наружу и уплотнение уранового концентрата внутри контейнера для формирования требуемого количества ХКПУ.

В процессе загрузки ХКПУ в ТУК-118 производится разравнивание и уплотнение массы ХКПУ вручную, силами аппаратчиков РРЭ ЦППР.

Комплексная роботизация таких технологических операций создает возможность замены трудоемкого и вредного ручного труда и внедрения принципа сокращения персонала, занятого на тяжелых, вредных и опасных производственных процессах, что соответствует передовой мировой практике.

Разработанный ИММАш экспериментальный образец РТК-Расталкиватель позволяет выполнить весь цикл описанных выше операций. Для роботизации указанных выше работ был спроектирован и предложен робототехнический комплекс РТК-Расталкиватель, который выполняет следующие работы: равномерное разравнивание, уплотнение характерного «бугорка» в виде треугольной призмы ХКПУ внутри ТУК-118 и его уплотнение после каждой операции загрузки ХКПУ с фильтр-пресса.

Робот выполнен по ортогональной схеме, имеющий три степени подвижности в трех взаимно-перпендикулярных направлениях, два их которых обеспечивает движение в горизонтальной плоскости, а третья – в вертикальном направлении. Все степени подвижности конструктивно выполнены одинаково и состоят из основания, на котором устанавливаются две направляющие. На этих направляющих

установлена подвижная каретка, приводимая в движение механической передачей. Вращение вала передачи осуществляется двигателем.

По результатам исследований гранулометрического состава и свойств ХКПУ при различной влажности были разработаны требования к модельному составу порошка, имитирующего свойства ХКПУ.

На базе ИММаш были выполнены тестовые испытания РТК-Расталкиватель на модельных порошках специально подготовленного состава. Проведены исследования по тестовой проверке усилия расталкивания массы модельного порошка.

Робот размещен в металлическом каркасе, представляющем собой конструкцию портального типа и сваренном из квадратных труб. К каркасу приварены поперечные трубы с противоположных сторон, на каждой из которых установлены направляющие с каретками. Двигатели этих двух кареток работают синхронно и обеспечивают согласованное их движение. На каретке устанавливается рабочий орган – расталкиватель (разравниватель).

Спроектированный в ИММаш РТК-Расталкиватель изготавливался на собственной научно-производственной базе. После изготовления были проведены работы по тестированию работы манипуляторов, автооператора и системы управления РТК-Расталкиватель. В качестве материала, на котором испытывался РТК-Расталкиватель, использовались модельные порошки. На рисунке 1 показан процесс испытаний на базе ИММаш с использованием модельного порошка.

Рисунок 1 – Тестовые испытания РТК-Расталкиватель на базе ИММаша

РТК-Расталкиватель имеет блок управления, к которому подсоединены все электрические двигатели и устройства.

На каркасе рамы установлены 2 камеры, предназначенные для правильного начального позиционирования РТК-Расталкиватель на определенной точке ТУК-118 и наблюдения за работой РТК-Расталкиватель по расталкиванию и уплотнению слоев ХКПУ. Видео с камер передается на монитор.

Процесс работы РТК-Расталкиватель управляется с помощью программы управления, записанной на компьютер и соединенный проводами с блоком управления на РТК-Расталкиватель.

Компьютерная программа управляет всем технологическим процессом с использованием кнопок выполнения операций с названием на мониторе.

После установки ТУК-118 и снятия крышки люка (для которого разработан РТК-Съемник, описываемый в соответствующей статье), оператор переходит к расталкиванию слоев загруженного с фильтр-пресса ХКПУ в ТУК-118.

Проведение испытаний экспериментального образца РТК-Расталкиватель проходили в условиях ЦППР филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U» в октябре 2022 г. В процессе испытаний была проверена работа робототехнического комплекса при выполнении технических и технологических операций, связанных с загрузкой уранового концентрата в транспортно-упаковочный контейнер ТУК-118 (расталкивание массы уранового концентрата).

Выводы

Испытания экспериментального образца РТК-Расталкиватель, которые проводились в условиях ЦППР филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U», показали удовлетворительные результаты работы как манипулятора по разравниванию и уплотнению слоев ХКПУ.

Научно обоснованный подбор модельных порошков и проведенные тестовые испытания на них способствовали проведению дальнейших успешных испытаний РТК-Расталкиватель в реальных производственных условиях на ХКПУ.

Симбиоз применения теоретических знаний ученых ИММаш и производственный опыт специалистов ТОО «Семизбай-U» в разработке и испытаний экспериментального образца РТК-Расталкиватель показал возможность расширенного внедрения элементов Индустрии 4.0 на предприятиях АО «НАК «Казатомпром».

В дальнейшем планируется проектирование опытно-промышленного образца РТК-Расталкиватель с учетом результатов испытаний.

Список использованных источников

1. РГП на ПХВ институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова. Отчет о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Разработка экспериментального образца робототехнического комплекса для выполнения технологических операций по загрузке ХКПУ в транспортно-упаковочный контейнер ТУК-118. – Алматы, 2022. – 134 с.

2. Тулешов А.К., Дракунов Ю.М., Тулешова А.А. Моделирование динамики шагового двигателя каротажной станции// Научный журнал «Вестник НИА РК». – №1(35). – Алматы – С.57–63.

3. High-Performance Motor Drives / Kazmierkowski M.P., Franquelo L.G., Rodriguez J. et al. // IEEE Industrial Electronics, 2016, vol. 5, no 3, pp. 6–26.

4. Lewandowski, D. Dynamical simulation of a nonlinear stepper motor system/D. Lewandowski, J. Awrejcewicz// – 2014 – 5.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ КРЫШКИ ТРАНСПОРТНОГО УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ТУК-118

[1]Тулешов А.К., [2]Алтынбек А.Д., [1]Ибраев С.М., [1]Сейдахмет А.Ж., [1]Джамалов Н.К., [1]Абдураимов А.Е., [1]Камал А.Н., [1]Калиев М.Ж., [1]Канапия М.О.

[1]РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова», г. Алматы, Казахстан

[2]ТОО «Семизбай-U», г. Астана, Казахстан

АО «НАК «Казатомпром» является лидером по добыче и экспорту урана в мире и единственным национальным оператором по добыче природного урана в Казахстане. Несмотря на это, многие операции по добыче урана до сих пор выполняются вручную. К примеру, процессы снятия и закрытия крышки люка транспортно-упаковочного комплекта (контейнер ТУК-118) при производстве работ с загрузкой химического концентрата урана (ХКПУ) в контейнер ТУК-118 осуществляется вручную двумя работниками цеха переработки продуктивных растворов ЦППР), а также при отборе проб ХКПУ с контейнера ТУК-118 и проведении подготовительных работ для отправки контейнера ТУК-118 с ХКПУ заводу-переработчику двумя контролерами службы технического контроля (СТК).

РГП «Институт механики и машиноведения имени У.А. Джолдасбекова» (ИММаш) в течение 2020-2022 гг. НИОКР в рамках договорных обязательств с ТОО «Семизбай-U» по комплексной роботизации производственных процессов добычи урана выполнил работы по проектированию и изготовлению нескольких экспериментальных образцов роботов, предназначенных для замены ручного труда при выполнении технических и технологических операций, связанных с загрузкой транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118. В состав этих роботов входит робототехнический комплекс с автооператором для подъема-опускания крышки контейнера ТУК-118 (РТК-Съемник). Внедрение указанного автооператора в составе РТК-Съемник позволит исключить физические нагрузки для 4 рабочих и освободить их от выполнения тяжелого и опасного ручного труда.

Операции по открытию-закрытию крышки люка (весом 45 кг) контейнера ТУК-118 в технологических операциях разравнивания, уплотнения, формирования необходимого количества ХКПУ производит сменный персонал ЦППР в составе 2 аппаратчиков РРЭ. А операции по открытию-закрытию крышки люка контейнера ТУК-118, в технологических операциях отбора проб ХКПУ с контейнера ТУК-118 производит персонал в составе 2 контролеров. Дополнительная физическая нагрузка для персонала ЦППР и СТК была связана с тем, что при производстве технологических операций люк контейнер ТУК-118 находился на высоте 1,5 м от пола здания. Перед ИММаш была поставлена задача замены вышеуказанных трудоемких ручных операций на роботизированное устройство.

Для роботизации указанных выше работ был предложен РТК-Съемник, который выполняет открытие-закрытие крышки люка контейнера ТУК-118. Автооператор состоит из многозвенного рычажного механизма, который приводится в движение с помощью нескольких актуаторов, магнитов и других элементов, приспособлений.

Был спроектирован и изготовлен экспериментальный образец РТК-Съемника, который прошел успешно тестовые испытания на производственной базе ИММаш им. акад. У.А. Джолдасбекова и на базе ЦППР и СТК филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U».

Автооператор РТК-Съемника выполнен как рычажный механизм, который приводится в движение с помощью актуаторов. На базе ИММаш, а также в ТОО «Семизбай-U» были выполнены тестовые испытания РТК-Съемник на открытие-закрытие крышки люка транспортно-упаковочного контейнера ТУК-118.

Магниты и подъемные приспособления расположены на прикрепленной к механизму раме. Механизм имеет одну степень подвижности и обеспечивает движение в вертикальной плоскости. Крышку люка контейнера ТУК-118 РТК-Съемник может поднимать-опускать как с помощью магнитов, так и с помощью подъемных приспособлений. РТК-Съемник установлен на каркасе комплексного РТК включающий другое робототехническое устройство.

Спроектированный в ИММаш РТК-Съемник изготавливался на собственной научно-производственной базе. После изготовления были проведены работы по тестированию работы механизма, актуаторов и системы управления РТК-Съемник.

РТК-Съемник подключен к блоку управления, к которому подсоединены актуаторы и магниты.

Процесс работы РТК-Съемник управляется с помощью программы управления, записанной на компьютер и соединенный проводами с блоком управления расположенных на каркасе на РТК.

Компьютерная программа управляет всем технологическим процессом открытия-закрытия крышки люка контейнера ТУК-118 с использованием кнопок выполнения операций с названиями на мониторе.

После установки контейнера ТУК-118 оператор переходит к снятию крышки люка с помощью поднятия-опускания механизма актуаторами и включением-выключением магнитов с помощью системы управления.

Проведение испытаний экспериментального образца РТК-Съемник проходили в условиях ЦППР и СТК филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U» в октябре 2022 г. В процессе испытаний была проверена работа РТК-Съемник при выполнении технических и технологических операций, связанных с расталкиванием, отбором проб уранового концентрата с контейнера ТУК-118.

Выводы

Испытания экспериментального образца РТК-Съемник, проведенные в условиях ЦППР филиала «Ирколь» ТОО «Семизбай-U», показали удовлетворительные результаты работы.

Работы, связанные с проектированием, испытанием и корректировкой механизмов и отдельных элементов РТК-Съемник, были успещно выполнены в результате продуктивного сотрудничества ученых ИММаш и специалистов ТОО «Семизбай-U».

Положительный результат испытаний экспериментального образца РТК-Съемник подтверждает актуальность и своевременность политики АО «НАК «Казатомпром» о переводе уранового производства в русло роботизированных комплексов и технологий.

В дальнейшем планируется проектирование опытно-промышленного образца РТК-Съемник с учетом результатов испытаний.

Список использованных источников

1. РГП на ПХВ институт механики и машиноведения имени академика У.А. Джолдасбекова. Отчет о научно-исследовательских и опытно-конструкторских работах. Разработка экспериментального образца робототехнического комплекса для выполнения технологических операций по загрузке ХКПУ в транспортно упаковочный контейнер ТУК-118. – Алматы, 2022. – 134 с.

2. Тулешов А.К., Дракунов Ю.М., Тулешова А.А. Моделирование динамики шагового двигателя каротажной станции// Научный журнал «Вестник НИА РК». Алматы. №1(35). – С. 57–63.

3. High-Performance Motor Drives / Kazmierkowski M.P., Franquelo L.G., Rodriguez J. et al. // IEEE Industrial Electronics, 2016, vol. 5, no. 3, pp. 6–26.

4. Lewandowski, D. Dynamical simulation of a nonlinear stepper motor system / D. Lewandowski, J. Awrejcewicz, 2014, 5.

ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОГО И КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ (PREDICTIVE MAINTENANCE)

Садырбаев Ж.А., Шуриев Т.Х.
АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан

Бизнес-задача (предпосылка проекта)

Международные эксперты в области технического обслуживания и ремонта, энергетики и представителями АСУТП в различных направлениях отрасли урановодобывающая, нефтегазовая, энергетическая и горнодобывающей производственники приходят к общему мнению, что 80-90% проблем в управлении производственными оборудованиями идентичны.

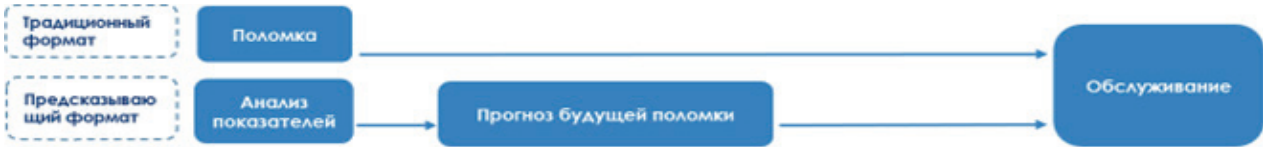
Это такие проблемы как: износ основного оборудования который в Казахстане и в России составляет от 45 до 65%. Отсутствие единого и эффективного подхода к проведению обслуживания и ремонта. Недостаток исторических и текущих баз данных по ремонтам и многое другое.

Таким образом, традиционная форма управления производственными оборудованиями показывает свою неэффективность и требует существенной трансформации. В подтверждении озвученных доводов, исследование международного эксперта по надежности Ноулана, где говорится, что эффективность системы плана-графиков ремонтов в традиционной форме составляет не более 18%.

График №1.

Все это приводит к нерегулированным внеплановым остановкам, сокращению жизненного цикла дорогостоящего оборудования, увеличению внешних и внутренних затрат на обслуживание и ремонт и неэффективному распределению человеческих ресурсов энерго-механических служб.

График №2.



Стратегии АО «НАК «Казатомпром» на 2019-2028 годы предусматривает мероприятия по применению лучших практик в области Управления производственными активами. Так, направление реализованного силами Казатомпром в рамках R&D – Предиктивное техническое обслуживание и ремонт (Predictive Maintenance), которая является одной из лучших мировых практик по эффективному управлению основным и критическим производственным фондом.

Целью проведения НИОКР являлась: Разработка системы предиктивной оптимизации и повышение эффективности Оборудования путем внедрения Системы, и разработки Методики оценки, анализа, планирования и разработки алгоритма (программное решение), применяемого в системе с целью повышения эффективности эксплуатации оборудования.

Выбранная тема стоит на стыке четырех направлений: цифровизация (Big Data и ML), автоматизация (Internet of things), механика и энергетика.

Исходными данными для проведения НИОКР являются результаты анализа практики эксплуатации на урановых месторождениях, определяющие высоковероятные причины отказов на центробежных насосных агрегатах и стационарных компрессорных оборудованиях являются: - повышенная вибрация на насосных агрегатах, засорение установки механическими примесями (22-27 %);-перегревы и отказы узлов по температуре (7% отказов); -возникновение вибрации из-за дисбаланса вращающихся масс, которые неизбежно переходят в резонансное состояние, когда частота собственных колебаний равняется частоте

вынужденных колебаний (15%).

Вышеуказанный тип производственного фонда был выбран исходя из проведенного анализа степени критичности оборудования, влияющих на производственную остановку всей выпускаемой готовой продукции.

Все описанные выше причины привели к появлению систем предиктивной/прогнозной диагностики или предиктивной аналитики, которые позволяют построить модель работы оборудования (набор взаимосвязанных параметров), обучить эту модель на исторических данных, а затем использовать для раннего предсказания отказов Оборудования. Новая технология позволяет совершить переход с реактивного и календарного подходов к проактивному (т.е. распознавание отказов и их предотвращение).

Задачи, актуальность и эффекты:

Производить мониторинг работоспособности Оборудования и на основе Data science моделей указывать на необходимость проведения ТОиР для своевременного принятия мер; производить корректировку стратегий обслуживания оборудования, увеличить жизненный цикл оборудования и оптимизировать затраты на техническое обслуживание и ремонт оборудования, накапливать данные для дальнейшего обучения и калибровки Data science моделей.

Что было сделано:

В рамках I этап был установлен ЛПО для сбора данных. Для генерации в Банке данных информации необходима была установка КИП и сопутствующего оборудования/материалов, которые были смонтированы в рамках II этапа. В рамках же III этапа проведены пуско-наладочные работы и реализовано накопление высокочастотной информации и анализа исторических данных. IV этап включал в себя передачу ЛПО, лицензий на подключение систем-источников (АСУТП и ИС Заказчика) и лицензий пользователя интеллектуального управления. Высокочувствительные датчики вибрации и температуры также производства "SKF'. Датчики же давления всемирно известного производственного концерна "Siemens". Все оборудования и материалы соответствуют стандартам РК и международным нормам. Все четыре, проведенных этапа НИОКР, в рамках проекта были успешно реализованы и гипотеза о разработке Системы предиктивной оптимизации и повышения эффективности Оборудования, путем внедрения технологии Big Data и Искусственного интеллекта, нашла своё подтверждение.

Подключены различные датчики производственных показателей, такие как: температура насосного агрегата, вибрация, давление на входе и выходе, энергопоток и определяем поток данных от Scada систем.

Датчики потока данных установлены на 23 насосных оборудованиях (ЦНС) и 9 компрессорных оборудованиях, далее данный поток информации передается в разработанное программное обеспечение, которое в режиме реального времени отражает работу вышеуказанного оборудования, также проводится накопление данных, которое далее позволяет совершенствовать показатели предиктивного анализа выхода из строя критического оборудования.

График №3.

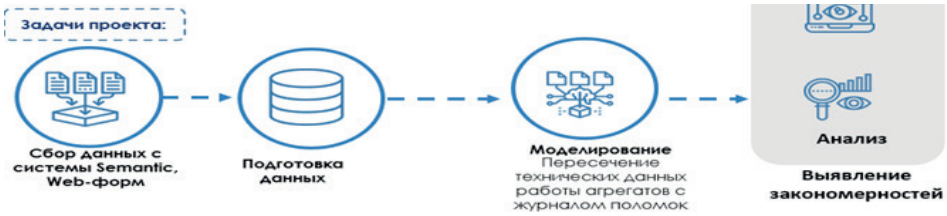
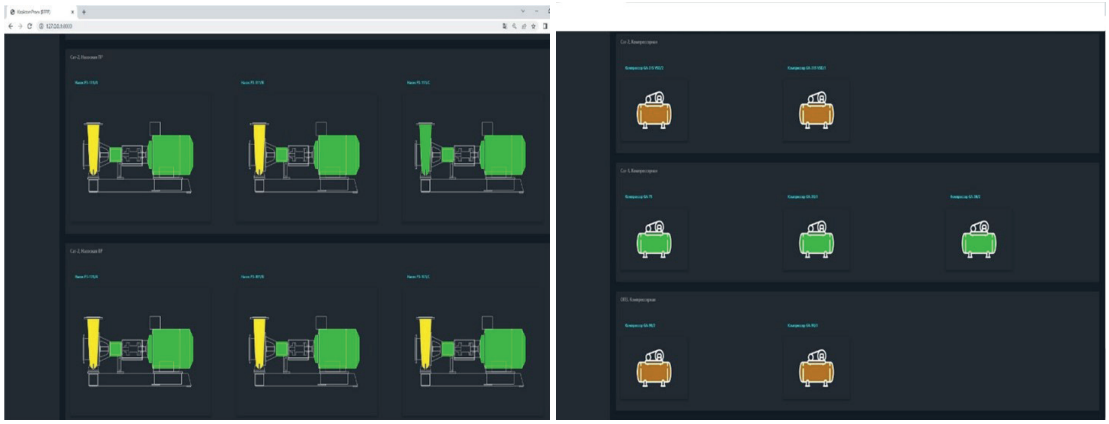
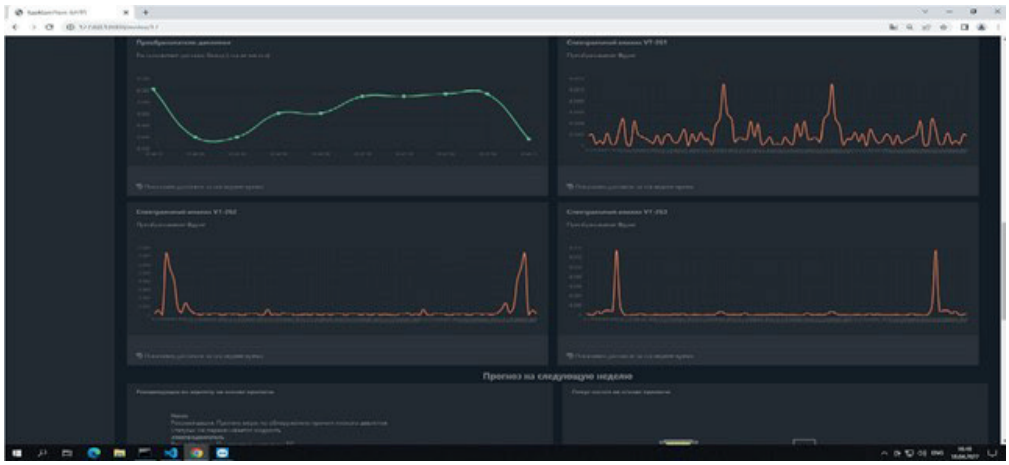


График №4.





Новизна заключается в разработке цифровой системы управления производственными оборудованиями и технического обслуживания и ремонта на основе предсказывающего анализа с применением технологии Big Data, искусственного интеллекта и технических методологии Reliability centered maintenance и Risk based inspection, адаптированной под специфику деятельности уранодобывающей отрасли, обеспечивающей непрерывность производственного процесса, сокращения затрат на техническое обслуживание и ремонт и увеличение жизненного цикла дорогостоящего оборудования.

Международный график зрелости технического обслуживания и ремонта, отражает, что данная технология находится на 4 этапе зрелости, и при накопленных и выстроенных данных, этап текущей зрелости становится максимально пятым.

График №5.

На графики №3 отражен обзор мирового спроса на технологию предиктивного обслуживания и ремонта, спрос с каждым годом только растет в период с 2016 по прогнозному 2022 году рынок мировой спрос вырос в 7 раз с 1,4 млрд до 10,96 млрд. долларов.

График №6.

.

В настоящее время данная технология реализуется на предприятии ТОО «СП «Инкай».

В дополнении преимуществ: это возможность добавление модулей по сокращению потребления электроэнергии, это импортозамещающий продукт.

В результате была разработана Программное Обеспечение - Система предиктивной оптимизации и повышения эффективности Оборудования EFPP (сокращенно от англ. Equipment Failover Prediction Platform). На данную разработку получено авторское право для АО "НАК Казатомпром".

Ожидаемые и реализованные результаты проекта:

• Увеличение ресурсов работы оборудования на 20%;

• Сокращение затрат на ремонт и обслуживание от 10 до 30%;

• Уменьшение потребности в запасных частях и ремонтном персонале до 15%;

• Повышение качества выполнения ремонта до 50%;

• Сокращение времени персонала на проведение ремонта;

• Минимизация производственных остановок и обеспечение бесперебойности производственного процесса.

В рамках Конгресса Astana Mining & Metallurgy 2022 проведена церемония награждения победителей республиканского отраслевого конкурса «Золотой Гефест». Данный конкурс является крупнейшей и престижной премией в области горно-металлургического комплекса, а также уникальным и единственным для профессионалов в ГМК. В итоге получено 3 место за «Лучшее Digital-решение в ГМК» - проект «EFPP Система предиктивной оптимизации и повышения эффективности оборудования на основе алгоритмов искусственного интеллекта и Big Data» данное решение реализуется Производственным департаментом Казатомпрома на предприятии ТОО «СП «Инкай», данный сертификат вручен от имени Министра индустрии и инфраструктурного развития РК Ускенбаева К.А.

РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА БАЗЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА

Самигулин Т.И.
АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан

Введение. В связи с ростом новых информационных технологий в настоящее время наблюдается значительный прогресс в сфере создания современных систем управления с помощью достижений в области искусственного интеллекта (ИИ). Крупнейшие компании – производители высокоэффективных систем управления, такие как Honeywell, Schneider Electric, Siemens, Yokogawa, Emerson, Allen-Bradley, вкладывают денежные средства в развитие технологий умного производства, промышленного искусственного интеллекта, моделирование цифровых двойников предприятий и внедрение систем анализа больших данных. Введение в мире концепции четвертой промышленной революции, или «Индустрия 4.0» подразумевает создание высокоэффективного, экологичного, гибкого и безопасного производства, которое ориентировано на цифровизацию современных средств управления с возможностью анализа потребительского поведения.

Рост вычислительных мощностей персональных компьютеров и промышленных контроллеров позволяет решать сложные задачи управления производством, в которых необходимо учитывать большое количество параметров и ограничений, при этом позволяя менять стратегии управления в режиме реального времени. Современные системы моделирования технологических процессов дают возможность выполнять эксперименты на цифровых двойниках предприятия, исследовать и разрабатывать контуры управления в зависимости от текущего состояния технологического объекта и внедрять корректировки в системы супервизорного управления. В это же время аппаратная часть характеризуется высокой отказоустойчивостью, путём внедрения дополнительных каналов передачи данных, резервированных контроллеров и элементов управления. Гибкость такого оборудования заключается в возможности миграции в режиме реального времени программного обеспечения и масштабирования в случае увеличения объемов производства. Системы управления все чаще представляются с распределенной архитектурой, в которых каждый кластер работает независимо от центрального сервера управления.

В настоящее время можно выделить следующие перспективные направления: разработка технологий умного производства (Smart Manufacturing, SM), применение алгоритмов анализа больших данных в промышленности (Industrial Big Data Analysis, IBDA), разработка цифровых двойников предприятий (Digital Twin, DT), применение технологий промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT), а также облачных вычислений (Cloud Computing, CC) [1].

В умном производстве необходима разработка виртуального двойника предприятия, который способен выполнять функции анализа производственных данных, прогнозирования, а также коррекции управляющих воздействий над технологическими процессами в зависимости от состояния системы, тем самым повышая уровень производительности и эффективности [2].

В исследовании [3] цифровое производство представляется в виде киберфизической системы (CPS), состоящей из 5 уровней. Первый уровень отвечает за сбор данных с технологического объекта с помощью программируемых логических контроллеров и контрольно-измерительных приборов. На втором уровне производится обработка данных и выделение важной информации. Третий уровень посвящен передаче информации на программное обеспечение (ПО) распределенных и супервизорных систем (SCADA) для выявления нежелательных отклонений переменных процесса (например: температура, давление, скорость потока и т.д.), предаварийных ситуаций для принятия управляющих воздействий с целью предотвращения аварий. На четвертом уровне создается человеко-машинный интерфейс (Human Machine Interface, HMI) для упрощенного взаимодействия инженера с оборудованием. На пятом уровне осуществляется самоконфигурация системы при изменении внешней среды.

Постановка задачи исследования. Необходимо разработать стратегию управления сложным технологическим объектом автоматизации на базе цифрового двойника и методов искусственного интеллекта. Под сложным объектом подразумевается MIMO (Multi-Input, Multi Output) объект управления, имеющий многомерную и многосвязную структуру.

Для решения поставленной задачи предлагается использовать Experion Process Knowledge System, которая является современной распределенной системой управления (РСУ). Отличительная особенность такой системы от SCADA заключается в децентрализованном управлении. Современные РСУ отличаются повышенной отказоустойчивостью, безопасностью передачи данных, распределенной архитектурой,

гибкостью и масштабированием. Применение облачных технологий позволяет управлять предприятием с любой точки мира с применением технологий виртуализации.

Также предлагается использовать программное обеспечение Unisim Design [4], которое предназначено для создания цифровых двойников предприятия и позволяет эффективно проектировать современные системы управления промышленными агрегатами в газовой, химической, нефтяной промышленности и в энергетике, позволяет выполнять операции мониторинга и анализа внештатных ситуаций и оптимизировать процессы.

Алгоритм разработанной стратегии управления сложными объектами состоит из 4 этапов, структурная схема которой изображена на рисунке 1.

Этап 1. Сбор и обработка данных с технологического объекта в распределенную систему управления Experion PKS, включает в себя:

- показания с полевых датчиков, сгенерированные аварийные сигналы и сигналы событий;
- информация о рабочих характеристиках и параметрах программируемого логического контроллера (ПЛК). Например, информация о загрузке центрального процессора, сетевых каналов связи, температуры модулей ПЛК и т.д.

Этап 2. Заключается в настройке ПИД-регуляторов для сложной системы управления MIMO-объектом с использованием расчетов оптимальных коэффициентов алгоритмами ИИ.

Этап 3. Моделирование технологического процесса на базе регуляторов, настроенных на этапе 2 в программном продукте Unisim Design [5]. Данное ПО представляет собой инструмент для статического и динамического анализа технологических процессов.

Согласно опросу клиентов компании Honeywell [6], применение программного продукта Unisim Design позволяет снизить капитальные затраты на разработку на более чем 10%, сократить время на разработку на 10% и увеличить доходность предприятия на 3-8%.

Этап 4. Внедрение системы управления в Honeywell Experion PKS. Для реализации SMART-системы управления в РСУ необходимо настроить модель производства, топологию сети, сконфигурировать промышленный контроллер Honeywell C300 в приложении Control Builder и настроить логику управления. Затем необходимо реализовать подключение к станции управления, разработать HMI-интерфейс технологического процесса в программе HMI-Web Display Builder. В заключение необходимо настроить систему аварийного оповещения и автоматизированного создания отчетов.

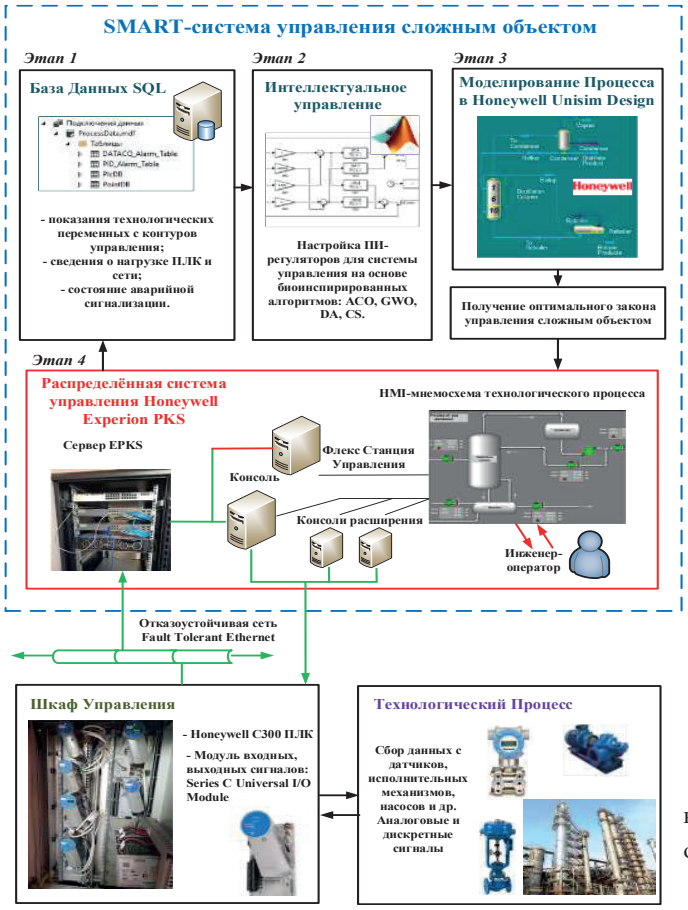


Рисунок 1 – Структурная схема взаимодействия компонентов SMART-системы управления MIMO-объектом управления

В данной схеме сбор данных с технологического процесса осуществляется через аналоговые и дискретные модули Honeywell Серии С или Process Manager. Затем посредством технологии IOLink модули входных/выходных сигналов соединяются с контроллером модели C300 или C200E. Безопасность передачи данных и контроль трафика в сети осуществляется через модуль Control Firewall.

Заключение. Внедрение технологий умного производства позволяет увеличить доходность предприятий путем внедрения цифровых двойников и методов искусственного интеллекта в системы автоматического управления, увеличить безопасность и экологичность предприятий. Разработана SMART-система управления на базе современного оборудования и программного обеспечения компании Honeywell и стратегия управления процессом с использованием цифрового двойника для сложного объекта управления. Данная стратегия управления предназначена для реального промышленного производства и позволяет повысить эффективность управления [7].

Исследования выполнены по проекту грантового финансирования КН МОН РК №AP09258508 «Разработка интеллектуальной технологии управления сложными объектами на основе унифицированной искусственной иммунной системы для промышленной автоматизации с использованием современной микропроцессорной техники» (2021-2023 гг.).

Список использованных источников

1. Lee J., Davari H., Singh J., Pandhare V. Industrial Artificial Intelligence for industry 4.0-based manufacturing systems // Manufacturing Letters. – 2018. – Vol. 18. – P. 20–23.

2. Evjemo L.D., Gjerstad T., Grøtli E.I. Trends in Smart Manufacturing: Role of Humans and Industrial Robots in Smart Factories // Current Robotics Reports. – 2020. – Vol. 1. – P. 35-41 // https://doi.org/10.1007/s43154-020-00006-5.

3. Arockiarajan A., Duraiselvam M., Raju, R. Advances in Industrial Automation and Smart Manufacturing // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2021 // doi:10.1007/978-981-15-4739-3 // https://doi:10.1007/978-981-15-4739-3.

4. Интернет-ресурс: Honeywell Forge. https://www.honeywellforge.ai. 15.03.2022.

5. Shivakumar R., Diddi S., Maitra S. Utilization of Unisim Design Tool for Enhanced Learning and Assessment in Engineering Education // 5th IEEE International Conference on MOOCs, Innovation and Technology in Education. – Bangalore: IEEE, 2017. – P. 108–114 // https://doi:10.1109/mite.2017.00025.

6. Интернет-ресурс: Unisim Design Simple. Powerful. Flexible. https://www.honeywellforge.ai/us/en/products/unisim-design. 11.03.2022.

7. Samigulin T., Shiryayeva O. Development of a smart-system for a complex industrial object control based on metaheuristic algorithms of swarm intelligence // WSEAS Transactions on Power Systems. – 2021. – Vol. 16. – P. 231–240.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ РЕАГИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Елекеев Е.М., Колыхалов П.И., Степанов Б.П.
АО «Самрук-Қазына», г.Астана, Казахстан
НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия
ИЯТШ ТПУ, г.Томск, Россия

Являясь сложными технологическими системами, атомные электростанции представляют собой источник повышенного риска, в частности специфического риска радиационного облучения. Получение количественных оценок радиационного риска имеет решающее значение для принятия мер по снижению риска и предотвращению последствий аварий.

Для систематизации и централизации данных по оценкам риска АЭС возникает необходимость разработки программы управления и контроля систем реагирования по обеспечению безопасности на объектах использования атомной энергии.

В последнее время как в России, так и за рубежом [1-7] неуклонно растет совершенствование работы систем управления и контроля безопасности на объектах использования атомной энергии.

Именно поэтому исследованиям эффективности и совершенствования вопросов цифровизации систем управления и реагирования на объектах атомной энергии посвящено множество работ.

М.А. Берберова, В.В. Чуенко, О.В. Золотарева, О.Л. Трефилова, М.А. Грудева, В.В. Аничкина, Е.В. Разина разработали программу контроля безопасности атомных станций с использованием современных технологий, позволяющих систематизировать и группировать данные из паспортов безопасности атомных станций, а также организовать оперативный доступ к информации [8]. Разработанная программа авторами представляет собой Web-приложение, предназначенное для систематизации и группировки паспортов безопасности АЭС, а также для организации быстрого доступа к информации, позволяющего легко дать оценку состоянию безопасности каждой из рассмотренных в работе АЭС.

Авторы Пантелеева В.А., Попова Е.В., Сегаль М.Д., Гаврилова С.Л., Седнев В.А., Лысенко И.А. рассмотрели цели, задачи и общие решения территориальных автоматизированных систем контроля радиационной обстановки (АСКРО) в Российской Федерации для обеспечения мониторинга безопасности на объектах использовании атомной энергии [9].

В ряде субъектов РФ в последнее десятилетие созданы и активно развиваются территориальные системы радиационного мониторинга и аварийного реагирования. К подобным системам относятся комплексные системы мониторинга за состоянием защиты населения (КСМ-ЗН), которые были созданы в том числе на радиоактивно загрязненных территориях.

На рисунке 1 представлен общий состав КСМ-ЗН.

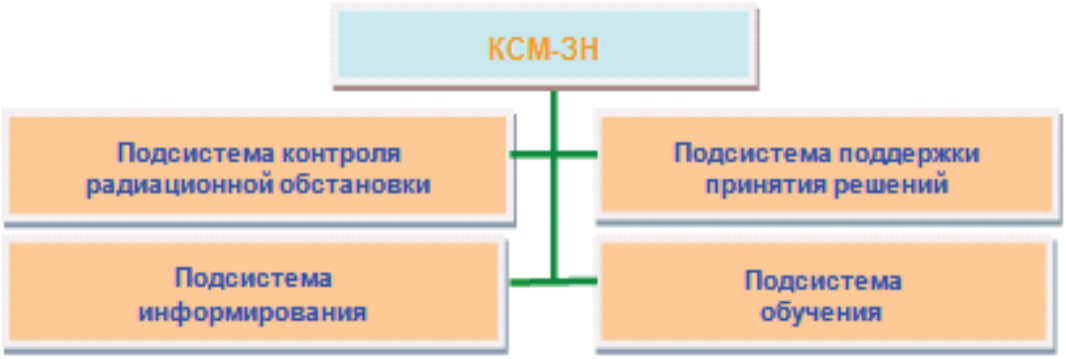


Рисунок 1 – Состав КСМ-ЗН

КСМ-ЗН имеет стационарные и мобильные средства контроля радиационной обстановки (рисунок 2).

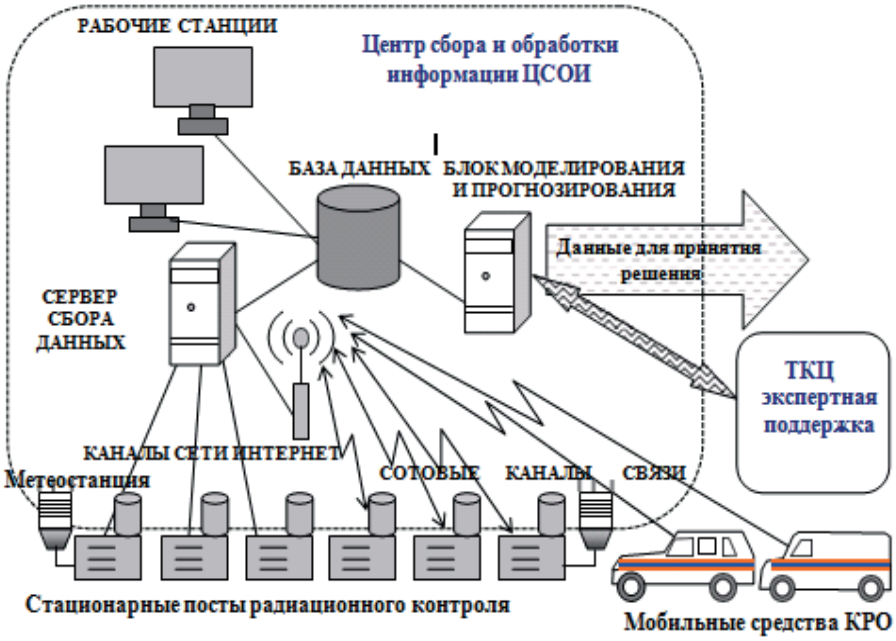


Рисунок 2 – Стационарные и мобильные средства контроля радиационной обстановки КСМ-ЗН

В рамках перспектив дальнейшего развития КСМ-ЗН производится разработка и формирование комплексов мобильных средств контроля радиационной обстановки (рисунок 3).

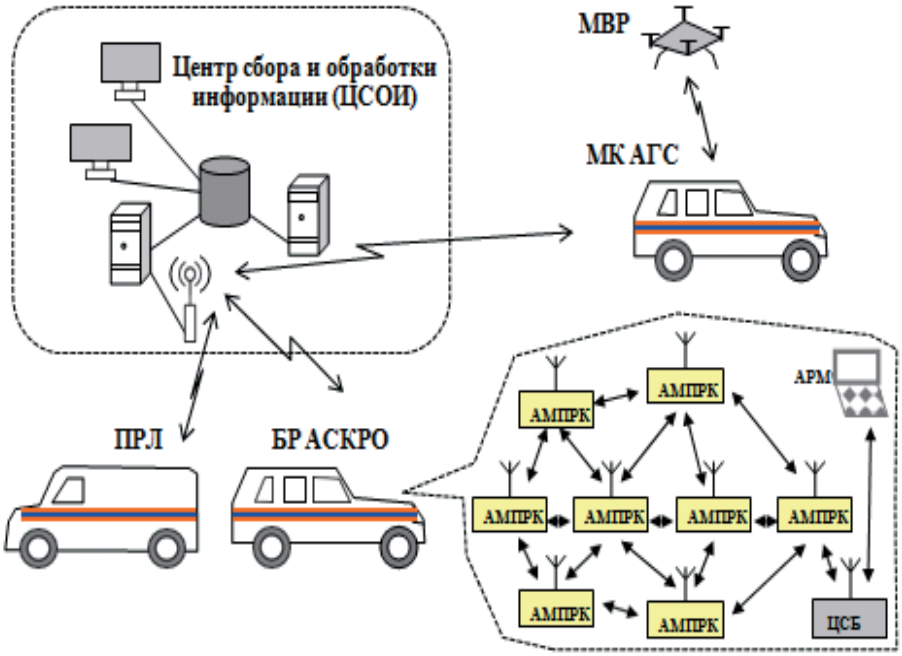


Рисунок 3 – Комплекс мобильных средств контроля радиационной обстановки КСМ-ЗН

Таким образом, атомная энергетика нацелена на цифровую трансформацию при безусловном соблюдении приоритетов надежности и контроля систем реагирования по обеспечению безопасности объектов использования атомной энергии.

Список использованных источников

1. Паншин А.А., Русин С.В., Коптелов М.В. Особенности организации отраслевой автоматизированной системы мониторинга радиационной обстановки Госкорпорации «Росатом» (ОАСМРО). – Севастополь, 2016. – 22 с.

2. Guseva A.I., Koptelov M.V. Risk assessment of prospective investment projects for the construction of nuclear power plants abroad. International Journal of Engineering and Technology (UAE), vol. 7, no 2, 2018, pp. 251–254.

3. Гусева А.И., Коптелов М.В., Ковтун Д.А. Использование автоматизированных систем для экономического анализа проектов

сооружения АЭС с учетом воздействия рисков. Institute of Electrical and Electronics Engineers, International Russian Automation Conference (RusAutoCon), 2018. – С. 1–5.

4. Berberova M.A., NPP risk assessments results dependence study on the composition of the population living around the NPP (on the example of Rostov and Kalinin NPP), GraphiCon 2019 Computer Graphics and Vision. The 29th / M.A Berberova, Zolotarev S.S. // International Conference on Computer Graphics and Vision. Conference Proceedings (2019), Bryansk, Russia, September 23-26, 2019, Vol-2485, urn:nbn:de:0074-2485-1, ISSN 1613-0073, DOI: 10.30987/graphicon-2019-2-285-289, http://ceur- ws.org/Vol-2485/paper66.pdf, pp. 285-289.

5. Андреев В.В. Разработка моделей, алгоритмов и программного комплекса для решения задач оценки риска на АЭС при запроектных авариях / В.В. Андреев, М.А. Берберова, О.В. Золотарев, В.В. Чуенко, Е.В. Карпушин, Д.В. Дьячков, А.В. Суворов // Вестник БГТУ, 2020. – С. 43–51. https://doi.org / 10.30987 / 1999-8775-2020-4-43-51.

6. Концепция проспективного мониторинга состояния здоровья персонала АЭС и населения, проживающего вблизи АЭС / А.В. Аклеев, Н.А. Кошурникова, М.Ф. Киселев [и др.] // Медицина экстремальных ситуаций. – 2011. – № 1(35). – С. 5–21.

7. К вопросу об оптимизации радиоэкологического мониторинга в регионе размещения предприятий ядерного топливного цикла / С. И. Спиридонов, В. К. Кузнецов, А. В. Панов, И. Е. Титов // Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра). – 2019. – Т. 28. – № 4. – С. 44–53.

8. Разработка программы мониторинга (контроля) обеспечения безопасности атомных электростанций / М. А. Берберова, В. В. Чуенко, О. В. Золотарев [и др.] // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2020. – № 2(8). – С. 50-56.

9. Оптимизация размещения средств контроля комплексной системы мониторинга состояния защиты населения / В. А. Пантелеев, Е. В. Попов, М. Д. Сегаль [и др.] // Технологии техносферной безопасности. – 2018. – № 6(82). – С. 48–61.

TQM КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ

Веретельников Н.В., Сайдалина Н.С., Ющенко Е.В., Өмірғали А.Қ.
АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан

Аннотация

В докладе представлена информация о развитии инфраструктуры качества (ИК) в АО «НАК «Казатомпром». Описаны этапы развития деятельности в области обеспечения качества. Представлена взаимосвязь всех элементов ИК и их значение в снижении рисков и издержек производства, обеспечении производственной безопасности. Приведены инструменты TQM и их роль при формировании культуры предприятия, направленной на снижение потерь, оптимизацию использования ресурсов и поддержание качества готовой продукции.

Инфраструктура качества в АО «НАК «Казатомпром» последовательно развивается с 2004 года:

В 2004 году создано Управление технического регулирования и метрологии. Основной задачей управления был контроль за метрологическим обеспечением производства.

В 2005 году на подразделение возложены функции стандартизации: разработка и внедрение корпоративной системы стандартизации Общества (КСС).

В 2013 году с развитием испытательной базы ДЗО добавилась функция контроля деятельности предприятий в области испытаний.

В 2018 году с учетом развития вышеуказанных направлений стало формироваться отдельное направление – «Инфраструктура качества». Сюда вошли виды деятельности, связанные с управлением качества:

- ОТК,
- сертификация и аккредитация,
- разработка и поддержание в актуальном состоянии следующих документов: Положение об ОТК, Политика в области качества.

С 2019 года подразделение стало ответственным за управление внутренними нормативными документами Общества. Была разработана и внедрена концепция по управлению ВНД.

- С 2022 года определена новая перспектива деятельности (разработка концепции): Бережливое производство, внедрение подходов всеобщего контроля качества – TQM.

Инфраструктура качества – комплекс взаимосвязанных структур, необходимых для подтверждения соответствия продукции обязательным требованиям, установленным государством, а также требованиям к качеству, в которых заинтересованы заказчики. Компонентами инфраструктуры качества являются аккредитация, сертификация, стандартизация, испытания, метрология и управление качеством.

Процесс сертификации обеспечивает функционирование действующей системы управления качеством и соответствия его продукции установленным стандартам.

Для обеспечения признания сертификата и гармонизации его с региональными или международными условиями сертификация должна выполняться в соответствии с существующими стандартами, а это, в свою очередь, требует наличия функционального компонента – стандартизации. (НД).

Перед выдачей сертификата продукция в обязательном порядке проходит испытания, устанавливающие, соответствует ли она требованиям стандартов. Это требует наличия испытательных лабораторий, которые будут проводить эти испытания и анализ в соответствии с принятыми международными стандартами.

Испытательные лаборатории, в свою очередь, должны быть в состоянии подтвердить достоверность и надежность измерений. Прослеживаемость измерений к национальным эталонам и через них к международным эталонам гарантирует достоверность измерений.

Вместе с тем для обеспечения доверия к результатам испытаний оборудование должно быть надлежащим образом поверено/калибровано, применяются аттестованные ГСО и МВИ. Национальный метрологический институт и поверочные/калибровочные лаборатории таким образом оказывают поддержку производителю.

Техническая компетентность испытательных, поверочных/калибровочных лабораторий и органов по сертификации подтверждается органом по аккредитации, обеспечивая уверенность всех заинтересованных сторон в том, что процессу в целом можно доверять.

Новым и основным европейским подходом признано развитие ИК как следование логическому процессу, результатом которого является получение предприятием качественной продукции с гарантией того, что

заявленные производителем технические характеристики и требования потребителя (рынка) выполнены. Подтверждение соответствия, сертификация, качество, вместе с ценой на продукцию и способами их обеспечения, гарантируют конкурентоспособность на национальном и международных рынках.

Придерживаясь этого подхода, для совершенствования национальной ИК в Республике Казахстан пересматривается действующая законодательная база в области технического регулирования, стандартизации, обеспечения единства измерений и оценки соответствия. Одновременно на основе стандартов ISO гармонизируются требования национальных стандартов, развивается калибровка средств измерений, что содействует уменьшению сферы государственного метрологического контроля, созданию благоприятных условий развития бизнеса.

Достижение стратегических целей предприятия невозможно без единого подхода в управлении ИК, поддержания состояния в области технического регулирования, стандартизации, метрологии, испытаний и управления качеством на уровне, необходимом и достаточном для обеспечения установленного качества продукции/услуг/процессов. TQM позволяет применить единый подход по координации данной деятельности на основе синергии в управлении всех составляющих частей ИК с учетом развития цифровых технологий, управления рисками, снижения затрат, обеспечения достоверных измерений, повышения квалификации персонала.

Развитие и поддержание ИК на постоянной основе в целях поддержания конкурентоспособного качества продукции позволит предприятию получить выгоду от максимального учета интересов потребителей, признания сертификатов качества на международном уровне, снижения рисков и издержек производства, обеспечения производственной безопасности.

Управление качеством – деятельность предприятия, которая концентрируется на обеспечении качества выпускаемой продукции и удовлетворенности потребителя.

Главное требование в организации работы по качеству – комплексность охвата всех факторов, обеспечивающих качество на всем жизненном цикле продукции, увязка их по конечному результату, определяемому системой стандартов (включая международные стандарты ИСО) и дополнительными договорными условиями между заказчиком и производителем.

Главная идея TQM состоит в том, что компания должна работать не только над качеством продукции, но и над качеством организации работы в компании, включая работу персонала, где всеобщее участие принимает весь персонал предприятия от высших руководителей до работников. Сотрудники всех уровней составляют основу организации, и их полное вовлечение дает возможность организации с выгодой использовать их способности. Предприятие не достигнет успеха, если все его работники не будут стремиться к общим целям и не будут разделять общие ценности. Управление качеством начинается с подготовки кадров и заканчивается подготовкой кадров. Особое внимание уделяется организации управления качеством на рабочих местах, где качество и создается.

Подход TQM, направлен на постоянное и непрерывное улучшение производственных процессов. Цель подхода снижение затрат, связанных с корректирующим или профилактическим обслуживанием, повышение общей эффективности производственной деятельности.

Основная идея подхода – это обеспечение стабильности, через управление предприятием, сфокусированное на качестве.

Инструменты TQM охватывают все элементы предприятия от начала производственного процесса до передачи продукции потребителю.

В результате внедрения подхода TQM во все процессы предприятия сформируется культура производства и вовлечение персонала, направленные на постоянное улучшение процессов, снижение потерь и оптимизацию использования ресурсов, поддержание качества готовой продукции, удовлетворяющей требованиям заказчика.

«SMART ГТП». СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА РУДНИКА ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РУДНИКА «АКДАЛА»

Бобровный Е.В.
ТОО «Совместное предприятие «Южная горно-химическая компания»,
г. Шымкент, Казахстан

1. Краткая характеристика рудника «Акдала»

Рудник «Акдала» расположен в Туркестанской области, Сузакском районе. Проектная мощность по добыче и переработке урана (до ХКПУ) составляет 1000 тонн урана в год. В состав рудника «Акдала» входят участки «Ближний и «Летний». Расстояние между участками составляет 14 км. В 2021 году положено начало отработки месторождения в виде проведения опытно-промышленных работ, с 2004 года по настоящее время ведется промышленная отработка месторождения.

Месторождение принадлежит к пластово-инфильтрационному генетическому типу, пригодному к отработке способом подземного скважинного выщелачивания и относится ко 2-й группе по геологическому строению.

Разведка выполнялась бурением с проведением малообъемных (одно-, двухскважинных) испытаний по выщелачиванию урана из руды залежи №1 в недрах с применением сернокислотных растворов. Была достигнута степень извлечения урана до 87,7%.

При завершении детальной разведки установлено, что залежь №1 имеет в плане вид извилистой ленты, обычно в поперечных разрезах неправильной, асимметричной формы, оруденение нередко представлено изменчивыми по мощности линзами. Рудные залежи образуются как в нижней, так и в средней части пласта в зависимости от расположения глинистых водоупоров.

В 2003 году на месторождении Акдала завершился крупный полупромышленный опыт по выщелачиванию урана из руд в недрах. Составлен «Отчет о результатах детальной разведки уранового месторождения Акдала за период 1982-2003гг. с подсчетом запасов по состоянию на 03.06.2004г.». В процессе разведки месторождения Акдала получены все необходимые исходные данные для проектирования рудника производительностью 1000 тонн урана в год.

В настоящее время на руднике существуют следующие объекты:

1) Главная понизительная подстанция 35/6, предназначенная для обеспечения рудника электроэнергией.
2) Добычной участок, состоящий из 51 технологического блока (в т.ч на уч. «Ближний» - 24 блока и на уч. «Летний» - 27 блоков), магистральных трубопроводов (ПНД-315, ПНД-500), склада серной кислоты. На каждом техническом блоке выполнена технологическая обвязка, состоящая из внутри блочных трубопроводов (ПНД-50, ПНД-63, ПНД-225), технологических узлов приготовления выщелачивающих растворов, технологических узлов распределения растворов, электрических сетей, кислотопроводов, системы диспетчеризации, комплектной трансформаторной подстанции, распределительных шкафов.
3) Физико-химическая лаборатория, оснащенная всем необходимым оборудованием для выполнения аналитического контроля.
4) Энерго - механический участок, предназначенный для обслуживания высоковольтных сетей и подстанций, а также водопроводной и канализационных сетей.
5) Автотранспортный участок, предназначенный для обеспечения рудника автотранспортом и ДСМ.
6) Эксплуатационно-хозяйственная служба.
7) Склад для хранения ТМЦ.
8) Контрольно-пропускные пункты.
9) Система видеонаблюдения.
10) Административно бытовой комплекс, состоящий из административного здания, производственной столовой, санитарного пропускника, оборудованного раздевалками, душевыми и прачечной.
11) Станция биологической отчистки.
12) Локальная станция обессоливания.
13) Две котельные установки.
14) Жилой вахтовый поселок на 120 мест.

Общая площадь добычного участка составляет 431 га, протяженность 31 км.

2. Суть проблемы

В связи с тем, что месторождение «Акдала» отрабатывается с 2001г., отдаленность технологических блоков от основной промышленной площадки увеличивается с каждым годом. По состоянию на 2022г. самый отдаленный технологический блок находится на расстоянии 30 км от основной промышленной площадки участка «Ближний» и на расстоянии 16 км от промышленной площадки участка «Летний», что приводит к увеличению трудоемкости обслуживания добычного участка.

Увеличение трудоемкости, в основном, обусловлено увеличением времени на выполнение подготовительно-заключительных операций (передвижение от промышленной площадки до рабочего места). Увеличение численности производственного персонала неизбежно приведет к росту себестоимости выпуска готовой продукции и, следовательно, снижению рентабельности. С целью недопущения увеличения себестоимости, коллективом рудника принято решение о поиске технических идей, направленных на снижение трудоемкости добычного участка.

3. Работа в команде

С целью анализа проблем и поиска решений на руднике «Акдала», была создана команда (рабочая группа) из числа профессиональных сотрудников. Командой была четко сформулирована проблема, определены инструменты для сбора и анализа информации. Принято решение об алгоритме сбора и анализа информации в рамках формирования DMAIC проекта.

4. Разработка DMAIC проекта

В рамках разработки DMAIC проекта командой были выполнены следующие работы:

- разработка Устава проекта;
- разработка карты верхнего уровня «SIPOC»;
- разработка «дерева причин и последствий», приведших к увеличению трудоемкости добычного участка;
- формулирование требований к процессам и их результату (на выходе);
- определение границ проекта;
- построения карты создания потока ценности «как есть»;
- построения карты создания потока ценности «как должно быть»;
- определение корневых причин, приведших к увеличению трудоёмкости добычного участка;
- определения решения, направленного на снижение трудоемкости добычного участка.

5. **Создание «SMART ГТП»**

В рамках выполнения DMAIC проекта рабочей группой было принято решение о создании **«SMART ГТП».** «SMART ГТП» включает в себя удаленный online контроль состояния технологических узлов добычного участка, производимый оператором из центральной диспетчерской рудника. Выезд оператора на технологический блок происходит только по факту обнаружения отклонения. В рамках создания «SMART ГТП» были выполнены следующие работы:

- установка датчиков наличия разлива жидкости в УПВР, УППР, УРВР;
- установка видеокамер в УПВР, УППР, УРВР;
- формирование главного диспетчерского пункта;
- разработка системы визуализации и контроля.

6. Анализ затрат трудовых ресурсов на обслуживание добычного участка до внедрения «SMART ГТП»:

Перечень выполняемых работ оператором ГТС до внедрения проекта:

- получение сменного задания 0,3 час/смену;
- переезд на технологический блок 2-4 часа/смену;
- обход технологических блоков 6 часов/смену;
- проверка и регулировка производительности технологических растворов 1 час/смену;
- отбор проб 1 час/смену.

7. Анализ затрат трудовых ресурсов на обслуживание добычного участка после создания «SMART ГТП»:

Перечень выполняемых работ оператором ГТС после внедрения проекта:

- получение сменного задания 0,3 час/смену;
- переезд на технологический блок 2-4 часа/смену;
- обход технологических блоков 2-3 часа/смену;
- проверка и регулировка производительности технологических растворов 1 час/смену
- отбор проб 1 час/смену

- выполнение вспомогательных работ (отчистка, покраска, ремонтные работы) 3,2 часа/смену.

8. Итоги внедрения проекта «SMART ГТП»

В результате внедрения первого этапа «SMART ГТП» за счет сокращения количества обходов технологических блоков, выполняемых операторами ГТС на добычном участке, достигнуты следующие результаты:

- Повышение эффективности использования существующих трудовых ресурсов на 25%;
- Снижение трудоёмкости добычного участка на 10-15%.

9. Анонс внедрения второго этапа «SMART ГТП»

С целью дальнейшей оптимизации затрат трудовых ресурсов, рабочей группой планируется внедрить второй этап «SMART ГТП». В рамках внедрения второго этапа планируется выполнить следующие работы:

1) Сбор и консолидация технологических данных, данных физико-химических анализов на едином сервере, с последующим анализом, распределением и формированием отчётности.
2) Просмотр и анализ технологических данных в ТУРах геотехнологического полигона через мобильный планшет, с возможностью фотофиксации выявленных несоответствий, установка видеозвонка с руководителем, текстовым оповещением.
3) Развёртывание WEB-сервера, для доступа к данным технологического процесса в реальном времени через браузер с разграниченным уровнем доступа.
4) Установка видеокамер высокого разрешения для наблюдения за состоянием полигона.

10. Заключение

В рамках выполненной работы, направленной на снижение трудоемкости добычного участка на руднике «Акдала», была сформирована рабочая группа. Рабочей группой определены инструменты для сбора, анализа информации и принятия управленческого решения. В ходе процесса рабочей группой был выполнен DMAIC проект, по результатам которого приняты решения о создании «SMART ГТП». «SMART ГТП» в настоящее время позволяет удаленно из диспетчерского рудника контролировать состояние добычного участка без выполнения обхода участка оператором ГТС. «SMART ГТП» разработан на основе внедрения современных цифровых технических решений, направленных на снижение трудоемкости участка, что позволило руднику не увеличить трудоёмкость обслуживания добычного участка в связи с его расширением и более эффективно использовать существующие трудовые ресурсы.

СОДЕРЖАНИЕ

Құрметті конференцияға қатысушылар!.....3
Уважаемые участники конференции!.....4
Dear participants of the conference!.....5

РАЗДЕЛ IV
РЕСУРСЫ И ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЕДКИХ, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ И ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ИХ ОСНОВЕ

Карманов Е.М., Кожахметов С.К., Садыков М.Ж., Кокумбеков Б.Б., Павлов А.Ю., Башкирцев К.В., Бобровный Е.В.
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПОПУТНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА.....6
Карманов Е.М., Кожахметов С.К., Садыков М.Ж., Кокумбеков Б.Б., Павлов А.Ю., Башкирцев К.В.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОПУТНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЛЛИЯ ИЗ АЛЮМО-ЩЕЛОЧНЫХ РАСТВОРОВ АО «АЛЮМИНИЙ КАЗАХСТАНА».....10
Барбашина С.И., Вацура Ф.Я., Трошкина И.Д., Головко В.В.
СОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОПУТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ГЕЛЕВЫМ АНИОНИТОМ С ПИРИДИНИЕВЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ГРУППАМИ ИЗ УРАНСОДЕРЖАЩИХ СЕРНОКИСЛЫХ РАСТВОРОВ.....12
Гузеев В.В., Дуйсебаев Б.О., Гузеева Т.И., Зеличенко Е.А.
ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА ИЗ АЗЕОТРОПНОГО И НИЗКОКОНЦЕНТРИРОВАННЫХ РАСТВОРОВ ЭКСТРАКЦИЕЙ.....15
Карманов Е.М., Кокумбеков Б.Б., Кожахметов С.К., Садыков М.Ж., Павлов А.Ю.
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБОСНОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИ ЭФФЕКТИВНОГО И ЭКОНОМИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОГО СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ – ФОСФОГИПСА.....18
Duisebayeva T.S., Duisebayev B.O., Azhikulov A., Kulabukhova I.V.
PROSPECTS FOR THE USE OF CHLORINE-CONTAINING LEACHING SOLUTIONS FOR THE EXTRACTION OF ASSOCIATED USEFUL COMPONENTS FROM SPENT ORES OF URANIUM DEPOSITS.....21
Франц Е.В., Колмаков М.Г., Зорин Б.Л., Кылышканов М.К., Подойников М.А., Ударцев С.В., Вечкутов А.Н, Владимиров П.В., Чакин В.П., Гайсин Р.А.
ОПЫТ АО «УМЗ» ПО РАЗРАБОТКЕ И ИСПЫТАНИЮ НОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БЕРИЛЛИЯ.....26
Дьяченко А.Н.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕРИЛЛИЕВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....28
Курбанов М.А., Аликулов Ш.Ш., Халимов И.У., Юлдашев Ш.Ш.
ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ СОРБЦИИ УРАНА И РЕНИЯ ИЗ РАСТВОРОВ ПОДЗЕМНОГОВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....32
Кутербеков К.А., Afroze Sh., Кабышев А.М., Зейнулла Ж.
ДЕКАРБОНИЗАЦИЯ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ, ВОДОРОДНАЯ ЭНЕРГЕТИКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....35
Маликов В.Н., Катасонов А.О., Фадеев Д.А., Ишков А.В., Сагалаков А.М., Дмитриев С.Ф.
РЕНТГЕНОФАЗНЫЙ И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ СВС-ПРОЦЕССА СОВМЕСТНО С ТВЧ-НАГРЕВОМ СМЕСИ $AL+B_2O_3$.....42

Рыспанов Н.Б., Рыспанов Н.Н.
ИЗВЛЕЧЕНИЕ РЕДКИХ, РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ, ЗОЛОШЛАКОВЫХ ОТХОДОВ И ОБЩЕРАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....46
Умиралиева А.Т., Буркурманов Б.Ш., Ширяев В.А.
ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РУДОКОНТРОЛИРУЮЩЕЙ ЭПИГЕНЕТИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ И ЭЛЕМЕНТЫ-СПУТНИКИ УРАНОВОГО ОРУДЕНЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ БУДЕНОВСКОЕ.....49
Садиева Х.Р., Алпысбаева Ж.Т., Кожамжарова Л.С., Атенов Е.
СИНТЕЗ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИНКСОДЕРЖАЩИХ НАНОСОРБЕНТОВ ИЗ ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ.....54
Тлеукулов А.Т., Айдарова С.Б., Набиоллина М.С., Парманов У.С., Юсупова Н.
ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДОЖДЕВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....60
Sarsembekova R., Argimbayev D., Yanzhen W., Aidarova S.
STUDY ON CRUDE OIL DEMETALLIZATION ADDITIVES.....67
Джумадилов Т.К.
ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ СКАНДИЯ И ЕВРОПИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ.....68
Кенжалиев Б.К., Беркинбаева А.Н., Есимова Д.М.
ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УРАНА И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ КАЗАХСТАНА.....70
Пирматов Э.А., Пирматов А.Э. ,Хасанов А.С.
СОСТОЯНИЕ И ПРЕСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИОНООБМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ В ГИДРОМЕТАЛЛУРГИИ РЕДКИХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....73

РАЗДЕЛ V
БЕЗОПАСНОЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОГЕННЫМИ ОТХОДАМИ

Ниханова Д., Давлетияровна А.
ЯДЕРНЫЙ МИР: ВЧЕРА. СЕГОДНЯ.ЗАВТРА.....81
Чеботарев К.Р., Ван Ц.
РАДИАЦИОННОЕ РАЗРУШЕНИЕ БЕТОНА НЕЙТРОНАМИ.....87
Покровский И.В.
ПОРТАТИВНЫЙ ГАММА-СПЕКТРОМЕТР ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ РАДИОНУКЛИДОВ.....95
Адодин В.В., Ибраев Б.М.
РАЗРАБОТАН КАСКАДНЫЙ МЕТОД ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТРИТИЯ, А ТАКЖЕ ИЗОТОПОВ ЦЕЗИЯ И СТРОНЦИЯ.....96
Бакланова Ю.Ю,, Букина О.С., Коянбаев Е.Т., Бакланов В.В., Котляр А.Н.
ОБРАЩЕНИЕ С ОБЛУЧЕННЫМ ВЫСОКООБОГАЩЕННЫМ ТОПЛИВОМ РЕАКТОРА ИГР.....99
Цайлунь В., Шукшина Д. Д., Огородников С.А., Чеботарёв К.Р.
ИЗУЧЕНИЕ БАРЬЕРНЫХ СВОЙСТВ СТРУКТУРНО НЕОДНОРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ МОНТМОЛЛИРОНИТ И ВЕРМИКУЛИТ.....104
Искаков М.М., Кайрамбаев С.К., Перменев Ю.Г., Панова Е.Н., Агапов О.А.
МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОВЕДЕНИЮ КОМПЛЕКСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ.....111

Искаков М.М., Кайрамбаев С.К., Перменев Ю.Г., Панова Е.Н., Большакова Н.А.
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ И МОНИТОРИНГА ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ ДОБЫЧЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ПРИРОДНОГО УРАНА МЕТОДОМ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА ОБЪЕКТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....115
Маликов В.Н., Катасонов А.О., Фадеев Д.А., Ишков А.В., Сагалаков А.М., Дмитриев С.Ф.
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИХРЕТОКОВЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ В ОБОЛОЧКАХ ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ.....120
Фролова Л.М., Обгольц О.Я., Кайназарова А.Э., Кузиева А.В.
ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКЕ ЖИДКИХ ОТХОДОВ ТАНТАЛОВОГО ПРОИЗВОДСТВА АО «УЛЬБИНСКИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ЗАВОД» С ВЫДЕЛЕНИЕМ ФТОРИСТЫХ СОЛЕЙ, ПРИГОДНЫХ ДЛЯ ВНУТРЕННЕГО ПРИМЕНЕНИЯ.....122
Болтанов А.В., Кириллов Е.В., Кузьмин К.А., Кылышканов М.К., Хлебникова И.А.
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В ЯТЦ, С УЧЕТОМ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ.....127
Гусева Н.В., Павлюк А.О., Чихирева В.В.
ОСОБЕННОСТИ ИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ПРИ СОЗДАНИИ БАРЬЕРНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ЗАХОРОНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ.....132
Язиков Е.Г.
МЕЖДУНАРОДНАЯ ПРАКТИКА ОБРАЩЕНИЯ С РАДИОАКТИВНЫМИ ОТХОДАМИ.....134
Журинов М., Абильмагжанов А.З., Кензин Н.Р., Нефедов А.Н.
КОРРОЗИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ.....137
Дворянчиков А.В.,
ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ ПРОИЗВОДСТВА БФВ СУБЛИМАТНОГО ЗАВОДА АО «СХК».....142
Кангожин Б.Р., Тасболатова Л.Т.
ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРИ ПОСТРОЕНИЙ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....143
Тимаков А.С., Токсанбаев Б.Ж., Фоменко А.С., Принзин Н.А., Близнюк В.И.
ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ ОТРАБОТАННЫХ ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ.....147
Байгазинов Ж.А., Лукашенко С.Н., Ковач Т., Актаев М.Р., Баубек Н.А.
ПАРАМЕТРЫ ПЕРЕХОДА РАДИОНУКЛИДОВ В ПРОДУКЦИЮ ЖИВОТНОВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ. ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....154
Bigaliyev A.B., Kulymbetov A.K., Kozhahmetova A.N., Abzhalelov A.B., Aytkulov K., Akbaev A., Soloviyeva E.
TO THE ISSUE OF RESTORATION AND BURIAL OF RADIOACTIVE WASTE ON THE EXAMPLE OF KOSHKAR-ATA TAILING DUMP.....155
Нусупов К.Х., Бейсенханов Н.Б., Кукушкин С.А., Султанов А.Т., Кейінбай С., Бугыбай З.К., Кусайнова А.Ж.
СИНТЕЗ КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КАРБИДА КРЕМНИЯ НА ПОВЕРХНОСТИ КРЕМНИЯ МЕТОДОМ ЗАМЕЩЕНИЯ АТОМОВ.....160
Федорчук Ю.М., Дуйсебаев Б.О., Саденова М.А., Рыбин А.С., Нарыжный Д.В., Данекер В.А., Радивилов В.Р.
УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ И УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ.....164
Baigazinov Zh.A., Lukashenko S.N., Silybayeva B.M., Bukabaeva Zh.T., Kovacs T. Aktayev M.R., Baubek N.A.
THE TRANSFER OF ^{137}CS AND HEAVY METALS TO THE TISSUES OF SNAILS' ORGANS.....169

РАЗДЕЛ VI
ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (ESG), ПРАВОВЫЕ И МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Блынский А.П., Тажибаева И.Л., Клепиков А.Х.
НОРМАТИВНАЯ БАЗА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....170
Диссель К.А.
КРАТКАЯ ИСТОРИЧЕСКАЯ СПРАВКА (ПО ОПУБЛИКОВАННЫМ ДАННЫМ).....177
Зарипова Ю.А., Дьячков В.В., Юшков А.В.
ТЕРМОЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА НА ОСНОВЕ НОВОГО ЯДЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ЯВЛЕНИЯ – СПОНТАННОГО ЯДЕРНОГО СИНТЕЗА.....185
Боковая Н.Н.
ВКЛАД АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ» В ПОДДЕРЖАНИЕ РЕЖИМА НЕРАСПРОСТРАНЕНИЯ ЯДЕРНОГО ОРУЖИЯ.....190
Клепиков А.Х., Тажибаева И.Л., Блынский А.П., Сневе М., Жунусова Т.
ПРОБЛЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ОБЪЕКТОВ И ТЕРРИТОРИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОАКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ.....195
Кокорев О.Н., Жилина Е.Н., Ершов В.В., Самосудова А.В., Набокова А.Н.
НЕДОСТАТКИ НОРМАТИВНО-ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА ЗА ЭКЗОГЕННО-ГЕОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ, ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ, НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АТОМНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СИБИРСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА.....202
Өмірғали А.Қ., Аманкелдина Ж.С.,
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИДЕЯМИ И ПРЕДЛОЖЕНИЯМИ СОТРУДНИКОВ.....204
Өмірғали А.Қ., Аманкелдина Ж.С.,
УПРАВЛЕНИЕ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМИ И ОПЫТНО-КОНСТРУКТОРСКИМИ РАБОТАМИ: ФИНАНСИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИЯМИ, МИРОВЫЕ ПРАКТИКИ.....207
Өмірғали А.Қ., Аманкелдина Ж.С.
УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ОХРАНЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ.....214
Орынбекова З.О., Джетыбаева Р.К.
ПАТЕНТОВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЙ В ОБЛАСТИ ДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ УРАНОВЫХ РУД В КАЗАХСТАНЕ.....220
Отыншиев Б.А., Шост Ю.А.
ТҰРАҚТЫ ДАМУ МӘСЕЛЕЛЕРІ (ESG), ҚҰҚЫҚТЫҚ, МАКРОЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖӘНЕАТОМ САЛАСЫНЫҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІНІҢ БІЛІМ БЕРУ АСПЕКТІЛЕРІ.....222
Отыншиев Б.А., Шост Ю.А.
ВОПРОСЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ (ESG), ПРАВОВЫЕ, МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ.....226
Otynshiev B.A., Shost Yu.A.
SUSTAINABLE DEVELOPMENT ISSUES (ESG), LEGAL, MACROECONOMIC AND EDUCATIONAL ASPECTS OF THE FUNCTIONING OF THE NUCLEAR INDUSTRY.....230
Степанова О.А., Ермоленко М.В., Касымов А.Б.
К ВОПРОСУ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ ДЛЯ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ.....234
Шаменов А.А.
ВКЛАД НАУКИ В УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЕ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ НА ПРИМЕРЕ ПРОЕКТОВ АО «ФОНД НАУКИ».....238
Садырбаев Ж.А., Шуриев Т.Х., Беккулиев А.Б.
АНАЛИЗ И МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ДЕКАРБОНИЗАЦИИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ» ДО 2060 ГОДА.....241

Lepsibaev Ch.K.
EDUCATION AND CHALLENGES OF RADIOPHOBIA IN MODERN KAZAKHSTAN.....245
Mojtaba Mirzaeian, Qaisar Abbas, Andrew Hursthouse, Saule Aidarova, Maratbek T Gabdullin, Zhanar Ospanova[4]
DEVELOPMENT OF FUNCTIONAL MATERIALS FOR THE REMOVAL OF HEAVY METALS FROM INDUSTRIAL WASTE WATERS.....246

РАЗДЕЛ VII
ЦИФРОВИЗАЦИЯ, АВТОМАТИЗАЦИЯ И РОБОТИЗАЦИЯ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Hajime Ikeda, Tsuyoshi Adachi, Hisatoshi Toriya, Brian Bino Sinaice, Daniyar Malgazhdar, Fidelis Suorineni, Youhei Kawamura
OVERVIEW OF SMART MINING FROM JAPAN PERSPECTIVE.....252
Vincent Lagneau, Antoine Collet, Irina Sin, Yerlibek Bolat, Arnaud Colat-Parros, Olivier Regnault, Sofia Escario Perez, Nicolas Seigneur, Michaël Descostes
REACTIVE TRANSPORT SIMULATION: AN OPERATIONAL DECISION-MAKING TOOL FOR ISR EXPLOITATION AND POST-EXPLOITATION.....259
Азбергенова А.Б., Сысалетин А.В., Вурим А.Д., Бакланова Ю.Ю., Ермаков В.А., Исламов Р.С.
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ ПРОЦЕССОВ ТЯЖЕЛЫХ АВАРИЙ НА ЛВР.....260
Гурова Н.В., Титекли Б.М., Слатин А.С.
УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ КАК КОМПОНЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ.....263
Кыдырбаев А.С., Ергалиев Ж.У., Султанбеков С.А., Кыдырбаев А.С.
РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОИСКА, РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СПОСОБОМ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ.....269
Милокумов В.С.
ТРЕНДЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ В ЛАБОРАТОРНОЙ ПРАКТИКЕ.....271
Слатин А.С., Гурова Н.В.
ЛАБОРАТОРНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА И ГЕНЕАЛОГИЯ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ. КОНСТРУКТОР ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ОТЧЕТНОСТИ.....274
Трубанёв К.В.
РЕШЕНИЯ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОИЗВОДСТВОМ, БЕЗОПАСНОСТЬЮ И АВТОМАТИЗАЦИИ ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....281
Тулешов А.К., Алтынбек А.Д., Ибраев С.М., Сейдахмет А.Ж., Жамалов Н.К., Абдураимов А.Е.Камал А.Н., Алимбаев Ч.А., Калиев М.Ж., Канапия М.О., Аманов Б.О., Толебаев Н.С.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ОПЕРАЦИЙ ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ КРЫШКИ ЛЮКА ТРАНСПОРТНОГО УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ТУК-118, РАЗРАВНИВАНИЯ, УПЛОТНЕНИЯ, ОТБОРА ПРОБ УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТА.....284
Тулешов А.К., Алтынбек А.Д., Ибраев С.М., Сейдахмет А.Ж., Джамалов Н.К., Абдураимов А.Е., Камал А.Н., Алимбаев Ч.А., Калиев М.Ж., Канапия М.О., Аманов Б.О., Толебаев Н.С.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ОТБОРА ПРОБ УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТА ИЗ ТРАНСПОРТНОГО УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ТУК-118.....287
Тулешов А.К., Алтынбек А.Д. Ибраев С.М. Сейдахмет А.Ж., Джамалов Н.К., Ешмухаметов А.Н., Абдураимов А.Е., Камал А.Н., Алимбаев Ч.А., Калиев М.Ж., Канапия М.О., Аманов Б.О., Толебаев Н.С.
КОМПЛЕКСНАЯ РОБОТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УРАНОВОГО ПРОИЗВОДСТВА (НА ПРИМЕРЕ ФИЛИАЛА «ИРКОЛЬ» ТОО «СЕМИЗБАЙ-U».....290

Тулешов А.К., Алтынбек А.Д., Ибраев С.М., Сейдахмет А.Ж., Джамалов Н.К., Абдураимов А.Е., Камал А.Н., Алимбаев Ч.А., Калиев М.Ж., Канапия М.О., Аманов Б.О., Толебаев Н.С.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ РАЗРАВНИВАНИЯ, УПЛОТНЕНИЯ УРАНОВОГО КОНЦЕНТРАТА В ТРАНСПОРТНЫЙ УПАКОВОЧНЫЙ КОНТЕЙНЕР ТУК-118.....296
Тулешов А.К., Алтынбек А.Д., Ибраев С.М., Сейдахмет А.Ж., Джамалов Н.К., Абдураимов А.Е., Камал А.Н., Калиев М.Ж., Канапия М.О.
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОДЪЕМА-ОПУСКАНИЯ КРЫШКИ ТРАНСПОРТНОГО УПАКОВОЧНОГО КОНТЕЙНЕРА ТУК-118.....299
Садырбаев Ж.А., Шуриев Т.Х.
ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПРЕДИКТИВНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСОСНОГО И КОМПРЕССОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ (PREDICTIVE MAINTENANCE).....301
Самигулин Т.И.
РАЗРАБОТКА СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ НА БАЗЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА.....305
Елекеев Е.М., Колыхалов П.И., Степанов Б.П.
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ СИСТЕМ РЕАГИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ.....308
Веретельников Н.В., Сайдалина Н.С., Ющенко Е.В., Өмірғали А.Қ.
TQM КАК ИНСТРУМЕНТ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.....311
Бобровный Е.В.
«SMART ГТП». СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ДОБЫЧНОГО УЧАСТКА РУДНИКА ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ РУДНИКА «АКДАЛА».....313

СБОРНИК ТРУДОВ

X ЮБИЛЕЙНОЙ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, ПОСВЯЩЕННОЙ 25-ЛЕТИЮ АО «НАК «КАЗАТОМПРОМ» И 20-ЛЕТИЮ ТОО «ИНСТИТУТ ВЫСОКИХ ТЕХНОЛОГИЙ»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ УРАНОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

24–26 ноября 2022 г.

https://uranconference.kz

Часть 2

Редакторы Скуратова Ирина Михайловна

Компьютерный дизайн и верстка Жадыранова Гульнур Даутбековна

Подписано в печать 19.09.2022 г.
Формат 60x84 $^{1}/_{16}$. Бумага тип. Уч.-изд.л. 4,5 Тираж 300 экз.
Заказ №185

Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59