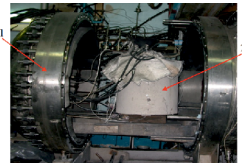
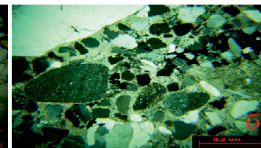
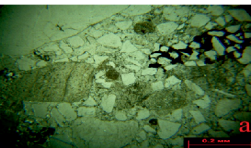
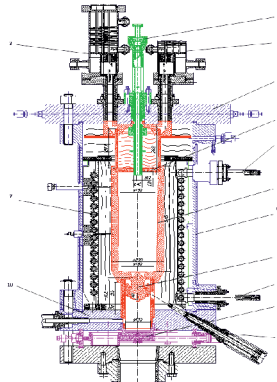
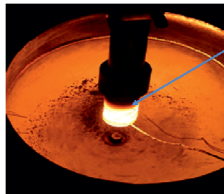
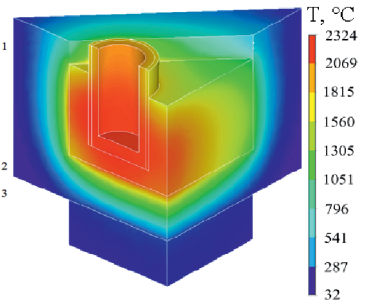
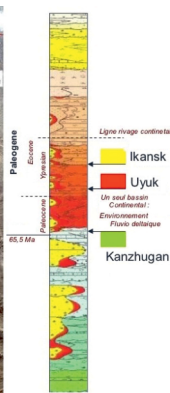
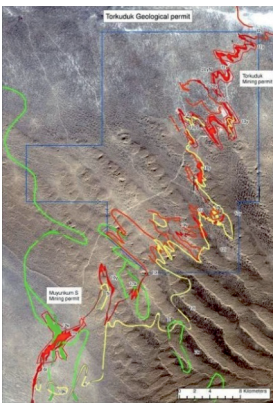
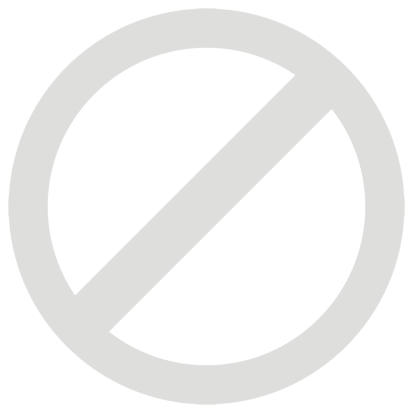




# ЯДЕРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ Республики Казахстан

выпуск 13





# **Ядерный потенциал Республики Казахстан**

ВЫПУСК 13

Астана  
2017

## РАЗВИТИЕ УРАНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

**Арапов А.М., Бектурсынов К.Т.**  
ТОО «АППАК», г. Шымкент, Казахстан

ББК 31.4я 43  
Я34

Я34 Ядерный потенциал Республики Казахстан: Сборник докладов, выпуск 13, 2016-2017 / Ассоциация «Ядерное общество Казахстана». — Астана, 2017, 140 стр.

ISBN 9965-32-597-9

Семинары «Ядерный потенциал Казахстана» организуются ассоциацией «Ядерное общество Казахстана» ежегодно для молодых специалистов ядерных предприятий. Каждый семинар проходит на базе разных предприятий ядерной отрасли.

### Цели и задачи:

- активизация творческой деятельности и поддержка научного и творческого творчества молодых ученых и специалистов ядерных предприятий;
- содействие профессиональному росту молодежи, развитию молодежных научных инициатив и закреплению молодых ученых и специалистов на ядерных предприятиях РК;
- представление, защита и реализация профессиональных, интеллектуальных, юридических интересов и прав молодых ученых и специалистов на ядерных предприятиях РК.

На семинарах обсуждаются проблемы уранодобывающей промышленности; производства ядерного топлива; атомной энергии; ядерной физики, радиоэкологии, геофизики; юридические, макроэкономические и образовательные аспекты в ядерной отрасли.

В семинарах ежегодно принимают участие представители организаций ядерного профиля: Казатомпром, УМЗ, НЯЦ РК, ИАЭ НЯЦ РК, ИЯФ РК, ИГИ, Волгвгеология, ИВТ, урановых рудников, а также студенты КазНУ им.Аль-Фараби и КазНТУ им.Сатпаева и представители ИРБЭ НЯЦ РК.

По единодушному мнению участников семинары являются весьма полезными, стимулирующими к дальнейшему взаимодействию.

ISBN 9965-32-597-9

ББК 31.4я 43

Казахстан занимает второе место в мире по разведанным запасам природного урана. Около 12 % от всех разведанных мировых запасов сосредоточено в недрах Республики Казахстан. Общие разведанные запасы страны оцениваются более 900 тыс. тонн урана.

В 2009 году Казахстан вышел на первое место по добыче урана в мире и продолжает сохранять лидирующие позиции на мировом рынке природного урана, несмотря на неблагоприятную ценовую конъюнктуру рынка. Казахстан производит почти 40 % от мировой добычи урана.

Объем добычи урана по предприятиям группы компаний АО «НАК «Казатомпром» за 2015 год составил 23 805 тонн урана, по сравнению с аналогичным периодом прошлого года объем добычи урана увеличился на 4,3 %. Плановые показатели на 2016 год составляют 24 080 тонн.

В 2015 году объем добычи урана по сравнению с 2009 годом увеличился на 70 %.

Основные добывающие предприятия атомной отрасли расположены в Кызылординской и Южно-Казахстанской областях, в которых расположены основные разведанные запасы и ураново-рудные провинции Казахстана.

Одним из этих предприятий является ТОО «АППАК»

ТОО «АППАК» - первое совместное казахстанско-японское предприятие, вышедшее на промышленное производство урана.

Компания была создана в 2005-м году с целью разработки участка «Западный» месторождения «Мынкудук». На момент создания ее единственным учредителем было АО «НАК «Казатомпром».

**6 июля 2006 года** ТОО «АППАК» перерегистрировано с новым распределением долей участия: АО «НАК Казатомпром» - 65 %, Sumitomo Corporation - 25 % и The Kansai Electric Power - 10 %. Создание ТОО «АППАК» является первой частью реализации программы стратегического партнерства между указанными компаниями.



Строительство производственных мощностей и жилого фонда рудника с последующим вводом в промышленную эксплуатацию были осуществлены в кратчайшие сроки.

Уже через десять дней после перерегистрации предприятия на руднике были начаты строительные работы.

**В феврале 2007 года** соорудили первую технологическую скважину.

В августе того же года была получена государственная лицензия на сооружение, ввод в эксплуатацию, эксплуатацию и вывод из эксплуатации объектов использования атомной энергии.

**1 мая 2008 года** был получен первый уран в виде товарного десорбата.

**3 июня 2008 года** состоялось официальное открытие рудника «Западный Мынкудук».

Все работы на руднике ТОО «АППАК» проводятся в соответствии с требованиями экологического кодекса Республики Казахстан.

**24 декабря 2008 года** проведена государственная приемка объектов рудника ТОО «АППАК» введено в эксплуатацию 2 (два) технологических блока.

**4 января 2009 года** получен первый продукт в виде Химического концентрата природного урана на руднике ТОО «АППАК» который на сегодняшний день отвечает всем требованиям международных стандартов.

Производственная мощность компании ТОО «АППАК» составляет 1 000 тонн готовой продукции в год, в виде закиси окиси урана.

Не смотря на то что Рудник был построен на основании стандартного проекта с известными технологическими решениями по добыче и переработке урана, специалисты предприятия постоянно продолжают искать решения, в целях оптимизации технологических процессов и снижения себестоимости продукции.

Одним из таких решений являются замена ионита, с мелкозернистого на более крупнозернистый, эта дает нам возможность увеличить производительность сорбционного передела, снизить давление в коллекторе, продлить срок службы основного оборудования.

Данное решение дает возможность избежать таких затрат как строительство дополнительных зданий и сооружений, монтаж дополнительного оборудования.

Если учитывать что многие уранодобывающие предприятия в стране, в будущем будут сталкиваться с такой проблемой, как снижение концентрации в продуктивном растворе и для поддержания производственных мощностей возникнет не-

обходимость увеличения объема перерабатываемых растворов, то данные меры принятые специалистами ТОО «АППАК» можно рассматривать как один из вариантов решения проблем.

| Наименование показателей                           | Benjion UB 2620 |                 |
|--|-----------------|-----------------|
|  | Мелкозернистый  | Крупнозернистый |
| Механическая прочность<br>воздушно-сухого ионита % | 99              | 99              |
| Полная обменная емкость<br>по Сl, мг-экв/г         | 4,32            | 4,39            |
| Сильноосновные группы, мг-экв/г                    | 3,79            | 3,85            |
| Слабоосновные группы, мг-экв/г                     | 0,53            | 0,54            |

#### **Модернизация печи ВГТП-8. Улучшение теплоизоляционной способности и снижение себестоимости нагревательных элементов в печи ВГТП-8**

В течение ряда лет ТОО «ИВТ» проводил исследования возможности пероксидного осаждения урана из товарных регенератов. Разработанный способ получения товарных концентратов урана позволил усовершенствовать действующую в настоящее время технологическую схему и сократить количество переделов. Результаты свидетельствуют о возможности стабильного получения химического концентрата природного урана (далее - ХКПУ), соответствующего международному стандарту ASTM C 967-87, без экстракционным методом.

С переходом многих уранодобывающих предприятий Казахстана на пероксидное осаждение урана, те предприятия которые ограничивались выпуском желтого кека постепенно начали налаживать производства по получению ЗОУ.

Следует отметить, что концентрат урановой руды (закись окись урана) является промежуточным продуктом в производстве двуокиси, тетрафторида, гексафторида и металлического урана. Кроме того, благодаря высокой стабильности при обычных условиях концентрат урановой руды может использоваться для целей хранения.

Имея свое печное отделение, предприятие существенно снижает расходы на перевозку и на переработку выпускаемой продукции.

В ТОО «АППАК» в печном отделении для прокалки желтого кека, проектом было заложена печи, марки ВГТП-8. Не только у нас, но и во многих предприятиях данная марка печи широко применяется. Как и любое оборудование, так и печи ВГТП-8, имеет ряд преимуществ так и недостатков. Одним из этих недостатков можно назвать морально устаревшие материалы для теплоизоляции, высокое энергопотребление по сравнению с аналогичными печами зарубежного производства, нагревательные элементы используемые для разогрева печи, отсутствие современных блоков управления печами и синхронизации с АСУТП.

Не для кого не секрет, что данная печь существует уже давно, и не подвергалось модернизации. А импортные аналоги печей стоят существенно дороже. Учитывая неблагоприятную ценовую конъюнктуру рынка на уран, мы не могли себе позволить закуп дорогостоящего импортного оборудования. Пришлось искать выход данной ситуации самим, выход был один.

Специалистами ТОО «АППАК» было принято решение для устранения выше указанных технических недостатков.

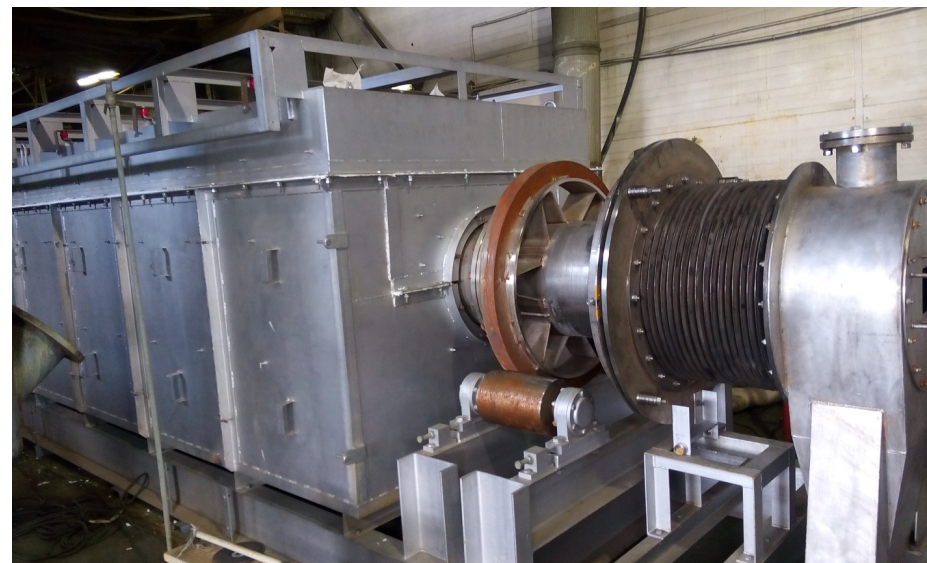
Для оптимизации работы печи был установлен тиристорный блок управления. Данная работа обеспечивает плавный нагрев, тем самым продлевает срок службы нагревательных элементов, поддерживает оптимальную температуру в печи.

Улучшили теплоизоляционные характеристики печи, дополнительно используя минеральную вату. Надо отметить, после проведения теплоизоляции, выросла производительность печи, улучшилось качества выпускаемой продукции.

Для снижения себестоимости готовой продукции в целом, и в частности нагревательных элементов для печи ВГТП-8 впервые у нас начали производить готовое изделие из фехралевого проволоки в виде нагревательных элементов на территории рудника. Данная работа дает хороший экономический эффект, если сравнить цены, в среднем цена на готовые нагревательные элементы для печей ВГТП-8 колеблется в районе 40,000 - 35,000 тг, при собственном производстве, снизили себестоимость изделия до 5 000 - 7 000 тг.



В рамках программы поддержки отечественных производителей и импортозамещения в стране, ТОО «АППАК» совместно с ТОО «ИВТ» и ТОО «МАШЗАВОД» разработал новый проект по модернизации печи ВГТП-8. Заказчиком и инициатором проекта выступил ТОО «АППАК». Основываясь на огромном опыте специалистов ТОО «АППАК», работы с печами типа ВГТП-8, вышли с предложением устранить существующие на старых печах недостатки на стадии проектирования и изготовления.



#### Новая жизнь изношенному технологическому оборудованию

Рудник ТОО «АППАК» начал свою производственную деятельность с 2008 года, начав переработку продуктивных растворов с Инкудукского и Мынкудукского рудных горизонтов (растворы богаты  $Cl^-$ ). Среднее содержание урана в растворах по проекту 70-75 мг/л, фактические данные исходя из опыта работы рудника за 6 лет – 40-55 мг/л.

Первоначальным проектом было предусмотрена работа рудника на 9 сорбционных колоннах типа СНК-3М и трех колонн СДК-1500 а так же ряда колонн КИ-2000. Как и на других рудниках, основным материалом для изготовления оборудования является сталь 12Х18Н10Т (и ее аналоги), а так же для изготовления части СДК и КИ – применяются стали молибденсодержащие – для увеличения стойкости к химической коррозии. Так же общеизвестным фактом является то, что самым слабым с точки зрения стойкости к воздействию коррозии является сварной шов, а так же ближайшая зона вокруг шва – подверженная термическому воздействию во время сварных работ.

Стоило бы еще отметить, что одни и те же марки сталей выпущенные в советское время и сейчас довольно сильно разнятся по своим, как физическим, так и эксплуатационным характеристикам. Оборудование на рудниках, построенных в советское время работающие на тех же технологических растворах с теми же активными окислителями ( $Cl^-$  и др.), но эксплуатируется без нареканий, в то время, как оборудование, выполненное из современных сталей той же марки ведется себя не лучшим образом.

Наверное многие рудники начинали свою деятельность на смолах находящихся в «хлорной форме», что так же не положительным образом отразилось на

долговечности оборудования не смотря на ту пассивацию, которую все пытались проводить используя растворы серной кислоты и аммиачной селитры (в редких случаях использование меланжа на основе азотной кислоты).

С 2011 года все чаще и чаще нам приходилось останавливать технологическое оборудование (чаще всего колонны СНК), для проведения ремонтных (в основном сварных) работ. По известным причинам наиболее подвержена износу нижняя конусная часть колонны.

В то же время, как и большинство рудников, мы начали искать способы и материалы, полимерной защиты колонн, увеличив тем самым межремонтный период и время простоя оборудования. Материалы для покрытия оборудования использовались разные по своей химии (полиуретан, покрытие на основе эпоксидных смол (ФЛК-2) и т.д.), но как показал опыт, нашего предприятия так и других рудников – фактические сроки работы данного покрытия были довольно небольшие (реже более года). Основными причинами не способности покрытия обеспечить защитный слой на поверхности оборудования – низкая адгезия, тем более на нержавеющих сталях. Специальная подготовка оборудования (пескоструйная и дробеструйная обработка), не оказывает значимого эффекта, а стоит только локально (незначительно) покрытие получить повреждение - как все покрытие будет под ноль «содрано» перегружаемым ионом с поверхности колонны. Механический износ на истирание со стороны перегружаемого ионита (как абразива) так же оказывает в числе основных факторов свое отрицательное значение.

А проблема выхода из строя оборудования и как следствие внеплановые простои – росли с каждым месяцем.

Низкие цены на уран на мировых рынках очень тяжело отразилось на нашем предприятии, работа постоянно при дефиците денежных средств, отказ от большинства капитальных вложений – только необходимое, все для поддержания работы рудника до лучших времен. С 2012 года нам удалось выйти на максимальную производственную мощность 1 000 тонн урана в год, с учетом не подтверждения содержания урана в ПР растворах, единственный путь выполнения производственных планов – являлся работа сорбционного оборудования на пределе возможностей с минимальными незапланированными простоями. Часовая производительность по переработке ПР растворов на 9 колонах СНК превышала 3 000 м<sup>3</sup>/час. Не имея средств на замену изношенного оборудования, оставалось работать на том, что имеем, с вложением минимальных средств.

Применяемые материалы – стекломаты и стеклоткань – чередующиеся в зависимости от технологических параметров пропитанные полимерными смолами отечественного или импортного производства (Англия или аналоги). Общая толщина покрытия 5-7 мм, конусную часть колонны желательнее покрыть более толстым слоем, так как она подвержена наибольшей нагрузке на истирание, дополнительного внимания требуют углы сварных конструкции, их необходимо скруглять специальными шпатлевками, для снижения вероятности возникновения пустот (технология может разниться в зависимости от материалов и конструкции оборудования).

Таким образом, получается колонна в колонне, задача внешнего изношенного стального стакана обеспечивать «бандаж» всей конструкции. Именно самонесущие свойства покрытия принципиально отличают его от всех ранее использованных полимерных покрытий, а проблема адгезия в данном случае отходит на второй план. Работа такого сэндвича при высоких давлениях (те же параметры, что и в стальной колонне), при сохранении геометрических размеров, существенно отличает его от ПНД колонн (не в пользу последних).

В настоящее время нами покрыто 8 колонны СНК, емкости хранения товарного десорбата, реакторы осаждения и контрольные сита (грохота), в ближайшее время планируем покрыть еще порядка двух колонн СНК. Ограниченность средств, позволяет поочередно небольшое количество колонн – наиболее изношенных. Таким образом новые колонны могут самостоятельно работать до износа и далее не меняя их данным покрытиям давать вторую жизнь оборудованию. Первая пилотная колонна (СНК-3М) отработала более полутора лет без каких либо нареканий и без единой остановки на ее ремонт. Учитывая стоимость простоя оборудования, стоимость и срок без аварийной работы колонн – считаем, что незначительная стоимость покрытия (на фоне нового оборудования) вполне может продлить жизнь старого изношенного оборудования, тем самым обеспечив предприятие стабильной работой без дополнительных капитальных вложений на замену оборудования. Со временем по завершению эксперимента (определив фактический срок наработки, слабые стороны и т.д.), данную технологию можно будет максимально оптимизировать под нужды предприятий. Дополнительно на рынке появляются новые технологичные материалы типа ТехноПласт-рулон/FibaRoll –требующие отдельного и пристального внимания.

Думаем, что наш опыт использования данного покрытия будет полезен и другим уранодобывающим предприятиям, в продлении срока службы технологического оборудования.

### **Внедрение в производства проточного аналитического прибора**

В рамках программы трансформации и в частности по внедрению системы «Цифровой рудник» проточные анализаторы количественного состава того или иного химического элемента является не заменимыми и способными обеспечить своевременное получение результатов химического анализа в режиме онлайн без участия людей для проботбора и проведения химического анализа. Результат анализа преобразуется в цифровой сигнал и может быть внедрен в любую систему АСУТП и базу данных. Таким образом данные приборы обеспечивают бесперебойный анализ в онлайн режиме в протоке без вмешательства человеческого фактора и полностью или частично (в зависимости от поставленных задач) позволяет отказаться от физико-химических лабораторий на предприятии.

Основным критерием грамотной работы технологов уранодобывающих и перерабатывающих предприятий является полнота, точность и своевременность получения данных. Наши работники порой вынуждены использовать данные анализов постфактум, подтверждая или опровергая ранее произведенные расчеты. С одной стороны, это заставляет инженеров работать на опережение, заранее

производя перегрузы ионита, или меняя объемы потоков растворов. Но насколько бы точнее и оперативнее можно было бы работать, видя фактическую картину происходящих физико-химических параметров в реальном времени или с минимальной задержкой. Кроме этого, благодаря полноте и своевременности получаемых данных с успехом решалась бы вторая задача – автоматизация процесса.

Так появилась необходимость в приборе, позволяющем в протоке, практически без задержки по времени давать максимально точную информацию при минимальных издержках на обслуживание. Такой прибор обеспечил бы оперативность поступления информации для принятия тех или иных решений, позволил бы разгрузить персонал лаборатории, и обеспечить в дальнейшем полностью автоматизированную работу. И самое главное – работать с растворами с содержанием урана от 1 мг/л, на любом переделе. В частности, автоматический контроль содержания урана в продуктивных и выщелачивающих растворах (после сорбции), работы десорбции и на осаждении (для контроля маточников) и т.д.



ПТУ ТОО «АППАК», совместно с сотрудниками ФХЛ Рудника и сотрудниками ТОО «ТехноАналит», провели испытания и внедрили проточный аналитический прибор ПАП-СРВ на базе энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра СРВ-1Н отечественного производства ТОО «ТехноАналит», Казахстан. Данный прибор предназначен для непрерывного количественного определения полезных компонентов в технологических растворах (пульпах), автоматической обработки измеренной информации и возможности выдачи результатов обработки в виде выходного сигнала для управления исполняющими механизмами.

Проточный аналитический прибор позволяет определять уран во всех технологических продуктах участков переработки продуктивных растворов ПСВ урана в диапазоне концентраций от 1 мг/л до 20 г/л.

Данный прибор уже порядка четырех лет автономно и исправно работает, обеспечивая данными с трех независимых потоков (с трех работающих колонн СДК).

Наш опыт (конкретный конечный прибор) успешно распространен и на других предприятиях холдинга АО НАК «Казатомпром».

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЩЕЛЕВОГО ФИЛЬТРА С РАЗЛИЧНОЙ ГРАВИЙНОЙ ОБСЫПКОЙ В КОЖУХЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН

**Ниязов Т.А.**

АО «Волковгеология», г. Алматы, Казахстан

Цель внедрения: повышение эффективности работ.

1. Сокращение затрат времени при сооружении тех.скважин за счёт исключения этапа разбурки скважины (Ø 215 мм), этапа расширения рудной зоны и этапа обсыпки скважины, а также ожидания оседания обсыпки (около 3 часов).
2. Сокращение затрат материалов при сооружении технологических скважин.

Преимущества применения универсальных щелевых фильтров:

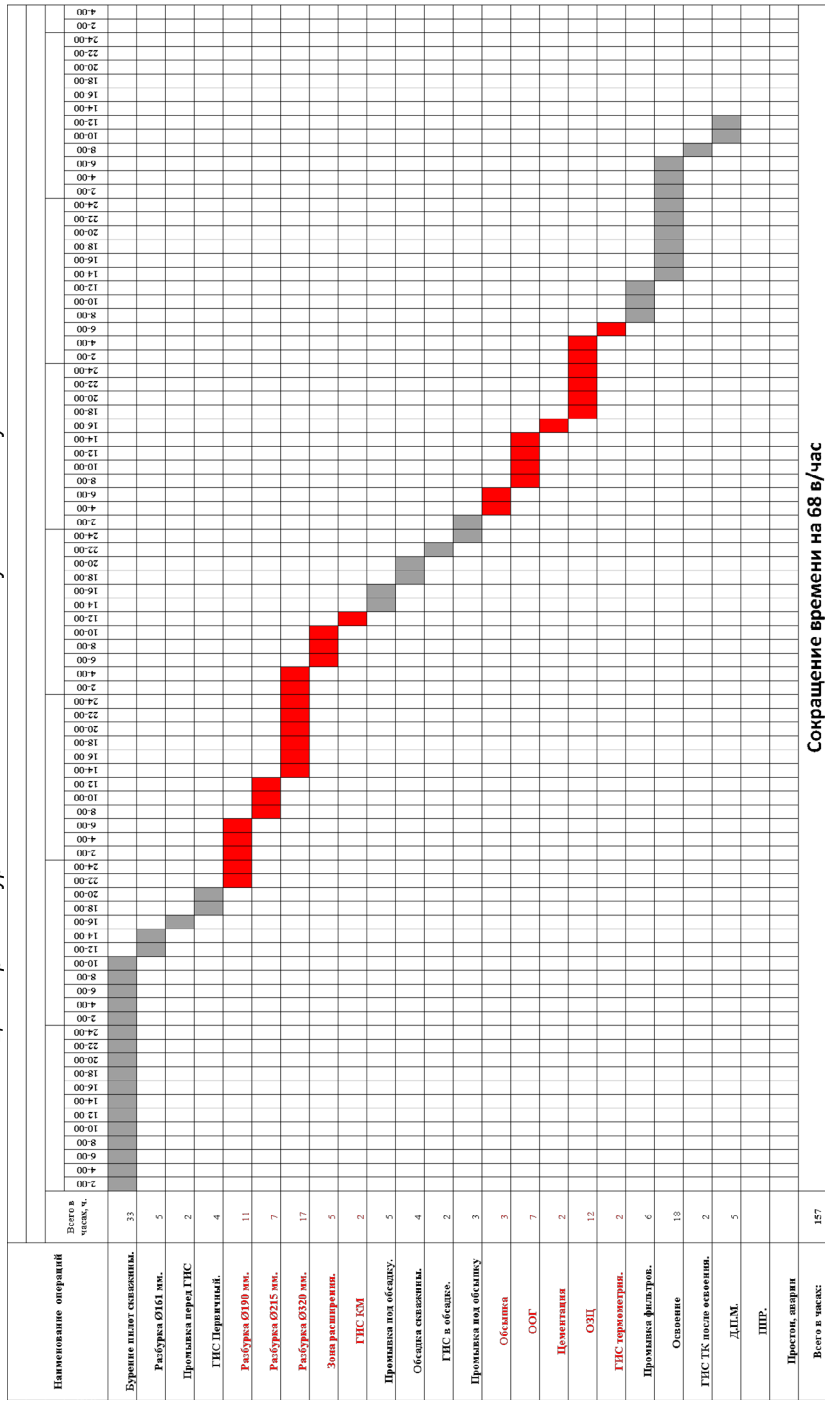
- исключение разбурки рудной зоны (зона расширения);
- уменьшение диаметра скважины (Ø 161 мм.);
- исключение процесса гравийной обсыпки, ООО (ожд. осед. опсып.);
- высокая скважность фильтров (17,67 %);
- увеличение скорости сооружения технологических скважин;
- исключение процесса цементации в пользу возможности применения бентогилъз.

Принцип работы и устройство УЩФ:

- Фильтр представляет комбинацию из двух труб разного диаметра, с нанесенной по всей поверхности труб перфорацией, из которых труба большего диаметра Ø 140 × 5 мм (кожух) размещена на трубе меньшего диаметра Ø 90 × 8 мм (каркас) и жестко закреплена с помощью двух стопорных колец и стяжных муфт, изготовленных из полимерных материалов.
- В результате чего образуется межтрубное пространство куда помещается различный дополнительный фильтрэлемент – кислотостойкий гравий округлой формы, различных размеров – от 3 мм до 5 мм, имитирующих гравийную обсыпку.
- Плотность заполнения составляет 85-90 % от общего объема межтрубного пространства. Наличие свободного пространства дает возможность постоянного движения отдельных частей наполнителя в межтрубном пространстве, примыкающего к забою. Такое движение в динамике (при работающих насосно-компрессорных установках) будет очищать поверхность фильтра-кожуха от налипания мелкозернистого песка, глинисто-алевролитовых пород и гипсовых частей.
- Таким образом, фильтр характеризуется высокими фильтрационными свойствами, так как в нем происходит трехуровневая очистка: жидкость подвергается механической очистке на наружном и внутреннем щелевом фильтро-элементе, а также в гравийном наполнителе.

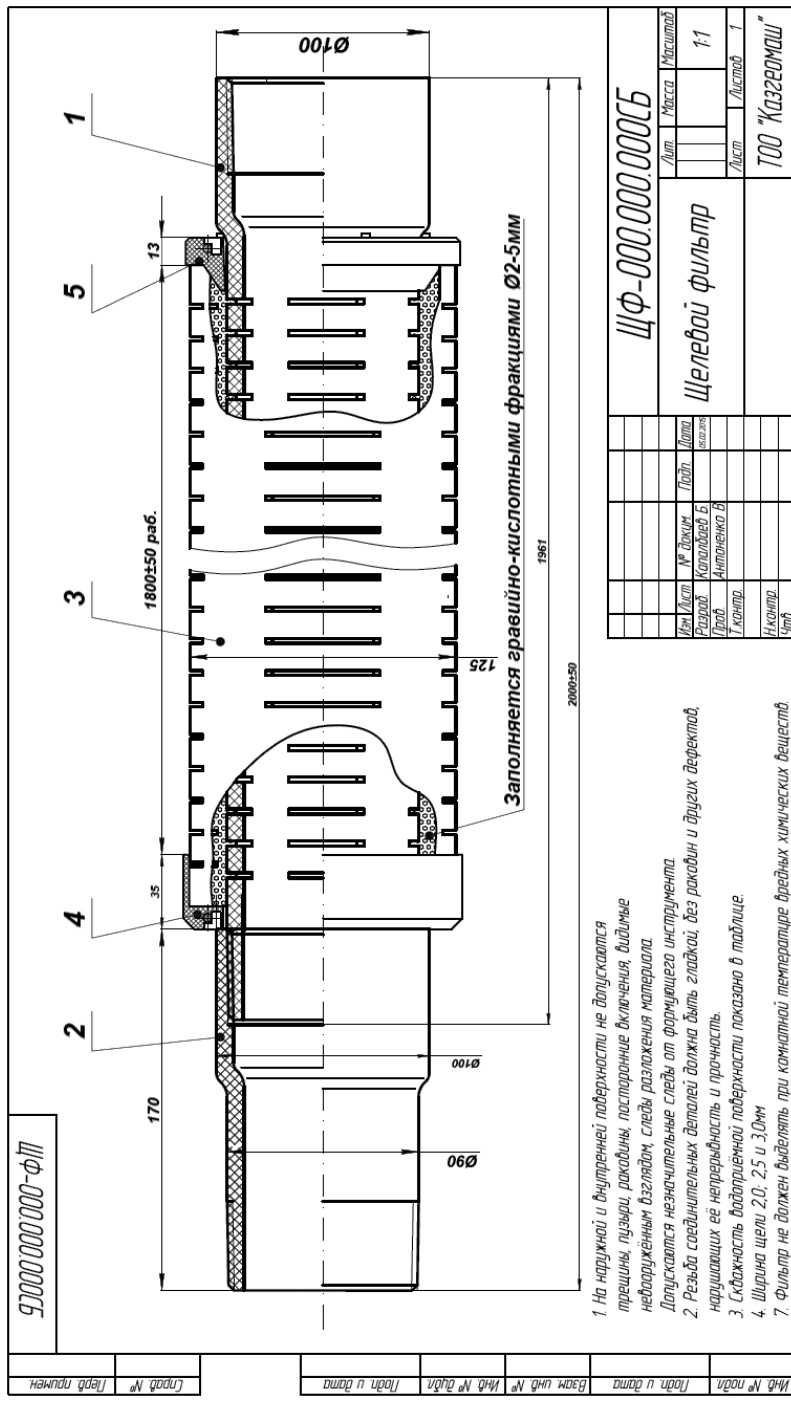


Циклограмма бурения откачной скважины на участке Канжуған 6У



Сокращение времени на 68 в/час

Универсальный щелевой фильтр (УЩФ)





## Техническая характеристика УЩФ-125

соответствие ГОСТ 14332 и тех. требованиям, в таблицах № 1, 2.

Таблица 1. Наружный кожух

| Тип УЩФ | Ширина щели наружного кожуха, мм | Скважность водоприемной поверхности не менее, % | Наружный Ø фильтро-элемента, мм | Внутренний Ø фильтро-элемента, мм | Кол-во щелей, шт | Расстояние между щелями поперечного сечения, мм |
|---------|----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| 125×90  | 2,0                              | 19,65   | 125                             | 117                               | 1 500            | 5,0   |

Таблица 2. Опорный каркас

| Тип УЩФ | Ширина щели наружного кожуха, мм | Скважность водоприемной поверхности не менее, % | Наружный Ø фильтро-элемента, мм | Внутренний Ø фильтро-элемента, мм | Кол-во щелей, шт | Расстояние между щелями поперечного сечения, мм |
|---------|----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| 125×90  | 2,0                              | 27,78   | 90                              | 74                                | 1 112            | 5,0   |

## Техническая характеристика фильтра УЩФ-140

соответствие ГОСТ 14332 и тех. требованиям, в таблицах № 1, 2.

Таблица 1. Наружный кожух

| Тип УЩФ | Ширина щели наружного кожуха, мм | Скважность водоприемной поверхности не менее, % | Наружный Ø фильтро-элемента, мм | Внутренний Ø фильтро-элемента, мм | Кол-во щелей, шт | Расстояние между щелями поперечного сечения, мм |
|---------|----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| 140×90  | 2,0                              | 24,53   | 140                             | 130                               | 1 626            | 5,0   |

Таблица 2. Внутренний каркас

| Тип УЩФ | Ширина щели наружного кожуха, мм | Скважность водоприемной поверхности не менее, % | Наружный Ø фильтро-элемента, мм | Внутренний Ø фильтро-элемента, мм | Кол-во щелей, шт | Расстояние между щелями поперечного сечения, мм |
|---------|----------------------------------|---|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|---|
| 140×90  | 2,0                              | 26,23   | 90                              | 74                                | 1 112            | 5,0   |

## Количество обсаженных скважин фильтрами УЩФ

|             | 2015 | 2016 |
|-------------|------|------|
| Южный Инкай | 1    | -    |
| Канжуган    | 2    | -    |
| Орталык     | 3    | 4    |
| Аппак       | -    | 4    |
| Семизбай    | 8    | 3    |
| Итого       | 14   | 11   |

## ПЕРСПЕКТИВЫ УРАНОНОСНОСТИ АККУМ-ЯНЫКУРГАНСКОЙ ПЛОЩАДИ

<sup>1</sup>Уезбаев Т.Н., <sup>2</sup>Рахметова А.<sup>1</sup> филиал «ГРЭ-23» АО «Волковгеология», п. Шиели, Казахстан<sup>2</sup>АО «Волковгеология», г. Алматы, Казахстан

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Аккумуляно-Яныкурганская поисковая площадь расположена на территории Яныкурганского района Кызылординской области Республики Казахстан.

Район поисков располагается в пределах Сырдарьинской урановорудной провинции. Эта провинция охватывает краевую северо-восточную часть Сырдарьинской впадины. На территории провинции выявлены, разведаны и вовлечены в эксплуатацию промышленные месторождения пластово-инфильтрационного типа: Северный и Южный Харасан, Северный Карамурун, Южный Карамурун, Ирколь, Заречное и др. Кроме известных рудных объектов выявлены рудопроявления урана аналогичных типов, в том числе рудопроявления Яныкурган и Аккумуляно. Рис. 1.

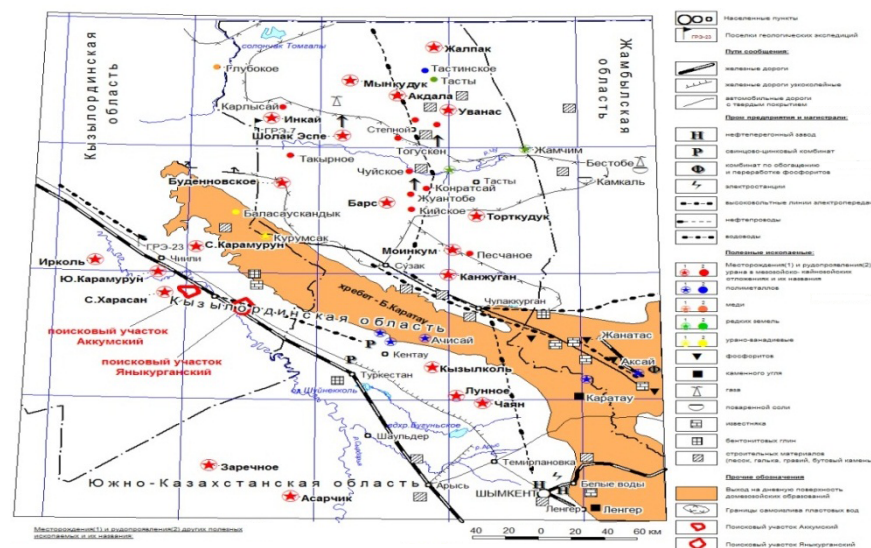


Рис. 1

## ОБЗОР РАННЕ ПРОВЕДЕННЫХ РАБОТ

- В конце семидесятых начале восьмидесятых годов, исходя из сложившихся представлений о рудоконтролирующей роли регионального фронта выклинивания пластового окисления, в районе Харасанского свода и Яныкурганской горст-антиклинали, в краевой северо-восточной части Сырдарьинской впадины ПГО «Краснохолмскгеология» были проведены поисковые работы по расширению сырьевой базы на уран. Эти работы послужили основным мате-

риалом для оценки месторождений Северный и Южный Харасан, а также подтвердили перспективную площадь, связанную с сероцветными отложениями турона на юго-западном склоне Яныкурганской горст-антиклинали.

- В нескольких скважинах в отложениях нижнего турона были установлены повышения гамма-активности, а в скважине 112 (профиль 25) рудное пересечение мощностью 0,90 м и содержанием урана 0,032 %. Однако работы были прекращены из-за удаленности базы партии и открытия более перспективных объектов.

### РУДОПРОЯВЛЕНИЕ ЯНЫКУРГАН

- Рудопроявление Яныкурган расположено в 15 км к востоку от рудоносной полосы месторождения Северный Харасан и выявлено при поисках масштаба 1:200 000 и изучено тремя скважинами с шагом по профилю 1 600 м. Урановое оруденение локализуется в ниже-туронских песчаных отложениях и связано с областью полного выклинивания зоны пластового окисления. Оруденение вскрыто скважиной 5012. Мощность вскрытого уранового пересечения 1,80 м, среднее содержание 0,076 %, глубина залегания интервала 676 м. Рудопроявление окончательной оценки не получило. Рис.2

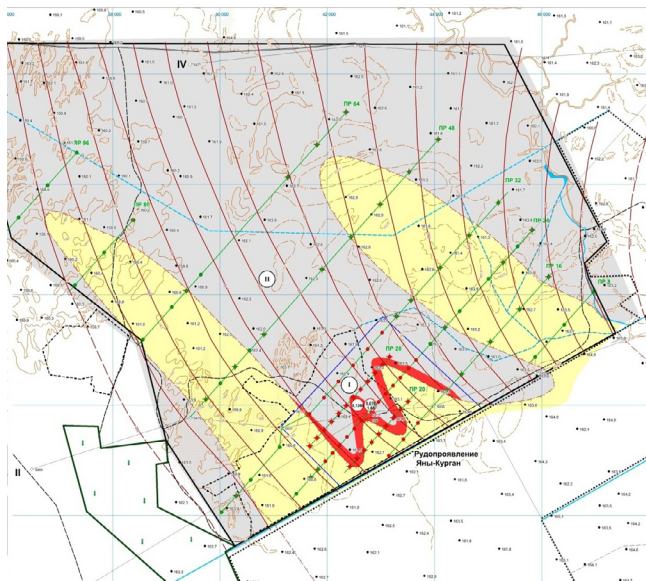


Рис.2

### РУДОПРОЯВЛЕНИЕ АККУМ

- Рудопроявление Аккум расположено в 30 км к юго-востоку от рудопроявления Яныкурган. Первая рудная скважина 5019 была пробурена партией № 23 в 1980 г. В разряд рудопоявлений переведено ЦГЭ № 3 в 1983 г в результате

бурения профиля от скважины 5019 на северо-запад с шагом бурения 50-25 м. Установлено, что урановое оруденение локализуется в нижнетуронских отложениях. Продуктивный горизонт распадается на три самостоятельные достаточно выдержанные песчаные пачки. Границы выклинивания ЗПО каждого уровня лежат в полосе шириной около одного километра, а урановое оруденение формируется непосредственно на границе выклинивания зоны пластового окисления каждого из уровней. Мощность рудных интервалов колеблется от 0,40 до 4,65 м при содержании урана 0,015 - 0,050 %. Глубина залегания оруденения от 415 м до 440 м. Рудопроявление окончательной оценки не получило. Рис.3

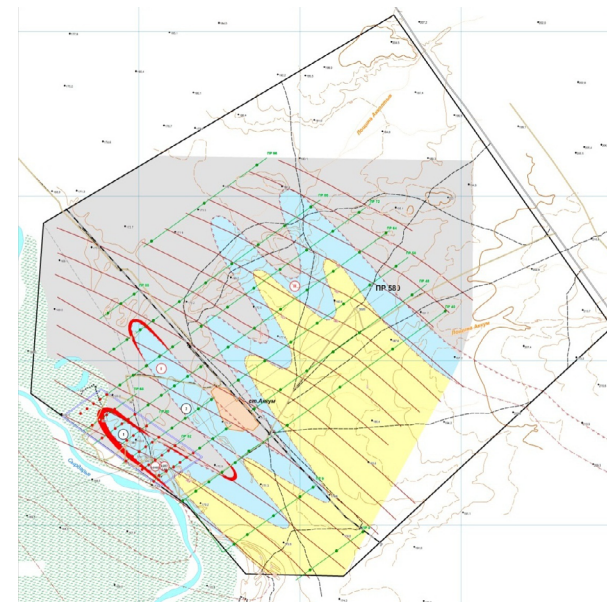


Рис.3

### ОЖИДАЕМЫЕ ТИПЫ УРАНОВЫХ ПОЛИЭЛЕМЕНТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

- В пределах проектируемой площади поисков возможно выявление пластово-инфильтрационных месторождений в отложениях нижнего-верхнего турона, тем более что здесь известны урановые рудопроявления Яныкурган и Аккум. Интерес так же представляет и коньякский горизонт, который на проектной территории изучен слабо. Имеются предпосылки выявления рудных объектов палеоруслового типа, локализующиеся в осадках от верхнемелового возраста до голоцена. При поисках должна быть изучена возможная комплексность руд вновь открытых объектов, на содержание концентрации ППК – рения, молибдена, селена, скандия, иттрия, лантаноидов, ванадия, редких и благородных металлов, которые могут быть вовлечены в эксплуатацию способом ПВ. Необходимо также учитывать возможность при совершенствовании технологии ПВ и будущем извлечении ряда сингенетических рудных скоплений (и породообразующих элементов), залегающих в хорошо проницаемых песчаных поро-

дах, но не связанных с ураноносными границами ЗПО (погребенные россыпи редких и редкоземельных металлов, золота и др.).

### ПОИСКОВЫЕ КРИТЕРИИ И ПРИЗНАКИ

- **Структурно-тектонический фактор.** Влияющие на фациальный состав осадков, в том числе на формирование наиболее перспективных в отношении уранового оруденения проницаемых образований – горизонтов, линз, прослоев песков.
- **Литолого-фациальный фактор.** Наличие зоны пластового окисления свидетельствует о проявлении на площади рудообразующих окислительно-восстановительных процессов подтвержденных результатами предшествующих работ.
- **Гидрогеологический фактор.** Одним из важнейших факторов, влияющих на образование эпигенетических урановорудных месторождений, является гидродинамический режим, также важным критерием является наличие признаков полихронных очагов разгрузки подземных вод. Очаги разгрузки могут являться рудомобилизующими структурами.

### МЕТОДИКА ПОИСКОВ

- Каждый водоносный горизонт с установленной областью выклинивания ЗПО представляет собой потенциально рудоносный объект, индивидуализированный в разрезе и на площади, поиски, оценка и разведка которого должна рассматриваться как самостоятельная задача.
- Основным техническим средством изучения рудных объектов на всех стадиях работ является колонковое бурение.
- Проектом предусматриваются комплексы работ, относящиеся к поисковой и поисково-картировочной стадиям.
- Учитывая основополагающее значение поисков, методика проведения оценочно-поисковых работ основывается на связанных с ней методических требованиях к поискам. Поэтому виды и расчеты конкретных объемов проектируемых поисковых и поисково – картировочных работ на участках Яныкурганский и Аккумский приведены в табличной форме ниже. Таб.1
- Объемы бурения.

| Виды бурения                           | Объем бурения, п.м. | Кол-во скв., шт. | Средняя глубина скв., п.м. | Бурение, в т.ч.  |                 | % вы-хода керна |
|--|---------------------|------------------|----------------------------|------------------|-----------------|-----------------|
|  |                     |                  |                            | без отбора керна | с отбором керна |                 |
| <b>2017 год</b>                        |                     |                  |                            |                  |                 |                 |
| Бурение, п.м, в т.ч.:                  |                     |                  |                            |                  |                 |                 |
| Поисковое на участках детализации, п.м | 31 752              | 59               | 570                        | 27 032           | 4 720           | 70              |
| ИТОГО на 2017 год                      | 31 752              | 59               | 538                        | 27 032           | 4 720           |                 |
| <b>2018 год</b>                        |                     |                  |                            |                  |                 |                 |
| Бурение, п.м, в т.ч.:                  |                     |                  |                            |                  |                 |                 |

|  |         |     |     |         |        |    |
|--|---------|-----|-----|---------|--------|----|
| Поисковое на участках детализации, п.м                       | 27 592  | 50  | 552 | 23 592  | 4 000  | 70 |
| Поисково-картировочное, п.м                                  | 36 530  | 72  | 507 | 30 770  | 5 760  | 50 |
| Гидрогеологич., п.м  | 1 140   | 2   | 520 | 1 090   | 50     | 70 |
| ИТОГО на 2018 год  | 65 262  | 124 | 526 | 55 452  | 9 810  |    |
| <b>2019 год</b>  |         |     |     |         |        |    |
| Бурение, п.м, в т.ч.:  |         |     |     |         |        |    |
| Поисковое на участках детализации, п.м                       | 32 727  | 61  | 536 | 27 847  | 4 880  | 70 |
| Поисково-картировочное, п.м                                  | 70 571  | 133 | 531 | 59 931  | 10 640 | 50 |
| ИТОГО на 2019 год  | 103 298 | 194 | 534 | 87 778  | 15 520 |    |
| <b>Всего по участкам Аккум и Яныкурган на 2017-2019 годы</b> |         |     |     |         |        |    |
| Бурение, п.м, в т.ч.:  |         |     |     |         |        |    |
| Поисковое на участках детализации, п.м                       | 92 071  | 170 | 542 | 78 471  | 13 600 | 70 |
| Поисково-картировочное, п.м                                  | 107 101 | 205 | 522 | 90 701  | 16 400 | 50 |
| Гидрогеологич., п.м  | 1 140   | 2   | 520 | 1 090   | 50     | 70 |
| ВСЕГО по двум участкам на 2017-2019 гг.                      | 200 312 | 377 | 533 | 170 262 | 30 050 |    |

### КОМПЛЕКС ПОИСКОВЫХ РАБОТ

- На основании многолетнего опыта поисков, оценки, разведки, эксплуатационной разведки урановых инфильтрационных месторождений в Шу-Сарысуйской и Сырдарьинской депрессиях наиболее эффективным в настоящее время является метод поисков на основе специализированного глубинного геологического картирования в масштабе 1 : 50 000 (СГГК-50) и 1 : 25 000 (СГГК-25) с применением картировочного и поискового бурения. До начала поисков проектом предусматривается проведение опережающего комплекса геофизических работ и применение методов дистанционного зондирования Земли при прогнозно-поисковых работах.
- Под специализированным глубинным геологическим картированием понимается составление послойных литолого-геохимических карт и карт ураноносности продуктивных горизонтов, вмещающих урановое оруденение, которые базируются на системе продольных и поперечных разрезов и вместе составляют

объемную модель рудного поля (месторождения), а также конкретной площади поисков.

- Все работы по СГГК выполняются с широким применением компьютерных технологий: создание баз данных при составлении карт фактического материала разного содержания, обработка результатов ГИС (ГК, КС, ПС и др.) и ввод их в базу, ввод в базу литолого-геохимической информации по скважинам, создание компьютерной основы разрезов и карт, построение структурных карт, карт ураноносности и др.

### ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ РАБОТ

- Методика поисков на основе применения комплекса картировочного и поискового бурения и СГГК- 50; 25 предусматривает определенную последовательность работ и при необходимости гибкости их совмещения.
  - Работы по выполнению поискового комплекса согласно Программе поисковых работ (2016-2027 гг.) выполняются в следующем порядке:
    1. подготовительные работы;
    2. составление опорных геолого-геофизических и рабочих литолого-геохимических разрезов;
    3. составление литолого-геохимических карт продуктивных горизонтов (подгоризонтов);
    4. составление карт ураноносности и прогноза уранового оруденения.
1. подготовительные работы предусматривается выполнить в основном в 2017 г. Этим этапом предусмотрено:
    - сбор геолого-геофизических материалов, включая топографическую основу, материалы аэрокосмосъемок (МАКС), геофизические материалы по результатам ранее выполненных геологических и геофизических съемок и геофизических исследований скважин, специализированная обработка данных дистанционного зондирования, материалы по скважинам поисково-разведочного и картировочного бурения;
    - дешифрирование МАКС и морфоструктурный анализ;
    - составление сводных карт физических полей, включая приведение полей к единому уровню, создание цифровых массивов гравитационного, магнитного полей и содержания радиоактивных элементов по собранным в фондах кондиционным материалам ранее выполненных съемок, создание цифровой специализированной базы, планирование геофизических съемок на площадях, не обеспеченных кондиционными данными;
    - выполнение опережающих полевых работ, включающих геологические маршруты для проведения рекогносцировочных и опережающих поисковых работ, запланированные полевые геофизические работы, обработку материалов, создание единых цифровых массивов данных, интерпретацию геофизических полей;
    - построение проектной сети опорных геолого-геофизических и литолого-геохимических разрезов, базирующихся на результатах объемного моделирования геофизических полей и результатах ранее выполненного бурения.
  2. составление опорных геолого-геофизических и рабочих литолого-геохимических разрезов будет выполняться в течение 2017-2019 одновременно с поиско-

вым, поисково–картировочным и гидрогеологическим бурением, с обработкой полученных данных и выполнением геолого-съемочных работ СГГК-50; 25, на участках поисковых работ. Рис.4.

3. составление литолого-геохимических карт продуктивных горизонтов (подгоризонтов);
4. составление карт ураноносности и прогноза уранового оруденения планируется начать в 2017 с завершением в 2020 году. В это же время предусматривается детализация границы выклинивания зоны пластового окисления, выявленной во время предыдущих годов полевых работ с одновременной обработкой полученных данных и сопутствующих видов исследований, анализ результатов поисков, представление выводов о направлении дальнейших поисковых и оценочных исследований, составление отчета.

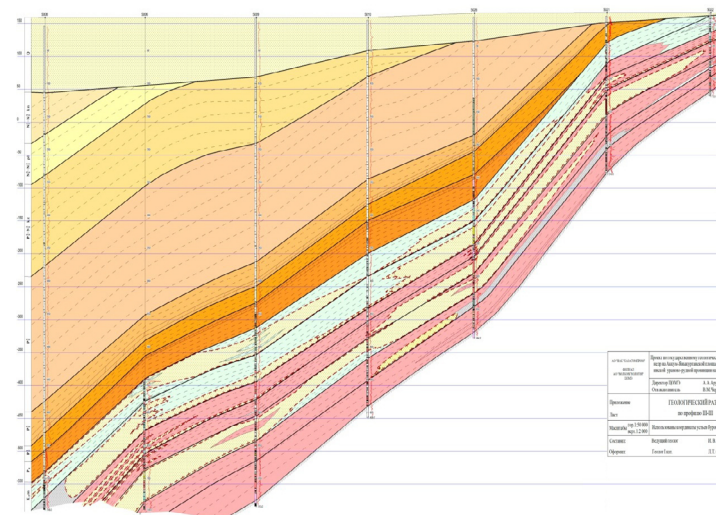


Рис.4

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- Доклад был посвящён проведению поисковых работ в 2016-2019 гг., на Аккумуляторной поисковой площадке (Кызылординская обл.) с целью выявления инфильтрационных месторождений урана в отложениях туронского яруса, а также для увеличения и восполнения запасов урана, пригодных для эксплуатации способом ПВ в Сырдарьинской урановорудной провинции. Для этих целей Комитетом геологии и недропользования РК была подготовлена и утверждена отраслевая «Комплексная программа развития минерально-сырьевой базы урана АО «НАК «Казатомпром» на 2007-2030 гг.». В этой программе определены и обоснованы перспективные площади под поиски, намечена очередность проведения работ по календарному плану.

## ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ПОДАЧА КИСЛОТЫ В ЯЧЕЙКИ БЛОКА

Яценко А.А.

ТОО «ДП «Орталык», с. Кордай, Казахстан

Расход кислоты на выщелачивание урана, а, следовательно, и содержание примесей в растворе, определяются минералогическим составом руд и вмещающих пород и условиями процесса выщелачивания; отдельные компоненты пород при взаимодействии с разбавленными растворами выщелачивающего реагента переходят в раствор в различной степени.

Технологический этап обработки запасов методом подземного выщелачивания с учетом современного уровня представлений о физико-химических условиях процесса и технико-экономических особенностей его осуществления принято делить на три стадии:

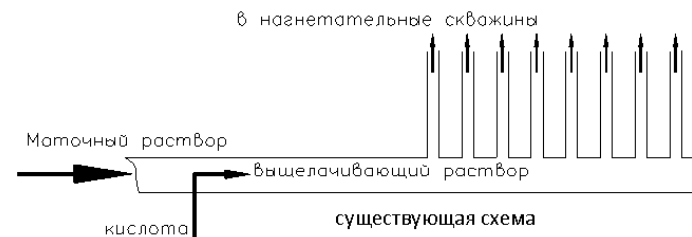
- закисление рудной залежи, т. е. подготовка рудовмещающего водоносного горизонта к формированию и движению продуктивных растворов;
- активное выщелачивание урана - формирование и извлечение из блока кондиционных продуктивных растворов;
- довыщелачивание («отмывка») урана, т.е. по существу вытеснение остаточных (после прекращения активной стадии выщелачивания) урансодержащих кондиционных растворов пластовыми водами или бедными (маточными) растворами.

Такое деление условно, поскольку практически в различных зонах одного и того же блока одновременно протекают все три стадии, а фиксация времени начала и окончания каждой стадии для блока проводится по результатам анализов продуктивных растворов. Это обусловлено различным составом пород в блоке, кислотоемкостью, содержанием металла и т.д.

В результате мы подаём в ячейки лишнюю кислоту. Так, к примеру, в ячейки, в которых изначально содержание металла было ниже, его уже извлекли и уже можно приступать к отмывке, и в ячейки, в которых еще идёт процесс выщелачивания, мы подаём одинаковое количество кислоты. Почему это происходит?

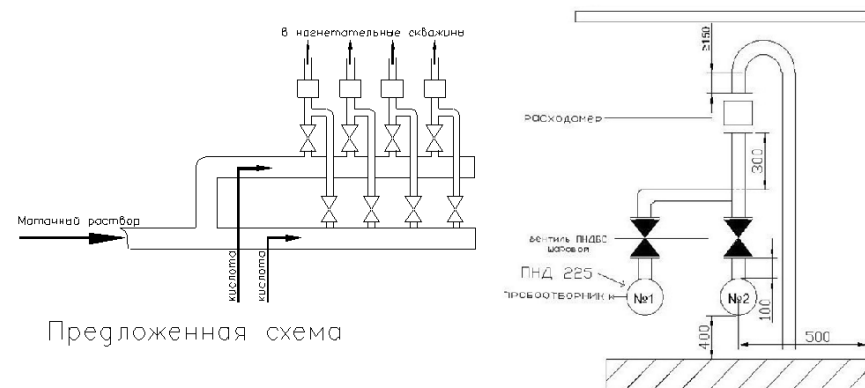
В настоящее время на рудниках применяется общепринятая система подачи выщелачивающего раствора в скважины, при которой в нагнетательные скважины одного блока подается раствор с одинаковой концентрацией серной кислоты. (коллектор подачи и распределения ВР оснащен одним узлом приготовления растворов). Само понятие эксплуатационный блок (технологический, добычной) подземного скважинного выщелачивания подразумевает ячейки блока одновременно вводимые в эксплуатацию и обрабатываемые в едином геотехнологическом режиме. На предприятии ТОО «ДП «Орталык» была предложена совершенно новая схема обработки блоков, которая позволяет дифференцировано подходить к обработке каждой ячейки эксплуатационного блока.

Предложенная на нашем предприятии схема предусматривает установку в УПиРР дополнительного коллектора ВР с отдельным узлом приготовления растворов, что



позволяет уменьшить расход серной кислоты на блоке вследствие избирательной подачи растворов в отдельные скважины (которая зависит от pH продуктивных растворов, степени извлечения урана из ячеек и других причин). Т.е. скважины, в которые целесообразно подавать раствор не укрепленный или слабоукрепленный серной кислотой, будут отсечены от основного коллектора и переведены на дополнительный, в который в свою очередь не будет подаваться серная кислота или концентрация кислоты в нем будет гораздо меньше чем на основном коллекторе. Кроме всего прочего, данный способ позволит повысить pH продуктивного раствора за счет удаления лишней кислоты, а, как известно, при высокой кислотности продуктивного раствора особенно сказывается конкурентная сорбция  $H_2SO_4$ ; заметно снижающая емкость сорбента по урану. Поэтому сорбция урана идет лучше при относительно высоких pH среды.

Для дифференциации подачи кислоты в ячейки указанных блоков необходимо разделить растворы на два типа, и подавать их в скважины смешанными в необходимой пропорции. (см. схемы) Подача ВР в блок с различной концентрацией кислоты позволит снизить потребление кислоты за счет более рационального ее использования.



### ОПИСАНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЙ ПОДАЧИ КИСЛОТЫ (ДПК) В ЯЧЕЙКИ БЛОКОВ

**Назначение:** регулирование подачи выщелачивающих растворов в ячейки блока с различной концентрацией серной кислоты, поддержания оптимального pH и остаточной кислотности в продуктивных растворах.

**Устройство:** Состоит из двух параллельно расположенных коллекторов ВР, двух узлов приготовления растворов (смесителей серной кислоты), шаровых кранов для регулировки подачи ВР, пробоотборников, расходомеров.

**Принцип работы:** маточный раствор, подаваемый при помощи насосов из ЦПО, разделяется на два потока и поступает в узлы приготовления растворов, где при помощи двух смесителей им задается различная концентрация серной кислоты. Далее растворы, при помощи регулировочно-отсечных кранов, согласно разработанному технологическому регламенту, подаются в закачные скважины.

#### Расчет фактического годового экономического эффекта от применения избирательной подачи кислоты в скважины

Исходные данные для расчета:

| № п/п | Показатели                          | Условное обозначение | Ед. изм. | Варианты         |                     | Обоснование исходных данных |
|-------|-------------------------------------|----------------------|----------|------------------|---------------------|-----------------------------|
|       |                                     |                      |          | До использования | После использования |                             |
| 1     | 2                                   | 3                    | 4        | 5                | 6                   | 7                           |
| 1     | Расход $H_2SO_4$                    |                      | тонн     | 2 972            | 2 058               |                             |
|       | Блок 71-1                           |                      | тонн     | 1 712            | 1 490               |                             |
|       | Блок 69-1                           |                      | тонн     | 1 260            | 568                 |                             |
| 2     | Удельный расход $H_2SO_4$ на добычу |                      | кг/кг    | 64,9             | 45,0                |                             |

Фактический годовой экономический эффект в результате использования дифференцированной подачи выщелачивающего реагента, направленного на снижение удельного расхода серной кислоты на выщелачивание путем установки в УП и РР дополнительного коллектора ВР с отдельным смесителем, составляет порядка 20-25 млн. тг для двух представленных блоков.

Кроме представленной экономической выгоды от снижения расхода серной кислоты на выщелачивание присутствует так же возможность укрупнения блоков, подвешивания новых ячеек к уже существующим блокам, что позволит снизить расходы на обвязку, снизить риски поражения персонала кислотой в результате снижения численности мест возможного поражения. Действительно, обвязав новые ячейки с уже существующим блоком мы можем спокойно подать в них то количество выщелачивающего реагента, которое требуется исходя из геотехнологических параметров новых ячеек.

В настоящее время значительная часть блоков на нашем предприятии выщелачивается именно этим методом.

#### РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ДЕЛЕНИЙ ЯДЕР $^{235}U$ НЕЙТРОНАМИ ПО ИЗМЕРЕННОЙ АКТИВНОСТИ РАДИОНУКЛИДОВ - ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ

**Медетбеков Б.С., Алейников Ю.В., Попов Ю.А.**  
филиал «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

В работе представлены результаты физических исследований, проведенных для определения скорости деления ядер  $^{235}U$  в образцах  $UO_2$  по измеренной активности ряда радионуклидов – продуктов деления. В качестве объекта исследования были взяты образцы из  $UO_2$  с естественным обогащением по изотопу урана  $^{235}U$ , облученные в экспериментальном канале реактора ИВГ.1М. С применением активационного метода анализа в диоксиде урана определен ряд радионуклидов – продуктов деления, по активности которых определена скорость деления ядер  $^{235}U$  в образце диоксида урана. Также, оценена погрешность скорости деления, которая не превысила 6 %.

#### ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее актуальных направлений прикладной ядерной физики является ядерная аналитика, представляющая собой комплекс ядерно-физических методов анализа, позволяющий изучать химические и физико-химические свойства вещества и материалов. Применение для этих целей традиционных химических методов ограничено из-за недостаточной скорости проведения анализа и производительности анализа, отсутствия возможности автоматизации процесса анализа. Ядерно-физические методы позволяют во многих случаях заменить более трудоемкие и менее производительные методы химического анализа, а для большого числа задач применение ядерно-физических методов анализа является единственным способом их решения [1,2].

Активация – это процесс получения радиоактивного вещества при ядерных реакциях при облучении стабильных ядер нейтронами, гамма-квантами, протонами или другими частицами. Активационный анализ относится к основным ядерно-физическим методам обнаружения и определения содержания элементов в различных природных и техногенных материалах и объектах окружающей среды.

В настоящее время ядерно-физические методы анализа получили достаточно широкое применение в аналитической практике. Наиболее широкое развитие получили следующие методы анализа: активационный анализ в его различных вариантах (нейтронно-активационный, гамма-активационный и др.).

Кроме реакции  $(n,\gamma)$ , в НАА могут использоваться также и другие реакции, вызываемые нейтронами:  $(n,p)$ ,  $(n,\alpha)$ ,  $(n,f)$ . Первые две протекают обычно на высокоэнергетичных нейтронах, но для некоторых легких ядер происходят и на тепловых нейтронах. Реакция деления  $(n,f)$  используется для определения делящихся изотопов урана и плутония в природных объектах. В данной работе как раз будет идти речь о последнем.

Некоторые наиболее тяжелые ядра вследствие возрастания кулоновского отталкивания протонов в них оказываются энергетически неустойчивыми и способными к самопроизвольному или происходящему под воздействием ядерного облучения делению на два осколка. При облучении ядер тепловыми и медленными нейтронами реакция (n,f) наблюдается только на ядрах  $^{235}\text{U}$  и  $^{233}\text{U}$ . Под действием быстрых нейтронов число ядер, испытывающих деление, увеличивается за счет изотопов урана и тория ( $^{238}\text{U}$  и  $^{232}\text{Th}$ ). Осколки, образующиеся при делении этих ядер, являются изотопами многих элементов, находящихся в середине периодической системы примерно от Zn до Gd.

Настоящая работа посвящена исследованиям по определению активности ПД, числа делений ядер  $^{235}\text{U}$ , а также погрешности определения активности ПД в облученном ядерном топливе активационным методом.

## 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 1.1 ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ С ОБРАЗЦОМ ДИОКСИДА УРАНА

В данной работе рассмотрена реализация расчетно-экспериментального метода определения числа делений ядер изотопа урана  $^{235}\text{U}$  по измеренной активности радиоизотопов - ПД после работы реактора на постоянном уровне мощности и после выдержки  $t$ .

Целью физических исследований являлось получение экспериментальных данных по определению числа делений ядер  $^{235}\text{U}$  в образце  $\text{UO}_2$ , облученного в ФКЭ реактора ИВГ.1М. Физические исследования включали в себя:

- подготовку образца к облучению;
- проведение реакторного эксперимента с ЭУ;
- постреакторные исследования, включающие гамма-спектрометрические измерения спектров излучения от облученного образца с последующей обработкой результатов измерений.

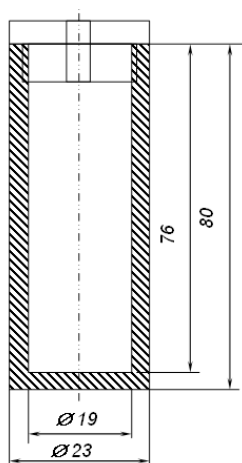


Рисунок 1. Конструктивная схема контейнера для облучения образцов

Эксперимент проводился с использованием размещенного в ФКЭ ЭУ, представляющего собой полиэтиленовый контейнер с образцом  $\text{UO}_2$ . Образец находился на уровне центра активной зоны реактора (на расстоянии 1 800 мм от верхнего торца ФКЭ).

Порошкообразный образец был приготовлен из фрагмента измельченной в ступке топливной таблетки из  $\text{UO}_2$  с обогащением 0,72 % по изотопу урана  $^{235}\text{U}$ . Масса образца составила 34 мг, размер в плане – 9 × 9 мм.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА ДЕЛЕНИЙ ЯДЕР $^{235}\text{U}$

### 2.1 РАСЧЕТ УДЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ $^{235}\text{U}$

Удельная активность (на 1 г урана), приведенная на момент окончания облучения, рассчитывалась по формуле

$$A'_{0i} = \frac{S_i}{t_x \cdot p \cdot \varepsilon} \cdot \frac{\lambda \cdot t_R}{(1 - e^{-\lambda t_R})} \cdot \frac{1}{m} \quad (1)$$

где  $m$  – масса урана в образце, г;

$S_i(E)$  – площадь ППП с энергией  $E$ ;

$\lambda$  – постоянная распада продукта реакции,  $\text{с}^{-1}$ ;

$p$  – выход гамма-квантов;

$\varepsilon$  – эффективность регистрации гамма-квантов;

$t_R$  – текущее время измерения, с;

$t_x$  – «живое» время измерения, с.

### 2.2 АНАЛИЗ СХЕМ РАСПАДА ПД

Сведения о структуре изобарных цепочек и генетических связей между ядрами при нейтронном облучении получены на основании анализа данных, приведенных в [5,6].

В качестве абсолютного независимого выхода родоначальника цепочки используется его кумулятивный выход, включающий в себя абсолютный выход его неидентифицированных предшественников. При наличии у ядра изомеров, абсолютный независимый выход делится поровну (при отсутствии других рекомендаций).

Для ПД в источнике [6] по сравнению с работами [5,7] дополнения заключаются в большем числе идентифицированных нуклидов, а так же в качественном и количественном уточнении коэффициентов ветвления, периодов полураспада, изомерных состояний и др.

### 2.3 УПРОЩЕНИЕ СХЕМ РАСПАДА ПД

Аналитические выражения, описывающие накопление активности ПД в случае, когда изобарная цепочка состоит из четырех или пяти членов, имеют довольно громоздкий вид. На практике такие выражения для определения активности ПД или для решения обратной задачи – определения числа делений тяжелых ядер по измеренной активности ПД могут быть упрощены. Зачастую представляется воз-

можно уменьшить число членов изобарной цепочки за счет сокращения первых короткоживущих членов, имеющих более короткие периоды полураспада при условии:

$$T_{1/2}(1) \ll T_{1/2}(a); T_{1/2}(2) \ll T_{1/2}(a) \dots T_{1/2}(i) \ll T_{1/2}(a)$$

где индексы (1, 2, ..., i) соответствуют первым i отбрасываемым членам изобарной цепочки;

индекс (a) соответствует первому относительно долгоживущему ПД – аналитическому члену изобарной цепочки.

На практике количество членов цепочки сокращается до одного или двух членов. В качестве абсолютного независимого выхода родоначальника модифицированной цепочки используется его кумулятивный выход, включающий в себя абсолютные выходы его предшественников. Для второго члена цепочки используется его независимый выход.

Рассмотрим наиболее распространенный случай, когда  $p(t) = p_0 = const$ . Применительно к реактору это означает постоянство тепловой мощности.

(2)

$$A_2(t_0, 0) = p(y_1 + y_2)(1 - e^{-\lambda_2 t_0}) + p y_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_2 t_0} - e^{-\lambda_1 t_0}) \quad (3)$$

Если процесс деления ядер прекратился, ( $p = 0$ ), т.е. реактор остановлен, то формулы для расчета удельных активностей членов изобарной цепочки в процессе выдержки  $t$  после предшествующего облучения в течение времени  $t_0$  имеют вид

(4)

$$A_2(t_0, t) = A_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + A_2(t_0, 0) e^{-\lambda_2 t} \quad (5)$$

Здесь  $A_1(t_0, 0)$  и  $A_2(t_0, 0)$  выражаются через уравнения (2) и (3) соответственно.

Из (2), (3), (4) и (5) получаем аналитические выражения для расчета удельной (на грамм урана) скорости деления. Выражение для определения скорости деления по измеренной активности первого члена изобарной цепочки имеет простой вид:

$$p = A_2(t_0, t) / (y_1 (1 - e^{-\lambda_1 t_0}) e^{-\lambda_1 t}) \quad (6)$$

В случае определения скорости деления по измеренной активности второго члена изобарной цепочки аналитическое выражение имеет более громоздкий вид:

$$p = A_2(t_0, 0) / \left[ y_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) (1 - e^{-\lambda_1 t_0}) + \right. \\ \left. + [(y_1 + y_2)(1 - e^{-\lambda_2 t_0}) + y_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_2 t_0} - e^{-\lambda_1 t_0})] e^{-\lambda_2 t} \right] \quad (7)$$

Для случая, когда  $\lambda_2 t$  близко к единице и  $y_1 \gg y_2$ , вторым слагаемым в уравнении (6) можно пренебречь и выражение (7) можно упростить

$$p = A_2(t_0, 0) / \left[ y_1 \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_2 t} - e^{-\lambda_1 t}) (1 - e^{-\lambda_1 t_0}) \right] \quad (8)$$

Например, дополнительная погрешность в определении скорости деления ядер изотопов урана по активности ПД  $^{140}\text{La}$ , возникающая в результате упрощения, не превысит 0,8 %, когда  $\lambda_2 t = 1$ . Для случая, когда  $\lambda_2 t > 2$  аналогичная ошибка не превысит 0,2 %.

Исходя из анализа схем распада и измеренных спектров излучения облученного урана, выделяют изобарные цепочки, которые можно упростить до одного, относительно долгоживущего аналитического члена изобарной цепочки. При этом предшественниками этого изотопа являются относительно короткоживущие ПД. Расчет скорости делений урана проводится исходя из активности этого аналитического радионуклида по формуле (6). В случае определения активности дочернего радионуклида-ПД, предшественником которого является генетически связанный относительно долгоживущий материнский радионуклид, скорость деления определяется по формуле (7) или (8).

### 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

#### 3.1 ИЗМЕРЕНИЯ, ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ СПЕКТРОВ

Облучение образца  $\text{UO}_2$  было проведено на пуске реактора ИВГ.1М при средней мощности 10 кВт, среднее время облучения составило 2 000 с. Активность образца измерялась на протяжении 22 суток.

На рисунке 2 представлен пример гамма-спектра излучения от образца  $\text{UO}_2$  при измерениях через 6 сут. после окончания облучения.

В спектрах наблюдается большое количество интерферирующих пиков в области от 0,1 до 1,5 МэВ. Для разрешения мультиплетов в этой области было использовано специализированное программное обеспечение - программа IPF (программа подгонки интерферирующих пиков) из набора программ GENIE PC. Как видно, на спектре имеются и хорошо разрешимые синглеты таких ПД, как Ru, I, La. Именно эти линии ПД могут быть использованы для определения скорости и числа делений  $^{235}\text{U}$ .

После анализа спектров были определены ПД, имеющие наиболее интенсивные гамма-линии. Одним из обязательных условий при выборе удобных аналитических ПД является представительность их гамма-линий в спектрах при выдержках образца более пяти суток. При такой выдержке значительно спадает суммарная интенсивность излучения за счет распада короткоживущих ПД. Для дальнейшего анализа были выбраны следующие радионуклиды - ПД:  $^{95}\text{Zr}$ ,  $^{103}\text{Ru}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{140}\text{Ba}$ ,  $^{140}\text{La}$ ,  $^{141}\text{Ce}$ . В таблице 1 приведены ядерно-физические характеристики радионуклидов - ПД [4].



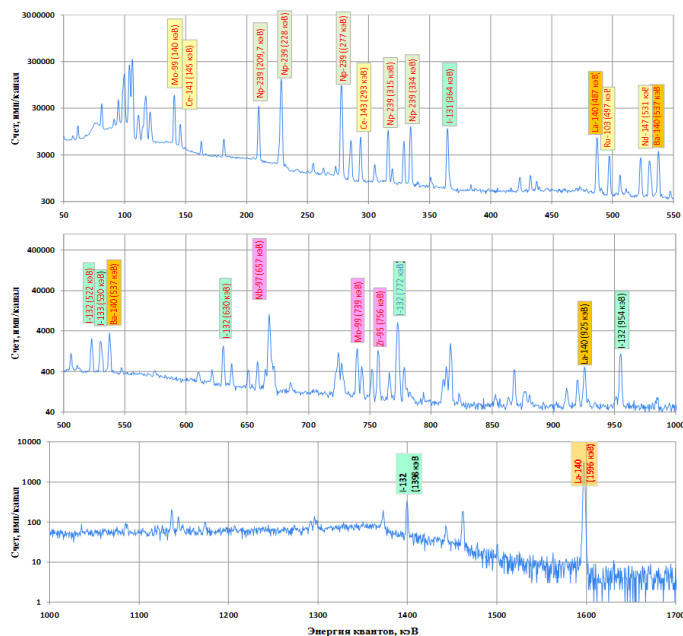


Рисунок 2. Спектр гамма-излучения от облученного образца  $UO_2$

Таблица 1. Ядерно-физические характеристики радионуклидов - ПД

| ПД         | Энергия квантов, кэВ | Выход, квант/распад | Период полураспада | Выход ПД, %          | Временной коэффициент |
|------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| $^{95}Zr$  | 723,98               | 0,44                | 64,019 сут         | 6,51                 | $F_1^*$               |
|            | 756,4                | 0,545               |                    |                      |                       |
| $^{103}Ru$ | 496,88               | 0,91                | 39,259 сут         | 3,04                 | F1                    |
| $^{131}I$  | 364,35               | 0,812               | 8,0399 сут         | 2,89                 | - // -                |
| $^{132}I$  | 667,45               | 0,987               | 2,2999 ч           | 4,30                 | $F_2^{**}$            |
|            | 772,43               | 0,762               |                    |                      |                       |
| $^{140}Ba$ | 537,07               | 0,2439              | 12,751 сут         | 6,29                 | - // -                |
| $^{140}La$ | 537,07               | 0,2439              | 12,751 сут         | $5,45 \cdot 10^{-3}$ | $F_2$                 |
|            | 537,07               | 0,2439              |                    |                      |                       |
| $^{141}Ce$ | 145,64               | 0,482               | 32,5 сут           | 5,84                 | $F_1$                 |

\*) -  $F_1(t) = \exp(-\lambda t)$ , где  $\lambda$  – постоянная распада ПД

$$**) - F_2(t) = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} [\exp(-\lambda_2 t) - \exp(-\lambda_1 t)],$$

где  $\lambda_1$  – постоянная распада предшественника ПД в изобарной цепочке (материнский радионуклид),  $\lambda_2$  – постоянная распада ПД (дочерний радионуклид).

Расчет активности после выдержки облученного образца показал, что искомая погрешность определения активности (числа делений в случае решения обратной задачи) составляет для всех исследуемых радионуклидов – ПД, кроме  $^{131}I$ , менее 0,1 %.

Для большинства цепочек отличие расчетных активностей аналитического радионуклида, полученных в результате расчетов модифицированной «короткой» и полной цепочек наблюдается только в пятом знаке и, таким образом, дополнительная погрешность определения активности ПД, возникающая за счет сокращения числа членов изобарных цепочек составляет не более 0,02 %. Только для  $^{131}I$  искомая погрешность не превышает 0,37 %. Результаты определения активности и скорости деления для ряда анализируемых радионуклидов - ПД приведены в таблице 2.

Таблица 2. Результаты определения активности и скорости деления ( $t = 6,175$  сут,  $\tau_k = 6\ 000$  с)

| Нуклид     | Период полураспада, $T_{1/2}$ | Энергия квантов, кэВ | Выход, квант/распад | $S_{\text{имп}}'$ | $\delta S, \%$ | Активность $A(t)$ , Бк | Скорость $\rho$ , дел/с/г(U) |
|------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------|----------------|------------------------|------------------------------|
| $^{95}Zr$  | 64,01 сут                     | 724,19               | 0,4415              | $4,00 \cdot 10^3$ | 5,0            | $1,16 \cdot 10^3$      | $2,53 \cdot 10^9$            |
|            |                               | 756,72               | 0,545               | $3,98 \cdot 10^3$ | 1,7            | $9,66 \cdot 10^2$      | $2,12 \cdot 10^9$            |
| $^{103}Ru$ | 39,25 сут                     | 497,08               | 0,91                | $7,66 \cdot 10^3$ | 1,3            | $7,59 \cdot 10^2$      | $2,28 \cdot 10^9$            |
| $^{131}I$  | 8,039 сут                     | 364,47               | 0,812               | $2,90 \cdot 10^4$ | 0,6            | $2,42 \cdot 10^3$      | $2,39 \cdot 10^9$            |
|            |                               | 636,96               | 0,0727              | $1,51 \cdot 10^3$ | 3,3            | $2,36 \cdot 10^3$      | $2,34 \cdot 10^9$            |
| $^{140}Ba$ | 12,75 сут                     | 162,67               | 0,0621              | $6,57 \cdot 10^3$ | 2,4            | $3,24 \cdot 10^3$      | $1,92 \cdot 10^9$            |
|            |                               | 537,3                | 0,2439              | $9,36 \cdot 10^3$ | 2,8            | $3,73 \cdot 10^3$      | $2,21 \cdot 10^9$            |
| $^{140}La$ | 1,678 сут                     | 487,01               | 0,443               | $2,02 \cdot 10^4$ | 0,7            | $4,04 \cdot 10^3$      | $2,32 \cdot 10^9$            |
|            |                               | 1596,19              | 0,954               | $1,31 \cdot 10^4$ | 1,4            | $3,95 \cdot 10^3$      | $2,27 \cdot 10^9$            |
| $^{141}Ce$ | 32,5 сут                      | 145,44               | 0,482               | $2,59 \cdot 10^4$ | 1,0            | $1,54 \cdot 10^3$      | $2,04 \cdot 10^9$            |
| $^{143}Ce$ | 1,375 сут                     | 57,36                | 0,116               | $2,89 \cdot 10^3$ | 5,7            | $1,75 \cdot 10^3$      | $1,92 \cdot 10^9$            |
|            |                               | 293,26               | 0,428               | $1,68 \cdot 10^4$ | 0,9            | $2,10 \cdot 10^3$      | $2,30 \cdot 10^9$            |

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены физические исследования по определению скорости (числа) делений ядер  $^{235}U$  в образце диоксида урана, облученного в ФКЭ реактора ИВГ.1М. Определен ряд радионуклидов - ПД, по активности которых возможно определение удельного числа делений в ядерных материалах. Для дальнейшего анализа были выбраны девять радионуклидов - ПД:  $^{95}Zr$ ,  $^{103}Ru$ ,  $^{131}I$ ,  $^{140}Ba$ ,  $^{140}La$ ,  $^{141}Ce$ ,  $^{143}Ce$ . Как видно из результатов эксперимента, погрешность определения площади ППП для большинства анализируемых радионуклидов-ПД составляет не более 3 %.  $^{140}La$  был выбран в качестве реперного радионуклида, так как традиционно по нему определялось число делений  $^{235}U$ . Расхождения результатов определения числа делений для отдельных радионуклидов - ПД в сравнении с  $^{140}La$  лежат в пределах от 0,4 до 10 %.

Полученные экспериментальные данные будут использованы при разработке методики определения удельного числа делений в образцах ядерных материалов, облученных в реакторах ИГР и ИВГ.1М.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Варварица, В.П.** Состояние и перспективы развития ядерно-физических методов анализа / В.П. Варварица, А.С. Штань // ВАНТ. Сер. Техническая физика и автоматизация.– 2010.– Вып. 64-65.– 28-49 с.
2. **Якубович, А.Л.** Ядерно-физические методы анализа и контроля качества минерального сырья / А.Л. Якубович, В.К. Рябкин.– М.: ВИМС, 2007.– 206 с.
3. Программа расчета радиационных характеристик «PHDOSE»: описание программы: АК.65000.00.787-01 13 ЛУ / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК.– Курчатов, 2000.– 15 с.
4. Схема распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения: публикация 38 МКРЗ. в 2-х ч. / Пер. с англ.– М.: Энергоатомиздат, 1987.
5. Радиационные характеристики продуктов деления : справочник / Н.Г. Гусев, П.М. Рубцов, В.В. Коваленко, В.М. Колобашкин.– М.: Атомиздат, 1974.– 224 с.
6. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива : справочник / В.М. Колобашкин, П.М. Рубцов, П.А. Ружанский [и др.]– М.: Энергоатомиздат, 1983.– 384 с.
7. **Гусев, Н.Г.** Радиоактивные цепочки / Н.Г. Гусев, П.П. Дмитриев.– М.: Атомиздат, 1978.

#### ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДЗЕМНОГО СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ «МОИНКУМ» УЧАСТКОВ №1 «ЮЖНЫЙ» И №2 «ТОРТКУДУК»

**Накатаев М.Е.**

ТОО СП «КАТКО», г. Алматы, Казахстан

Участок Торткудук месторождения Моинкум, расположен в Созакском районе Южно-Казахстанской области. Урановое оруденение на участке Торткудук было выявлено ГРП № 5 Волковской экспедиции в 1976 году при рекогносцировочно-поисковом бурении в масштабе 1 : 200 000. Первый поисковый профиль 6(120) был пройден в 70 километрах севернее месторождения Канжуган. С учетом ряда признаков, участок Торткудук был выделен в самостоятельное месторождение. Однако дальнейшие поисковые работы, в центральной части песчаного массива Моинкум, показали, что урановые руды представляют собой по существу, непрерывную извилистую ленту общей протяженностью около 70 км. Таким образом, к северу от месторождения Канжуган (в пределах песчаного массива Моинкум) определилось крупное урановое месторождение, которое в 1979 году выделено под названием Моинкум. Оно представлено тремя участками: № 1 (Южный); № 2 (Торткудук); № 3 (Центральный).

Детальная разведка участка Южный начата в 1980 году, на основании протокол-заказа, Минсредмаша СССР. С апреля 1984 года по март 1987 года проводилось опытное подземное скважинное выщелачивание, подтвердившее пригодность месторождения для отработки данным способом. Участок № 1 (Южный) разведан и в настоящее время ведется его эксплуатация силами ТОО «Горнорудная компания». Детальная разведка участка Торткудук начата в 1987 году в соответствии с протокол-заказом, утвержденным Министрами геологии и Среднего машиностроения в октябре 1986 года. В связи с прекращением финансирования в 1996 г. работы на участке были законсервированы. В 1999 г. участок был передан для доразведки и промышленного освоения ТОО СП «КАТКО».

На участках Южный и Торткудук имеются 3 рудных горизонтов: канжуганский, уюкский и иканский.

Канжуганский горизонт ( $P_1^2kn$ ) с незначительным размывом залегает на отложениях «пестрого» горизонта, представлен преимущественно мелко- и тонкозернистыми песками, фашиально переходящими в глины и алевроиты. Пески полевошпат-кварцевого состава, преобладают белесые и светло-серые. Мощность песков – до 20 м.

Уюкский горизонт ( $P_1^2 - P_2^1uk$ ) залегает на нижележащих отложениях верхнего канжугана (кызылчинских слоях) со стратиграфическим перерывом, обусловленным сменой палеогеографических обстановок седиментации и палеоклимата. Осадки уюкского горизонта формировались в условиях подводно-дельтовых и морских мелководных обстановок внутреннего шельфа. представлен преимущественно средне- и мелкозернистыми песками, полевошпат-кварцевого состава. Мощность рудного горизонта варьируется от 15 до 35 м.

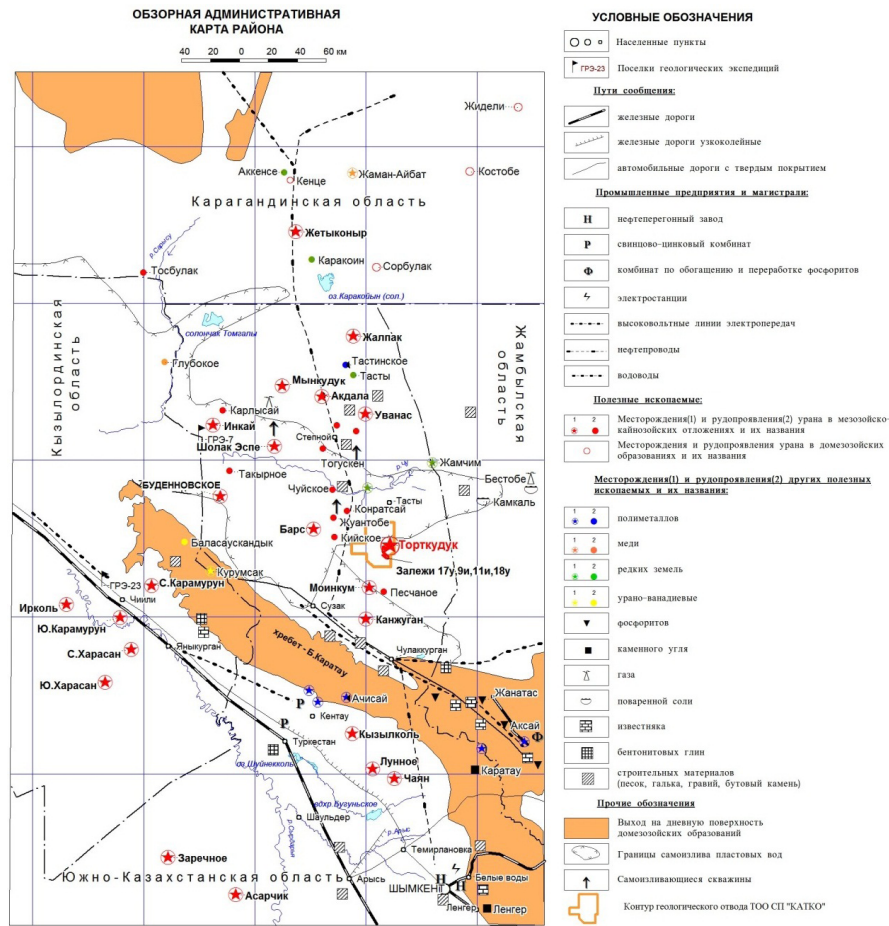


Рис 1.

Иканский горизонт (P<sub>2</sub><sup>ik</sup>) залегает на отложениях уюкского горизонта согласно, характерной особенностью отложений иканского горизонта является повышенная карбонатность, достигающая в отдельных прослоях до 15%. Общие мощности колеблются от 0 до 30 м.

Месторождение Моинкум относится к геолого-промышленному типу урановых пластово-инфильтрационных месторождений, где главным рудоконтролирующим фактором считается приуроченность уранового оруденения к границам выклинивания зоны пластового окисления.

Разведанные ураново-рудные залежи участка № 2 (Торткудук) имеют в плане резко извилистую, лентообразную форму, которая контролируется границей зоны лимонитизации в целом субмеридионального и северо-западного простирания. Общая

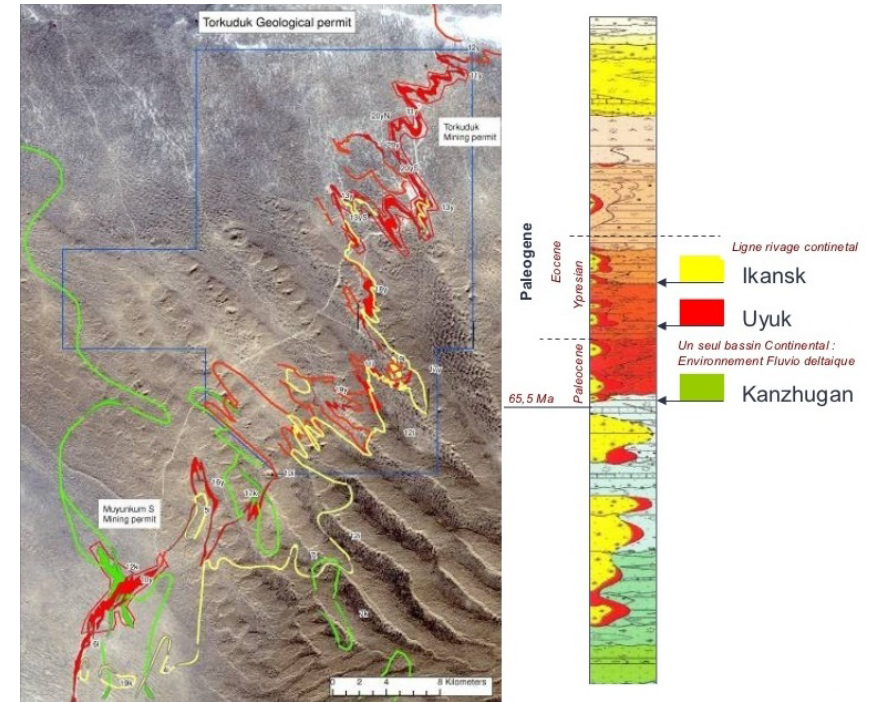


Рис 2.

протяженность рудных лент составляет более 40 км. Ширина рудных тел варьирует от десятков до первых сотен метров; встречаются раздувы до 500 и более метров.

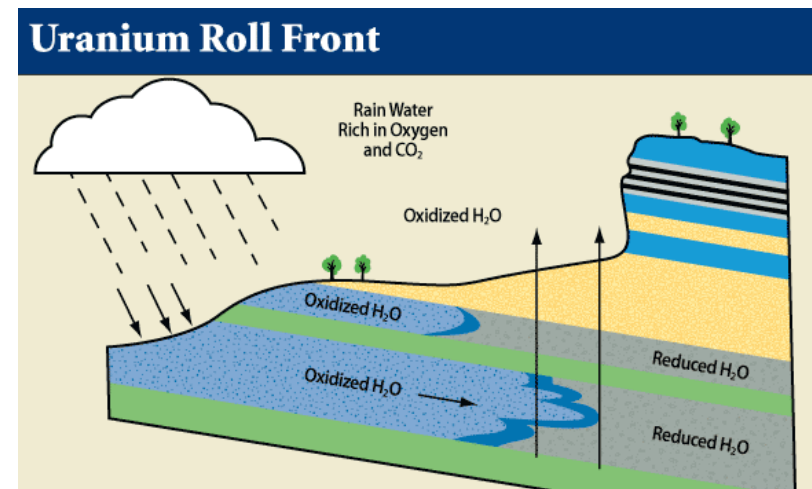


Рис 3.

Во время геологоразведочных и эксплоразведочных работ геологи Катко используют рентгенофлуорисцентный портативный анализатор XRF. Опробование на анализ XRF является специфическим, может оперативно анализировать керн на состав уран. Кроме этого анализатор может измерить на другие виды элементов (Ca, K, Mn, P, Ti, Fe, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Th, V, W, Zn, Zr). Также разрабатывается методика рентгенорадиометрического опробования керна анализатором XRF для оперативного решения задач корректного секционирования керна по классам содержания урана и селена, а также картирования литолого-геохимической зональности рудных сечений по изменениям содержаний породообразующих элементов – Ca, Ti и Fe вал.



Рис 4.

Главная ценность анализов XRF – это проведение экспресс анализа, позволяющего принимать оперативные действия при проектировании и заложении новых скважин.

Прибор XRF играет большую роль для получения своевременных данных при визуальном геохимическом картировании для группы геологического контроля, нуждающихся в оперативной оценке ситуации для принятия оптимального решения по эксплоразведке и добыче урана, для создания качественной и более информационной геологической модели месторождения.

#### Отработка месторождения и переработка продуктивных растворов на примере месторождения «Моинкум» № 2 «Торкудук»

Переработка продуктивных растворов условно разбита на несколько секций. Каждая секция включает в себя свой технологический процесс и аппаратное оформление:

- Секция 100 – полигон подземного скважинного выщелачивания.
- Секция 200 – процесс очистки от механических взвесей из продуктивных растворов и сорбционное извлечения урана.
- Секция 300 – процесс переработки насыщенным ураном ионообменных смол с получением концентрированных по урану растворов десорбатов.
- Секция 400 – переработка десорбатов путем:
  - очистки от железа;

- осаждение диураната аммония;
- прокалка диураната аммония с получением готовой продукции в виде уранового концентрата.
- Секция 500:
  - сушка и прокалка диураната аммония с получением гот. продукции в виде концентрата урановой руды;
  - затарка готового продукта.
- Секция 600 – реагентное хозяйство.
- Секция 700 – вспомогательные участки: скважина и компрессорная.

С 2012 по 2017 годы на производстве участка Торкудук были сделаны ряд улучшений. Целью которых является управление расходами на реактивы: при одинаковых условиях расходы на реактивы увеличиваются, если концентрация [U] продуктивных растворов (ПР) снижается, оптимизация производства, с одной стороны ограничивая количество не просорбированного урана в маточниках сорбции, которое возвращается на ГТП (ВР) и с другой стороны, сокращая разницу между объемом ПР/ВР (таким образом, в наличии больше объема ПР).

Целью проекта также является экологический аспект, который предусматривает сокращение расхода технической воды.

Для наглядности предоставлены рис 5 и рис 6 иллюстрирующие основную идею модификаций:

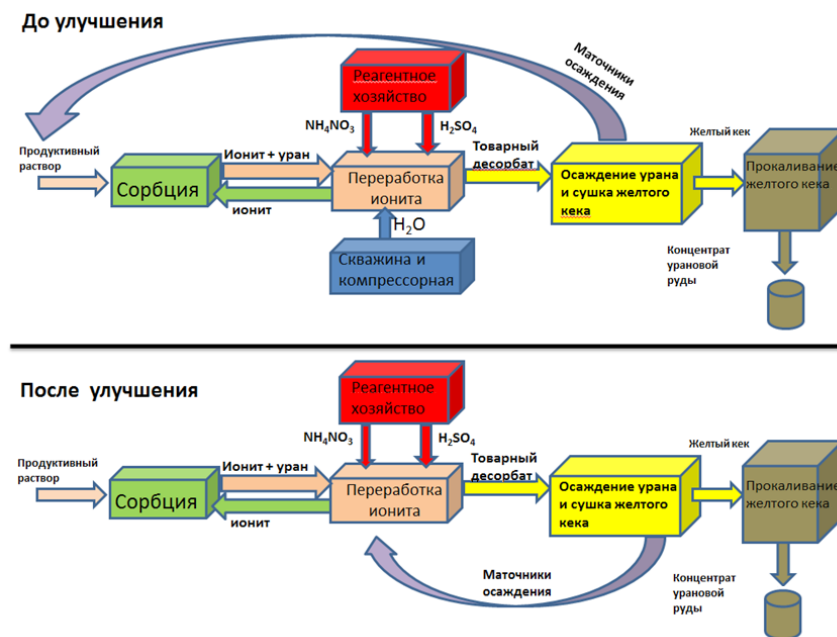
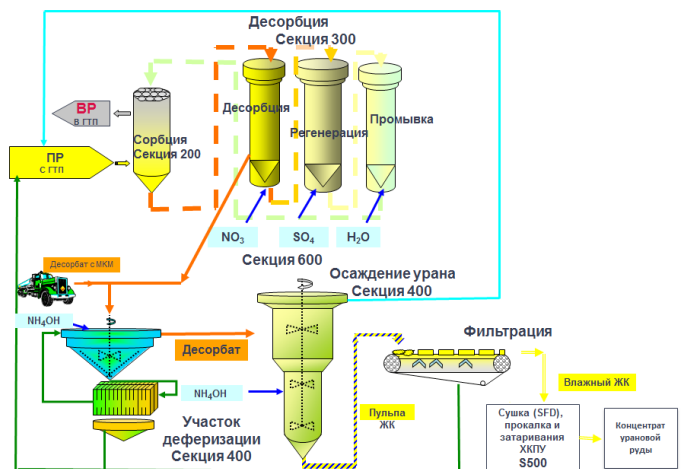


Рис 5. Карта процесса производства



Производственный процесс до ↑ и ↓ после изменений

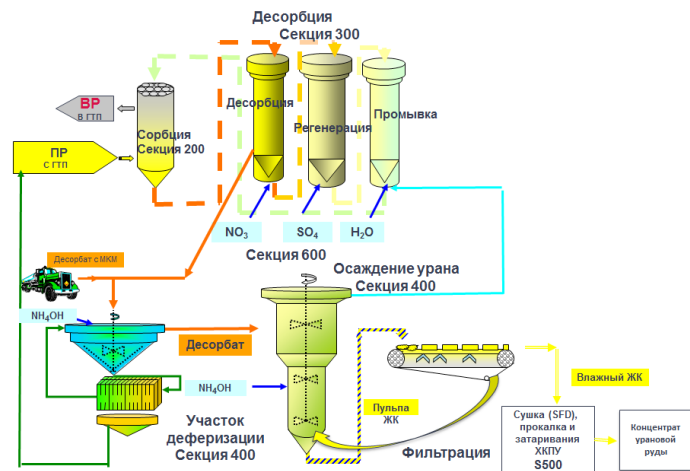


Рис 6. Схематическое изображение процесса производства на участке Торткудык

Итого : в конечном счете все улучшения на производстве позволили получить хорошие результаты.

1. Сокращение удельных расходов на реагенты на 10-15 % в 2017 г. по сравнению с 2012 г.
2. Снижение концентрации урана в маточниках сорбции на 30 % в 2017 г. по сравнению с 2012 г.
3. Снижение потребления технической воды на 65 % в 2017 г. по сравнению с 2012 г.

## ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ ИЗ ГРУНТОВ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Богатырёва Т.Ю., Айдарханова А.К., Лукашенко С.Н.  
филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

На территории Семипалатинского испытательного полигона за время его существования было проведено 450 воздушных, наземных и подземных ядерных испытаний. Вследствие проведения ядерных испытаний образовалось большое количество техногенных радионуклидов, которые в значимых количествах содержатся в грунте и способны мигрировать в различных экосистемах, в том числе и в водных. Таким образом, грунты могут являться источником вторичного радиоактивного загрязнения водных объектов [1].

Целью данной работы являлась оценка возможности перехода техногенных радионуклидов из грунта в природные воды путем выщелачивания. Для этого были проведены эксперименты, направленные на изучение процесса выщелачивания в зависимости от характера радиоактивного загрязнения грунта, а также определение степени выщелачивания радионуклидов из грунта в природные воды.

В качестве объектов исследований были выбраны участки с наиболее высокими уровнями радиоактивного загрязнения.

Так на площадке «Балапан» в результате экскавационного ядерного взрыва образовалось «Атомное озеро», вокруг которого расположены отвалы разной высоты и ширины, сложенные обломками горных пород и рыхлым грунтом. Именно здесь и проводился отбор проб грунта для проведения эксперимента.

На площадке «Дегелен» проводились подземные ядерные испытания в горизонтальных выработках – штольнях. Грунт был отобран на припортальном участке штольни 177, характеризующимся постоянным водооток. Радионуклиды выносятся на дневную поверхность вместе с водами, поступающими в котловую полость штолен [2].

Таблица 1. Содержание исследуемых радионуклидов в грунте

| Место отбора    | Содержание радионуклидов в грунте, Бк/кг |                  |                       |                   |                   |                   |                  |
|-----------------|--|------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
|                 | <sup>3</sup> H                           | <sup>90</sup> Sr | <sup>239+240</sup> Pu | <sup>137</sup> Cs | <sup>241</sup> Am | <sup>152</sup> Eu | <sup>60</sup> Co |
| «Атомное озеро» | 55 000 ± 5 500                           | 5 200 ± 800      | 4 300 ± 400           | 6 200 ± 600       | 380 ± 40          | 1 880 ± 200       | 350 ± 40         |
| Штольня 177     | 2 070 ± 200                              | 43 000 ± 6 000   | 21 000 ± 2 000        | 48 000 ± 1 000    | 1 600 ± 300       | <20               | <3,3             |

Отбор проб на каждом участке проводился из приповерхностного слоя в котором сосредоточена максимальная концентрация радионуклидов в грунте. После отбора пробы грунт высушивали до воздушно-сухого состояния, гомогенизировали и проводили радионуклидный анализ для определения начального содержания радионуклидов в грунте.

В таблице 1 приведены данные по содержанию изучаемых радионуклидов в грунте, которые для данных участков отличаются на порядок. Данные результаты необходимы для дальнейшего определения степени выщелачивания.

Проведение эксперимента заключалась в следующем: грунт массой 100 г помещался в емкость и заливался выщелачивающим раствором объемом 250 мл, в качестве которого служила дистиллированная вода. Система постоянно перемешивалась. Через определенные промежутки времени (30 мин, 1 ч., 3 ч., 6 ч, 1-е, 10-е, 20-е, 30-е, 60-е, 90-е сутки) почвенные суспензии отфильтровывались, полученные водные вытяжки анализировали на содержание техногенных радионуклидов [3,4, 5]. Длительность эксперимента для грунта «Атомного» озера составила 90 суток, для штольни 177 – 20 суток.

Для количественной оценки процесса выщелачивания радионуклидов из грунта в раствор был использован показатель – степень выщелачивания, который определялся расчетным методом по формуле (1):

$$n = \frac{a_n}{A_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

где  $n$  – степень выщелачивания, %;

$a_n$  – активность, выщелоченная за определенный период времени, Бк;

$A_0$  – начальная активность образца, Бк.

Согласно результатам анализа, представленным на рисунках (рисунок 1, 2), содержание  $^3\text{H}$  в водных вытяжках повышается по мере увеличения времени взаимодействия грунта с выщелачивающим раствором, но характер выщелачивания  $^3\text{H}$  отличается для 2-х участков. Так для грунта с «Атомного озера» наблюдается постепенное увеличение  $^3\text{H}$  в водных вытяжках, достигая максимума на 60-е сутки, затем происходит уменьшение его содержания. Тогда как для грунта штольни 177 наблюдается резкое увеличение содержания  $^3\text{H}$  в водной вытяжке в течение 1-х суток, далее его содержание находится практически на одном уровне.

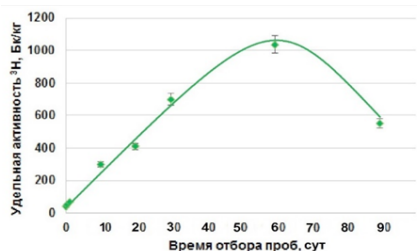


Рисунок 1. Выщелачивание  $^3\text{H}$  из грунта «Атомного озера»

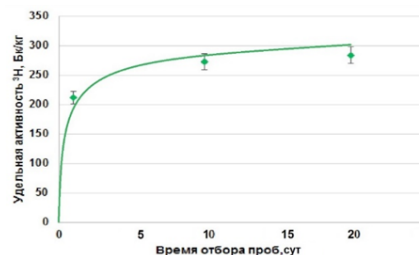


Рисунок 2. Выщелачивание  $^3\text{H}$  из грунта штольни 177

Значения степени выщелачивания для  $^3\text{H}$  отличаются на 2 порядка. Результаты степени выщелачивания представлены в таблице 2.

Примерно такой же характер выщелачивания наблюдается и для других радионуклидов, отличаясь только временем достижения максимума содержания в водной

вытяжке. Так для «Атомного озера» максимальное содержание  $^{239+240}\text{Pu}$  зафиксировано на 30-е сутки. Содержание его на 60-е сутки находится ниже предела обнаружения используемой методики (Рисунок 3). Вероятно, это может быть вызвано образованием в процессе выщелачивания коллоидов с их последующим осаждением или сорбцией на компонентах почвы.

Таблица 2. Степень выщелачивания радионуклидов

| Время отбора проб, сутки | Степень выщелачивания радионуклидов, % |         |                       |         |                   |         |                  |
|--------------------------|--|---------|-----------------------|---------|-------------------|---------|------------------|
|                          | $^3\text{H}$                           |         | $^{239+240}\text{Pu}$ |         | $^{137}\text{Cs}$ |         | $^{90}\text{Sr}$ |
|                          | «Атомное озеро»                        | шт. 177 | «Атомное озеро»       | шт. 177 | «Атомное озеро»   | шт. 177 | «Атомное озеро»  |
| 1                        | 0,13                                   | 10,3    | 0,0007                | 0,006   | 0,003             | <0,002  | 2,5              |
| 10                       | 0,55                                   | 13,2    | 0,0007                | 0,006   | 0,004             | 0,004   | 2,3              |
| 20                       | 0,75                                   | 14      | 0,0009                | 0,006   | 0,005             | 0,006   | 3,1              |
| 30                       | 1,27                                   | -       | 0,001                 | -       | 0,005             | -       | 2,9              |
| 60                       | 2                                      | -       | <0,0003               | -       | 0,004             | -       | 1,56             |
| 90                       | 1                                      | -       | -                     | -       | -                 | -       | 0,52             |

Для штольни 177 наблюдается стабильное протекание процесса выщелачивания  $^{239+240}\text{Pu}$ , содержание которого в водной вытяжке в течение всего эксперимента остается на уровне 1,3 Бк/л (Рисунок 4).

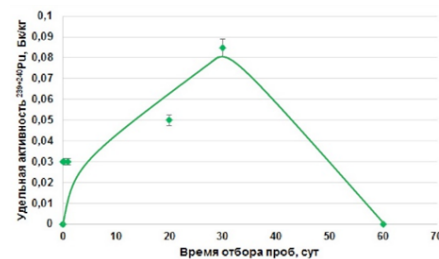


Рисунок 3. Выщелачивание  $^{239+240}\text{Pu}$  из грунта «Атомного озера»

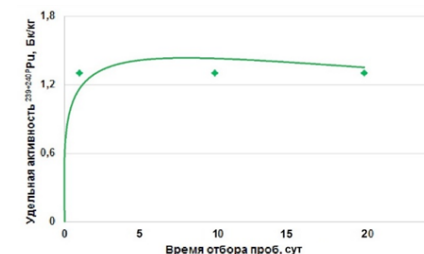


Рисунок 4. Выщелачивание  $^{239+240}\text{Pu}$  из грунта штольни 177

Значения степени выщелачивания, представленные в таблице 2 для  $^{239+240}\text{Pu}$ , отличаются на порядок.

Для «Атомного озера» максимальное содержание  $^{137}\text{Cs}$  зафиксировано на 20-е сутки, далее его содержание постепенно снижается (Рисунок 5).

Для штольни 177 характер выщелачивания  $^{137}\text{Cs}$  отличается от характера выщелачивания  $^3\text{H}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$ . Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в водных вытяжках постепенно увеличивается во время всего эксперимента (Рисунок 6).

Значения степени выщелачивания для  $^{137}\text{Cs}$  примерно равны для обоих участков (Таблица 2).

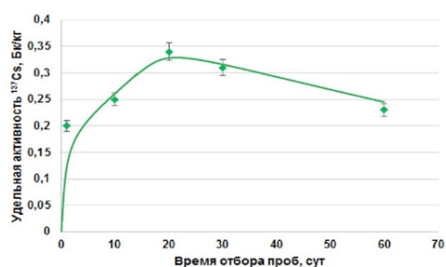


Рисунок 1. Выщелачивание <sup>137</sup>Cs из грунта «Атомного озера»

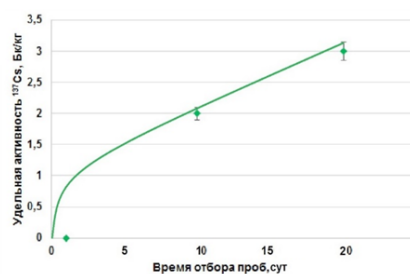


Рисунок 2. Выщелачивание <sup>137</sup>Cs из грунта штольни 177

Эксперимент по определению степени выщелачивания <sup>90</sup>Sr проведен только для грунтов «Атомного озера» (Рисунок 7). Максимальное содержание <sup>90</sup>Sr также как и <sup>137</sup>Cs, зафиксировано на 20-е сутки, далее его содержание постепенно снижается.

Значение степени выщелачивания, представленное в таблице 2 на 20-сутки, составляет порядка 3 %.

Содержание  $\gamma$ -излучающих радионуклидов (<sup>241</sup>Am, <sup>152</sup>Eu, <sup>60</sup>Co) в растворе находилось ниже предела обнаружения используемой методики (< 3 Бк).

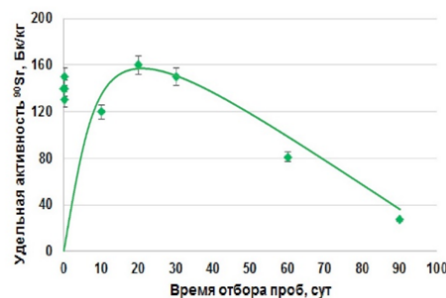


Рисунок 7. Выщелачивание <sup>90</sup>Sr из грунта «Атомного озера»

В результате проведенных работ был изучен процесс выщелачивания радионуклидов из грунта зоны навала «Атомного озера» и припортального участка штольни 177. Полученные результаты показали, что выщелачивание радионуклидов из грунта для 2-х участков имеет различный характер.

Так для «Атомного озера» наблюдается постепенное увеличение содержания радионуклидов в водных вытяжках, достигая максимума в определенное время, затем происходит постепенное снижение их содержания.

Для грунта штольни 177 наблюдается резкое увеличение содержания радионуклидов в водной вытяжке в течение 1-х суток, далее их содержание находится практически на одном уровне. Таким образом, вероятно процессы выщелачивания зависят от характера радиоактивного загрязнения и типа грунта.

Различный характер выщелачивания радионуклидов отражается и на значениях степени выщелачивания, которые в большинстве случаев отличаются на 1-2 порядка. Но если расположить степени выщелачивания в ряд по мере их уменьшения, то для 2-х участков эти ряды примерно одинаковые.

Площадка «Балапан»  
 $^{90}\text{Sr} > ^3\text{H} > ^{137}\text{Cs} > ^{239+240}\text{Pu}$   
 $3,1 > 0,75 > 0,005 > 0,0009\%$

Площадка «Дегелен»  
 $^3\text{H} > ^{137}\text{Cs} \approx ^{239+240}\text{Pu}$   
 $14 > 0,006 \approx 0,006\%$

На текущий момент времени в воде «Атомного озера» зафиксированы численные значения содержания техногенных радионуклидов, но эти значения не превышают уровни вмешательства, установленные гигиеническими нормативами «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» и равны для <sup>3</sup>H = 7 600 Бк/кг, <sup>90</sup>Sr = 4,9 Бк/кг, <sup>137</sup>Cs = 11 Бк/кг, <sup>239+240</sup>Pu = 0,55 Бк/кг [6]. Для штольни 177 ниже уровня вмешательства с водой только содержание <sup>137</sup>Cs. Содержание <sup>239+240</sup>Pu в воде превышает уровень вмешательства с водой, а <sup>90</sup>Sr и <sup>3</sup>H – превышает на 2 порядка.

Таким образом, процесс выщелачивания радионуклидов из грунта в природные воды является одним из основных механизмов загрязнения природных вод в местах проведения ядерных испытаний на Семипалатинском испытательном полигоне. Поэтому при мониторинге природных водных объектов, в первую очередь, необходим контроль за содержанием <sup>90</sup>Sr и <sup>3</sup>H в воде, так как они имеют максимальные значения степени выщелачивания. Переход <sup>137</sup>Cs и <sup>239+240</sup>Pu в природные воды из грунта за счет выщелачивания значительно меньше.

Контроль за содержанием техногенных радионуклидов в воде необходим, так как именно с водой возможна миграция по цепочке вода-растение-животное-человек. А если учесть, что на территории полигона ведется несанкционированная хозяйственная деятельность по выпасу скота и отлову рыбы (например, на «Атомном озере» и примыкающему к нему водохранилищу), это может иметь непосредственное влияние на человека.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семипалатинский испытательный полигон. Современное состояние. – под редакцией Лукашенко С.Н. – Курчатова, 2008. – с. 10-11.
2. ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. - Введ. 1984-01-07. /Сборник. Охрана природы. Почвы. – М.: Изд-во стандартов, 1998. - с. 29-31.
3. МИ 5.06.001.98 РК «Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре МИ 2143-91» - 18 с.
4. Методика определения изотопов плутония-(239+240), стронция-90, америция-241 в объектах окружающей среды: МИ 06-7-98. – Алматы, 1998.
5. Тритий. Качество воды – определение активности трития, соответствующей данной концентрации – жидкостной методом сцинтилляционного счета. Учетная регистрация в Республике Казахстан № 116/149 от 07.03.2000: ISO 9698 РК, 1989 Качество воды – определение активности трития, соответствующей данной концентрации – жидкостной методом сцинтилляционного счёта.
6. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», РК, 2015.

## ПО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЛОКИРОВКАМИ УЗЛА АФФИНАЖА НА БАЗЕ ПТК

Мурзахметов С.Б.

АО «НАК «Казатомпром», г. Алматы, Казахстан

При управлении объектами, которые могут менять свои динамические свойства, чаще всего используются адаптивные системы управления, которые позволяют изменять настройки типовых законов управления в соответствии с изменившимися динамическими свойствами объекта управления. Адаптивные системы управления имеют различные варианты реализаций, но чаще всего адаптивные алгоритмы имеют достаточно сложную структуру и не всегда обеспечивают возложенные на них функции. Поэтому было принято решение провести исследование на предмет того, как ведет себя система управления при изменении динамических свойств объекта управления и если при этом изменять параметры типовых законов управления из фиксированного набора при определенных условиях рассогласования, а не определять их на основе идентификации объекта управления.

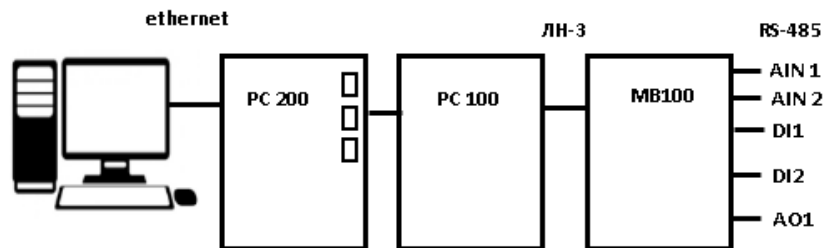
В ходе работы проводились исследования ПО АСУТП, приведены сведения о структуре системы, её организации. Разработан алгоритм управления блокировками типового ПИД-регулятора, расширена библиотека стандартных процедур системы технологического программирования.

### Основные конструктивные и технико-эксплуатационные показатели

Система предназначена для управления и блокировок работы системы регулирования динамических объектов, которые могут менять свои динамические характеристики в зависимости от режима работы, причем предполагается, что диапазон изменения характеристик известен.

Материал может быть полезен разработчикам, занимающимся подобными проблемами на ответственных и опасных производствах.

Для реализации разработанного алгоритма необходимо рассмотреть структуру АСУТП УР нижнего и среднего уровня представленной на рисунке ниже.



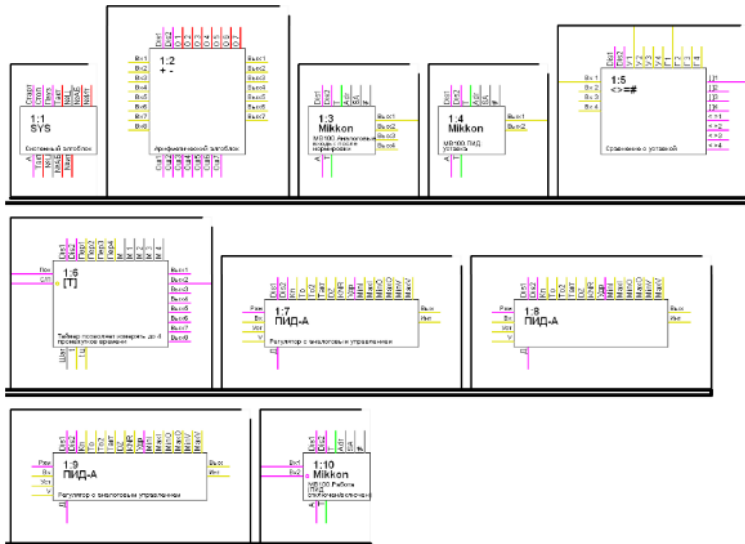
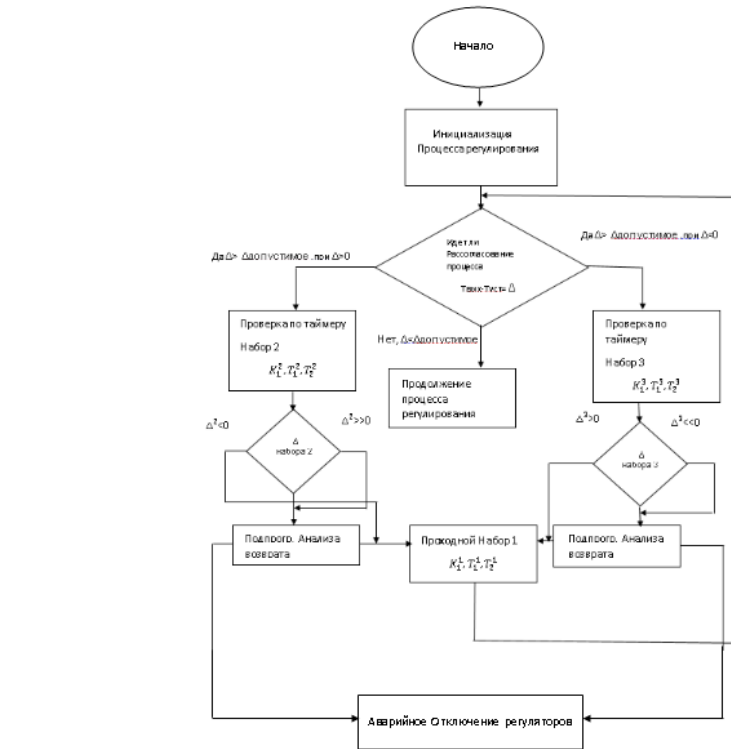
На представленной схеме изображен модуль центрального процесса ПТК «Уми-Кон» PC200 предназначенный для организации связи и взаимодействия с моду-

лями ввода-вывода и ПЭВМ, а также для выполнения вычислений, обработки сигналов ввода-вывода, поддержки распределенных сетей и т.п. В данном модуле центрального процессора функционирует база данных реального времени – программа MWBridge.EXE, осуществляющая опрос датчиков и выдачу управляющих воздействий в соответствии с заложенными в неё алгоритмами управления. MWBridge имеет графический интерфейс, который представлен на следующем рисунке.

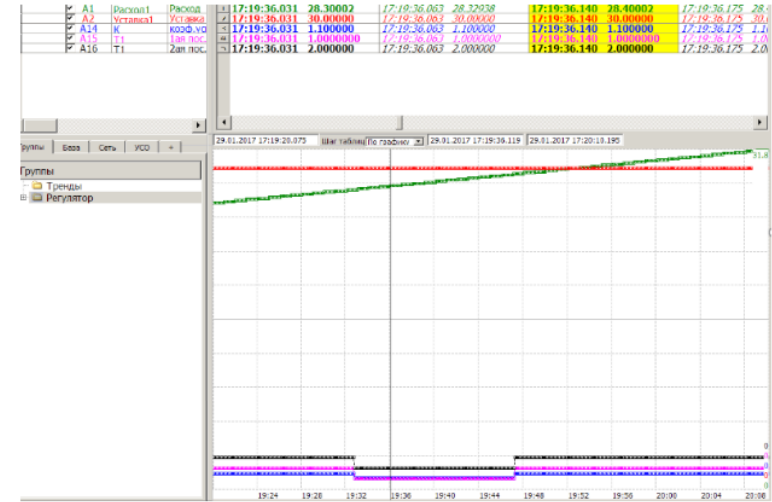
| Номер | Название       | Описание  | Посл.з... | Статус | Время...    | Источн... | Таймаут |
|-------|----------------|---|-----------|--------|-------------|-----------|---------|
| A100  |                | Аналоговые входные сигналы                          | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A101  | K556302_1_T    | 691DM025T01: Т ра-ра в баке AF-5563/1               | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A102  | K556302_1_T_H1 | 691DM025T01: H1: Т ра-ра в баке AF-5563/1           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A103  | K556302_1_T_H2 | 691DM025T01: H2: Т ра-ра в баке AF-5563/1           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A104  | K556302_2_T    | 691DM025T02: Т ра-ра в баке AF-5563/2               | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A105  | K556302_2_T_H1 | 691DM025T02: H1: Т ра-ра в баке AF-5563/2           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A106  | K556302_2_T_H2 | 691DM025T02: H2: Т ра-ра в баке AF-5563/2           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A107  | K556102_1_1_T  | 691DM007T01: Т ра-ра в г-ре серебра 1 AF-5561/1     | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A108  | K556102_1_2_T  | 691DM020T01: Т ра-ра в г-ре серебра 2 AF-5561/1     | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A109  | K556102_2_1_T  | 691DM007T02: Т ра-ра в г-ре серебра 1 AF-5561/2     | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A110  | K556102_2_2_T  | 691DM020T02: Т ра-ра в г-ре серебра 2 AF-5561/2     | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A111  | K556102_1_4_T  | 691DM020T03: Т под-ка верхней опоры AF-5561/1       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A112  | K556102_2_4_T  | 691DM020T04: Т под-ка верхней опоры AF-5561/2       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A113  | K556102_1_3_T  | 691DM007T03: Т ра-ра в реакторе AF-5561/1           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A114  | K556102_2_3_T  | 691DM007T04: Т ра-ра в реакторе AF-5561/2           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A115  | K557704_P      | 691DM043P01: Р разряжения AF-5577 н-к               | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A116  | K556304_1_P    | 691DM024P01: Р в баке коллектором AF-5563/1         | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A117  | K556304_2_P    | 691DM024P02: Р в баке коллектором AF-5563/2         | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A118  | K556604_P      | 691DM031P01: Р на линии насосов AF-5566 1 и 2       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A119  | K556604_P_H1   | 691DM031P01: H1: Р на линии насосов AF-5566 1 и 2   | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A120  | K556604_P_H2   | 691DM031P01: H2: Р на линии насосов AF-5566 1 и 2   | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A121  | K556104_1_2_P  | 691DM012P01: Вакуумное Р на лин. сд. в.л. AF-5561/1 | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A122  | K556104_1_3_P  | 691DM013P01: Вакуумное Р на лин.сд. в.л. AF-5561/1  | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A123  | K556104_1_1_P  | 691DM006P03: Р на насосе шнековым в AF-5561/1       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A124  | K557104_P      | 691DM036P01: Р в мернике AF-5571 с р.н.с.           | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A125  | K556104_2_2_P  | 691DM012P02: Вакуумное Р на лин.сд. в.л. AF-5561/2  | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A126  | K556104_2_3_P  | 691DM013P02: Вакуумное Р на лин.сд. в.л. AF-5561/2  | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A127  | K556104_2_1_P  | 691DM006P04: Р на насосе шнековым в AF-5561/2       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A128  | K556204_3_P    | 691DM034P01: Р на нутч-фильтре AF-5562/3            | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A129  | K556204_4_P    | 691DM034P02: Р на нутч-фильтре AF-5562/4            | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A130  | K550004_4_P    | 691DM001P04: Вакуумное Р в 4 отсеке кам. защ.       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A131  | K550004_3_P    | 691DM001P03: Вакуумное Р в 3 отсеке кам. защ.       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A132  | K550004_2_P    | 691DM001P02: Вакуумное Р в 2 отсеке кам. защ.       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A133  | K550004_1_P    | 691DM001P01: Вакуумное Р в 1 отсеке кам. защ.       | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A134  | K550014_3_P    | 691DM003P02: Перепад Р на Ф1 1 ст-ни оч-ни в К3-1   | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A135  | K550014_2_P    | 691DM003P01: Перепад Р на Ф2 1 ст-ни оч-ни в К3-1   | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A136  | K557703_F      | 691DM042F01: F барб-го воздуха на манюксе AF-5577   | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A137  | K556303_1_F    | 691DM026F01: F барб-го воздуха в баке AF-5563/1     | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A138  | K556303_2_F    | 691DM026F02: F барб-го воздуха в баке AF-5563/2     | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |
| A139  | K556103_1_2_F  | 691DM009F01: F воздуха в ан-ни пр-ве AF-5561/1      | ###       | 38     | 03:00:00... |           | 60000   |

Программирование алгоритмов технологических блокировок осуществляется при помощи встроенных технологических алгоблочных языков программирования, ниже представлен сам алгоритм, реализованный на данном языке программирования, суть алгоритма состоит в замене настроек типового закона управления (настроек регулятора) случае неудовлетворительного процесса регулирования. Причем замена настроек регулятора осуществляется с учетом величины рассогласования, знака рассогласования, а также осуществляется выдержка допустимого времени рассогласования. В случае если, не удалось перенастроить регулятор должным образом, то алгоритм управления блокирует работу регулятора, при этом осуществляется выдача аварийного сообщения на дисплей оператора.

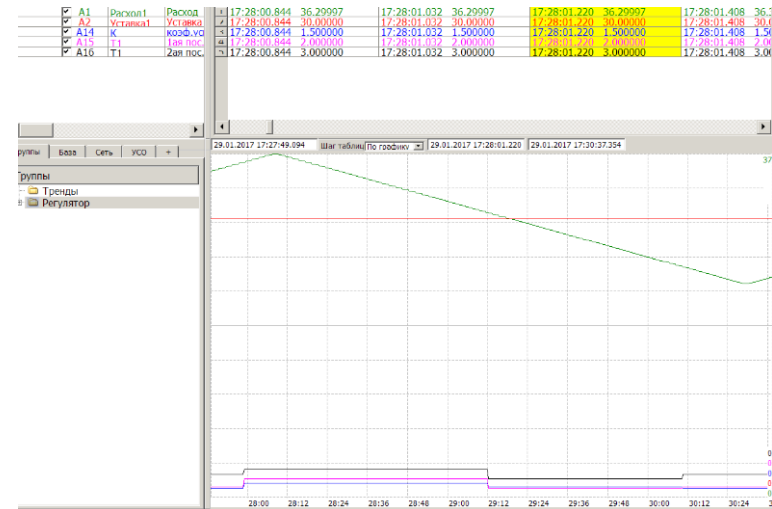




После завершения работы по созданию ПО системы управления блокировками, алгоритм был проверен на имитаторе:



На рисунке ниже представлена сама работы алгоритма:



По результатам проверки, которой видно, что разработанное ПО успешно работает.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ОБРАЗЦАХ ГРАФИТА, БЕРИЛЛИЯ И ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ ИНАА НА РЕАКТОРЕ ИВГ.1М

**Медетбеков Б.С., Алейников Ю.В., Попов Ю.А., Кожуханов С.Б.**  
филиал «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

### ВВЕДЕНИЕ

Одним из критериев оценки качества материалов ядерной техники является содержание примесей. Высокие требования к чистоте материала обусловлены областью его применения. Инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА) является методом с высокой чувствительностью, в котором важным параметром является предел обнаружения элементов. Представленные экспериментальные результаты при облучении стандартных образцов позволяют заявить о приемлемой точности обнаружения. В зависимости от типа реакторной установки, ее нейтронно-физических и технических характеристик возникают различные возможности в облучении проб и проведении анализов. Для реализации этих возможностей требуется разработка специальных методов и технологий, наиболее полно отвечающих экспериментальной базе и содержанию аналитических задач. Перспективность работ, связанных с определением содержания благородных металлов и делящихся материалов в пробах различного характера (геологических, экологических и т.п.), определяется потребностью таких отраслей как горнорудная промышленность, геология и разведка полезных ископаемых. В этой связи важной задачей является изучение возможности адаптации метода ИНАА на реакторах НЯЦ РК.

Целью проведенных исследований являлись систематизация и анализ экспериментальных данных по ИНАА образцов материалов ядерной техники (МЯТ). Проведение исследований позволило получить информацию об условиях облучения образцов бериллия, графита и циркония в экспериментальном канале реактора ИВГ.1М и возможности дальнейшего неразрушающего анализа облученных проб гамма-спектрометрическим методом, а также отработать методику проведения ИНАА образцов конструкционных МЯТ с использованием исследовательского реактора ИВГ.1М.

Настоящая работа посвящена адаптации метода для анализа конструкционных МЯТ на реакторе ИВГ.1М. В работе приведены результаты расчетов с целью выбора режимов облучения, представлены экспериментальные данные о пределах детектирования и скорости реакций активации. Проведен анализ чувствительности метода ИНАА для конкретных условий облучения и измерений.

### ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ 1. ФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью физических исследований являлось получение экспериментальных данных по активации элементов-аналитов в образцах МЯТ и стандартных образцах (СО) горных пород, облученных в экспериментальном канале реактора ИВГ.1М, исследование условий выдержки и измерения образцов.

Физические исследования включали в себя:

- подготовку образцов МЯТ и проб горных пород к облучению;
- проведение реакторного эксперимента с экспериментальным устройством, оснащенным образцами;
- постреакторные исследования, включающие гамма-спектрометрические измерения гамма-спектров от облученных образцов проб с последующей обработкой результатов измерений.

#### 1.1 Подготовка проб к облучению

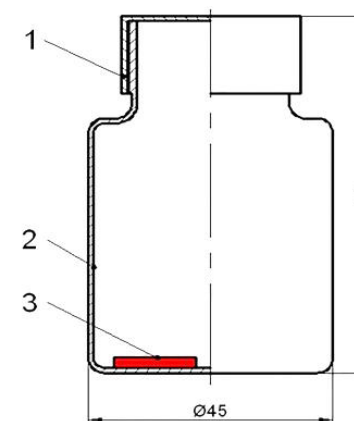
СО, которые были использованы для исследований, не требуют специальной подготовки. Подготовка образцов заключалась в расфасовке и взвешивании образцов в соответствии с [1]. Образцы графита и бериллия были приготовлены методом резки. После изготовления были измерены геометрические размеры и масса образцов. Образцы циркония представляли собой проволоку диаметром 1 мм и длиной 10 мм. Внешний вид СО и образцов МЯТ представлен на рисунках 2 и 3.

Для облучения были подготовлены следующие образцы:

| СО горной породы:       | МЯТ:                           |
|-------------------------|--------------------------------|
| стандартный образец JSD | образец бериллия марки ТГП-56; |
| стандартный образец СТ  | образец графита марки МГ-3;    |
| стандартный образец СГД | образец графита марки С-3;     |
| стандартный образец СГ  | образец графита марки R-4340;  |
|                         | образец циркония.              |

Ниже на рисунках 2 и 3 представлены образцы МЯТ и СО.

Конструктивная схема контейнера для облучения образцов представлена на рис. 1.



1 – крышка, 2 – контейнер, 3 – образец

Рисунок 1. Конструктивная схема контейнеров для облучения образцов

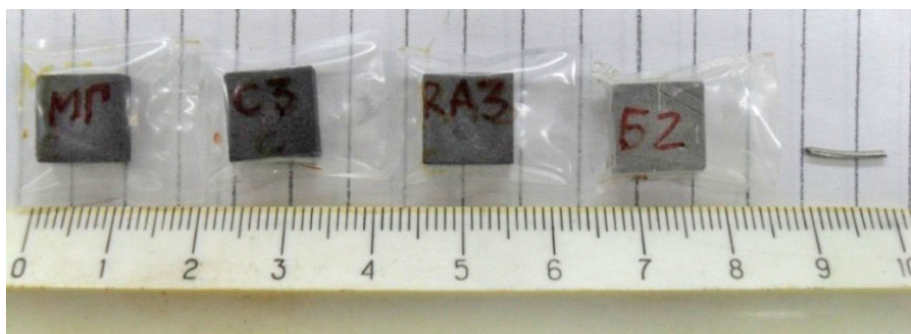


Рисунок 2. Образцы конструктивных МЯТ

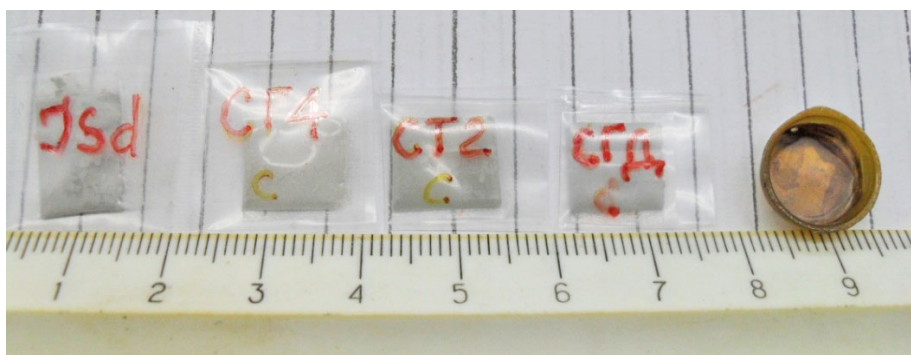


Рисунок 3. CO горных пород

Масса образцов МЯТ приведена в таблице 1. Ядерно-физические характеристики изотопов-продуктов реакции активации на ядрах изотопов-мишеней определяемых элементов (элементов-аналитов) были взяты из [2,3].

Таблица 1. Масса образцов МЯТ

| Условное обозначение | Масса, мг |
|----------------------|-----------|
| Mg1                  | 657,6     |
| C1                   | 687,7     |
| R1                   | 780,3     |
| b1                   | 782,5     |
| Zr1                  | 43,2      |

Эксперимент проводился с использованием размещенного в экспериментальном канале экспериментального устройства, представляющего собой полиэтиленовый контейнер с образцами. Образцы находились на уровне центра активной зоны реактора (на расстоянии 1 800 мм от верхнего торца экспериментального канала). Измерение спектров гамма-излучения образцов проводилось на многоканальном спектрометре с полупроводниковыми детекторами из особо чистого германия CANBERRA.

Измерения образцов проводились через 20 мин и более, а также 1; 2; 3; 6; 7; 8; 9; 30 сут после окончания облучения. Экспозиция составила от 600 с до 85 000 с. Расстояние от образцов до крышки криостата ППД выбиралось в зависимости от оптимальной загрузки спектрометрического тракта и составило от 250 до 0 мм.

## 1.2 Обработка результатов измерений

Концентрации элементов-аналитов в образцах конструктивных МЯТ определялись относительным методом ИНАА.

Чувствительность определения элементов для реальных спектров образцов с известным содержанием элемента в образце, рассчитывалась по формуле:

$$m_{\min} = \frac{L_c m}{S_i(E)} \quad (1)$$

где  $m_{\min}$  – чувствительность определения элемента, г;

$m$  – масса элемента в образце, г;

$S_i(E)$  – площадь ППП с энергией  $E$ ;

$L_c = k\sqrt{2B}$  – критический уровень при отсутствии интерферирующих пиков в области интересов (ROI) [4, 5];

$k$  – коэффициент, зависящий от доверительного уровня  $p$  [9, 10], для  $p = 0,95$   
 $k = 1,64$ ;

$B$  – континуум (подложка) под ППП в области ROI.

Определение скорости реакций на ядрах изотопов элементов-аналитов для конкретных условий.

Концентрация аналитических элементов в образцах конструктивных МЯТ рассчитывалась по формуле:

$$C_x = \frac{C_0 A_{Rx}}{A_{R0}} k \quad (4)$$

где  $x$  – индекс, относящийся к анализируемому образцу, а индекс 0 – к стандарту;

0 – индекс, относящийся к стандарту;

$C$  – концентрация элемента в образце (стандарте);

$A_R$  – удельная (на грамм образца) скорость счета в ППП, приведенная к концу облучения.

## 1.3 Результаты физических исследований

В таблице 2 представлены результаты определения концентрации элементов-аналитов в образцах МЯТ относительным методом ИНАА.

Таблица 2. Содержание элементов в образцах МЯТ

| Элемент | Концентрация элемента, 10 <sup>-4</sup> % |            |              |                 |          |
|---------|---|------------|--------------|-----------------|----------|
|         | Графит МГ-3                               | Графит С-3 | Графит R4340 | Бериллий ТГП-56 | цирконий |
| As      | 0,15                                      | 0,20       | 0,025        | 0,60            | < ПО     |

|    |        |        |        |        |       |
|----|--------|--------|--------|--------|-------|
| Ba | 6,5    | 6,6    | 5,7    | 33,0   | "     |
| Co | 0,25   | 0,25   | 0,56   | 2,00   | "     |
| Cr | 0,53   | 1,20   | 0,76   | 110,00 | "     |
| Eu | 0,0025 | 0,017  | 0,015  | 0,004  | "     |
| Fe | < ПО   | 30     | 47     | 1500   | "     |
| K  | 9      | 15     | 13     | < ПО   | "     |
| La | 0,27   | 0,19   | 0,13   | 0,55   | "     |
| Lu | 0,0058 | 0,0039 | 0,0039 | 0,0100 | "     |
| Mn | 0,085  | 0,075  | 0,075  | 32     | 0,47  |
| Na | 12,0   | 16,0   | 0,9    | 11     | 6     |
| Sb | 0,016  | 0,067  | 0,004  | 0,170  | < ПО  |
| Sc | 0,038  | 0,130  | 0,14   | 4,000  | "     |
| Sm | 0,012  | 0,057  | 0,08   | 0,045  | "     |
| Th | 0,035  | 0,05   | 0,024  | 0,170  | "     |
| U  | 0,080  | 0,025  | 0,009  | 0,260  | "     |
| W  | 0,33   | 0,10   | 0,13   | 47,00  | "     |
| Yb | 0,0024 | 0,0300 | 0,0400 | 0,0200 | "     |
| Zr | 450    | < ПО   | < ПО   | 390    | 100 % |
| Hf | < ПО   | "      | "      | "      | 35    |

<ПО – меньше предела обнаружения

В таблице 3 представлены результаты определения пределов обнаружения элементов в образцах МЯТ.

Таблица 3. Пределы обнаружения элементов в образцах МЯТ методом ИНАА

| Элемент | Предел обнаружения, мкг/г |                      |                      |                      |          |
|---------|---------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------|
|         | Графит МГ-3               | Графит С-3           | Графит R4340         | Бериллий ТГП-56      | Цирконий |
| As      | 0,009                     | 0,010                | 0,004                | 0,200                | НО       |
| Ba      | 5                         | 4                    | 4                    | 26                   | "        |
| Co      | 0,06                      | 0,05                 | 0,04                 | 0,10                 | "        |
| Cr      | 0,14                      | 0,13                 | 0,12                 | 0,53                 | "        |
| Eu      | $6,00 \cdot 10^{-5}$      | $7,00 \cdot 10^{-5}$ | $2,00 \cdot 10^{-5}$ | $3,30 \cdot 10^{-3}$ | "        |
| Fe      | 30                        | 19                   | 18                   | 40                   | "        |
| Hf      | НО                        | НО                   | НО                   | НО                   | 3,4      |
| K       | 1,8                       | 2,4                  | 0,6                  | 100,0                | НО       |
| La      | 0,012                     | 0,013                | 0,010                | 0,050                | "        |
| Lu      | $7,00 \cdot 10^{-4}$      | $7,50 \cdot 10^{-4}$ | $9,00 \cdot 10^{-4}$ | $3,00 \cdot 10^{-3}$ | "        |

|    |                     |                     |                     |                     |      |
|----|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
| Mn | 0,003               | 0,020               | 0,002               | 0,200               | 0,10 |
| Na | 0,030               | 0,039               | 0,010               | 0,400               | 2,00 |
| Sb | 0,012               | 0,0044              | 0,005               | 0,026               | НО   |
| Sc | 0,0030              | 0,0028              | 0,0032              | 0,006               | "    |
| Sm | $2,7 \cdot 10^{-4}$ | $2,6 \cdot 10^{-4}$ | $2,5 \cdot 10^{-4}$ | $7,0 \cdot 10^{-3}$ | "    |
| Th | 0,015               | 0,013               | 0,010               | 0,050               | "    |
| U  | 0,02                | 0,018               | 0,015               | 0,070               | "    |
| W  | 0,013               | 0,014               | 0,009               | 0,300               | "    |
| Yb | 0,005               | 0,006               | 0,008               | 0,030               | "    |
| Zr | 200                 | 250                 | 250                 | 390                 | "    |

НО – не обнаружен.

## 2. АНАЛИЗ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Одним из критериев оценки качества МЯТ является содержание примесей. Высокие требования к чистоте материала обусловлены областью его применения. Применение графитовых изделий в атомной промышленности с разнообразными условиями эксплуатации определяет специфику марок выпускаемого графита. Практически для каждой области применения, исходя из условий эксплуатации, создана своя марка этого материала. Различаются они между собой физико-химическими показателями: плотностью, чистотой, прочностью, размерами зерен и др. По значениям чистоты материала говорят о количестве минеральных примесей в составе. В зависимости от минералогического типа и вида потребления графит выпускают различных марок [6...8]. Самыми чистыми из искусственных графитов являются спектральный и ядерный. В особо чистых графитах (классы чистоты ОСЧ-7-2, ОСЧ-7-3) содержание примесей должно быть не более  $5 \cdot 10^{-3}$  % и  $6,2 \cdot 10^{-4}$  % соответственно [9].

Получены значения содержания примесей в образцах графита марок МГ-3, С-3 и R4340. Методом ИНАА удалось определить большинство нормируемых элементов. В зависимости от марки графита содержание основных примесей составляет для элементов: Fe –  $< 0,47 \cdot 10^{-6}$  %; Zn –  $< 0,21 \cdot 10^{-4}$  %; Mn – от  $10^{-5}$  % до  $5 \cdot 10^{-4}$  %; Cl –  $< 12 \cdot 10^{-4}$  %.

Определена концентрация элементов в образце бериллия. Основным отличием бериллия как МЯТ является относительно низкое содержание в нём урана в виде примеси. Это обусловлено воздействием нейтронного потока при использовании бериллия в ядерной технике. Из-за наличия природного урана в бериллии этот компонент бериллия может рассматриваться как комбинация сырьевого ( $^{238}\text{U}$ ) и делящегося ( $^{235}\text{U}$ ) изотопов урана. При взаимодействии нейтронов с ураном будут происходить процессы выгорания этих изотопов, образования новых делящихся изотопов а также образование нейтронов деления.

Анализ образцов бериллия на реакторе ИВГ.1М методом ИНАА позволяет определять содержание урана в образцах бериллия до 0,006 мкг/г. По результатам

анализа урана в составе исследуемого образца, концентрация урана составила 0,023 мкг/г, что соответствует требованиям к бериллию сорта ТГП-56ПС ( $\leq 0,003$  %). Кроме урана в составе бериллия в наибольшей степени контролируется также содержание Nb, Co, Ag.

Высокая коррозионная стойкость циркониевых сплавов в условиях нормальной эксплуатации реакторов – это необходимое требование. В образце циркония определено содержание гафния и тантала. Основным элементом при контроле чистоты циркония является гафний (не более 0,01 %). Ограничение по содержанию гафния объясняется необходимостью обеспечения минимального содержания в активной зоне реактора материалов с повышенным коэффициентом захвата нейтронов (поперечное сечение поглощения тепловых нейтронов гафния составляет 105 барн, что почти в 600 раз больше, чем у циркония) [10,11].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для получения экспериментальных данных, необходимых для обоснования и отработки методики ИНАА содержания примесей в образцах конструкционных материалов ядерной техники, было проведено два реакторных облучения образцов графита, бериллия и циркония на реакторе ИВГ.1М. Средняя мощность реактора составила 0,3 МВт, среднее время облучения составило 4 060 с. Время выдержки образцов с момента окончания облучения до момента начала измерения составило от 20 мин до 30 сут.

Методом ИНАА удалось определить большинство нормируемых элементов в образцах графита марок МГ-3, С-3 и R4340.

Определена концентрация урана, кобальта и серебра в бериллии сорта ТГП-56ПС. Концентрация урана составила 0,023 мкг/г.

В образце циркония определено содержание гафния и тантала.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методические указания по подготовке проб минерального сырья для инструментального нейтронно-активационного анализа: инструкция / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК. – Курчатов, 2012. – 10 с.– Инв. № К-50993.
2. Схема распада радионуклидов. Энергия и интенсивность излучения: публикация 38 МКРЗ. В 2-х ч. / пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
3. Inspector Volume Two. Advanced Topics: руководство пользователя спектрометрической системой Genie-PC: S404- USR. – 12/95. –V.2/3.
4. **Фронтасьева, М.В.** Нейтронный активационный анализ в науках о жизни: обзор / М.В. Фронтасьева / Физика элементарных частиц и атомного ядра. – 2011. – Т. 42, № 2. – с. 636-716.
5. Активационный анализ: курс лекции / В.И. Гутько. – Минск: МГЭУ им А. Д. Сахарова, 2008. – 74 с.
6. ГОСТ 17022-81. Графит. Типы, марки и общие технические требования.
7. Уралграфит // <http://grafit74.ru/info/>.

8. ЗАО «Графит сервис». <http://www.graphitservis.ru/catalog/made/thick/>.
9. Чистота графитовых и углеродных композиционных материалов / О.Г. Капленко, И.В. Гурин, Т.С. Яковицкая // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (97). – 2011. – № 2. – с.132-136.
10. Experimental Study of Embrittlement of Zr-1% Nb VVER Cladding under LOCA-Relevant Conditions / L. Yegorova, K. Lioutov, N. Jouravkova, A. Konobeev, V. Smirnov, V. Chesanov, A. Goryachev. – Washington, U.S. Nuclear Regulatory Commission, 2005. – 274 p.
11. Получение циркония ядерной чистоты / Н.Н. Пилипенко // Вопросы атомной науки и техники. Сер. Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (92). – 2008. – № 2. – с. 66-72.

УДК 621.039.5

## РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КОРИУМА И ОГНЕУПОРНЫХ БЛОКОВ ЛОВУШКИ РАСПЛАВА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ

*Рамазанова К.М., Зуев В.А., Гановичев Д.А.,  
Хажидинов А.С., Акаев А.С*  
филиал «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

В работе представлена разработанная теплофизическая модель ловушки приема расплава теплотехнической установки с учетом плазматронов, имитирующих остаточное тепловыделение в кориуме. Проведен нестационарный тепловой расчет кориума и огнеупорных блоков ловушки расплава. Приведены результаты расчета значений температуры огнеупорных блоков.

### ВВЕДЕНИЕ

Проводимые исследования в рамках данной темы, в первую очередь, направлены на смягчение последствий тяжелой аварии ядерного энергетического реактора, связанной с расплавлением активной зоны реактора, на сведение к минимуму возможности разрушения защитных барьеров реактора (силовой корпус, бетонное основание реактора), препятствующих выходу кориума и продуктов деления в окружающую среду.

В Институте атомной энергии на теплотехнической установке проведены эксперименты по исследованию взаимодействия кориума с жаростойкими материалами, которые могут быть использованы для защитного покрытия в ловушках расплава активной зоны ядерного реактора (ловушка расплава).

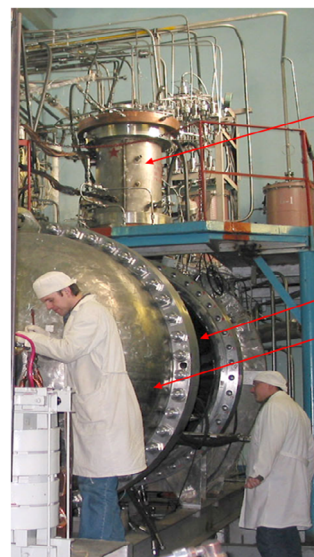
Ловушка расплава предназначена для снижения радиоэкологических последствий тяжелой аварии. Расплав образуется при тяжелой аварии с расплавлением активной зоны. Одной из важнейших задач в случае тяжелой аварии на ядерном реакторе является сохранение герметичности контейнента, являющегося последним барьером на пути распространения продуктов деления (ПД) в окружающую среду. Для решения этой задачи предлагаются различные варианты ловушки расплава. Независимо от ее конструктивного оформления основное назначение ловушки состоит в том, чтобы: вместить и удержать от распространения всю массу расплава; обеспечить снижение температуры и эффективный отвод остаточного энерговыделения ПД; предотвратить проплавление основания шахты реактора (как правило, бетонное) и разрушение основных конструкций контейнента внутри герметичной оболочки.

Эксперименты на теплотехнической установке проведены с целью определения наиболее оптимального огнеупорного материала, который в дальнейшем будет использован в качестве облицовки ловушки расплава ядерных реакторов. Результатом проведенных экспериментов на теплотехнической установке является характер разрушения огнеупорных блоков, и зависимость температуры огнеупор-

ных блоков от времени. Зачастую в ходе проведения экспериментальных работ, термодары, определяющие температуру кориума и огнеупорных блоков, выходят из строя. Таким образом, становится актуальной задача восстановления аналитическим путем значений температуры в контрольных точках, в которых в ходе проведения эксперимента термодары вышли из строя. Данная работа направлена на разработку и валидацию теплофизической модели ловушки приема расплава теплотехнической установки. Разработанная модель позволяет решить проблему потери температурных данных, а так же прогнозировать температурные поля огнеупорных блоков и кориума.

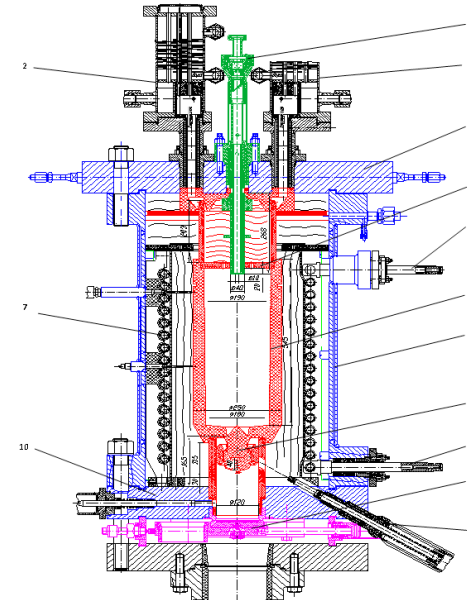
### 1. Описание установки

Внешний вид экспериментальной теплотехнической установки приведен на рисунке 1. Конструктивно установка состоит из двух основных узлов: электрической плавильной печи (ЭПП) и устройства приема расплава (УПР). Конструктивная схема ЭПП приведена на рисунке 2. Электроплавильная печь, индукционного типа, предназначена для плавления шихты различных композиций, состоящей из тугоплавких материалов, и слива расплава в экспериментальную секцию (ловушку расплава) УПР.



1. ЭПП;
2. устройство приема расплава (УПР);
3. съёмная крышка УПР.

Рисунок 1. Теплотехническая установка

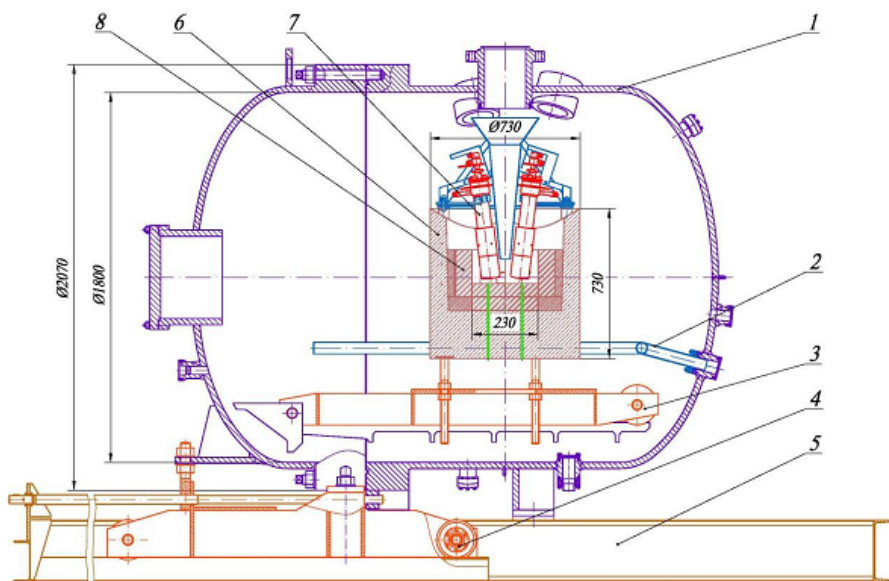


1. узел визирования пирометра;
2. теплообменник; 3, 10. медные фланцы;
4. крышка тигля; 5. токоввод; 6. тигель;
7. индуктор; 8. корпус ЭПП; 9. пробка тигля;
11. затвор; 12. механизм разрушения пробки.

Рисунок 2. Конструктивная схема ЭПП

Основными узлами и элементами ЭПП являются: корпус плавильной печи; узел отвода отходящих газов; водоохлаждаемый индуктор; собственно плавильная камера - графитовый тигель; пакет теплоизоляции; устройство для разрушения пробки тигля, закрывающей сливное отверстие; шиберный затвор, перекрывающий сливной канал между ЭПП и УГР установки.

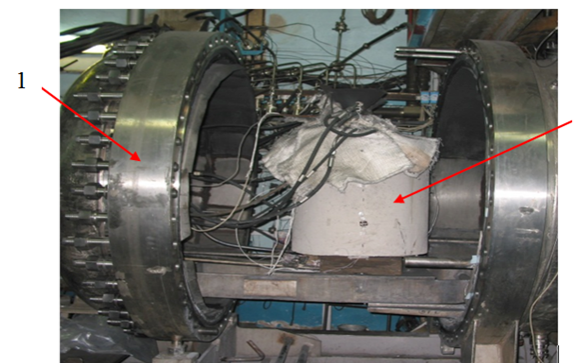
Устройство приема расплава теплотехнической установки изготовлено из нержавеющей стали и представляет собой цилиндрический сосуд с двумя эллиптическими днищами. Одно из этих днищ приварено к цилиндрической части сосуда, а другое соединяется с цилиндрической частью с помощью фланцевого соединения. Ось цилиндрической поверхности сосуда располагается горизонтально. На верхней части цилиндрической поверхности УГР находится горловина, на которую устанавливается электроплавильная печь. Конструктивная схема УГР установки «Лава-Б» приведена на рисунке 3.



1. емкость УГР; 2. парогазопровод; 3. устройство передвижения ловушки; 4. тележка; 5. рама; 6. ловушка бетонная; 7. плазматрон; 8. огнеупорные блоки.

Рисунок 3. Конструктивная схема УГР теплотехнической установки

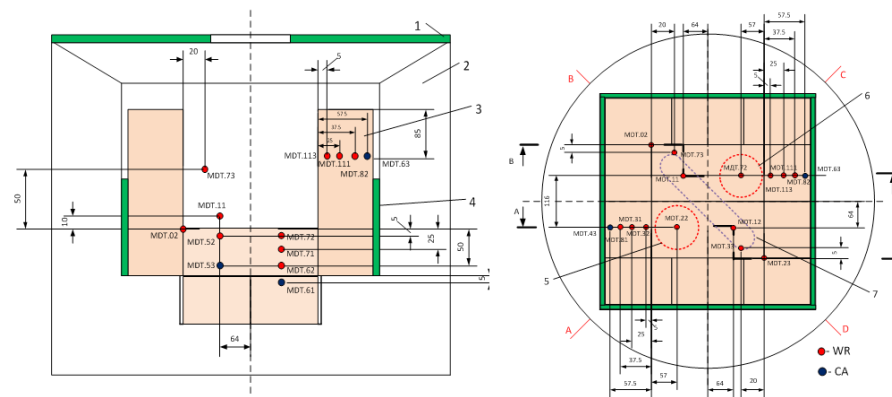
Съемное эллиптическое днище после отсоединения его от цилиндрической части корпуса может перемещаться в горизонтальном направлении с помощью специального устройства. Со стороны внутренней полости УГР к съемному днющу подсоединена платформа, на которую устанавливается используемое экспериментальное оборудование. На рисунке 4 приведен общий вид бетонной ловушки расплава, установленной внутри УГР.



1. съемная крышка УГР; 2. ловушка бетонная

Рисунок 4. Внешний вид бетонной ловушки расплава теплотехнической установки

Конструктивная схема бетонной ловушки расплава с огнеупорными блоками и схема расстановки термпар в ней показаны на рисунке 5.



1. стальной экран; 2. бетонная ловушка; 3. огнеупорный блок; 4. песок; 5. контур плазматрона А; 6. контур плазматрона С; 7. контур танталового сливного конуса

Рисунок 5. Конструктивная схема и схема расстановки термпар в бетонной ловушке

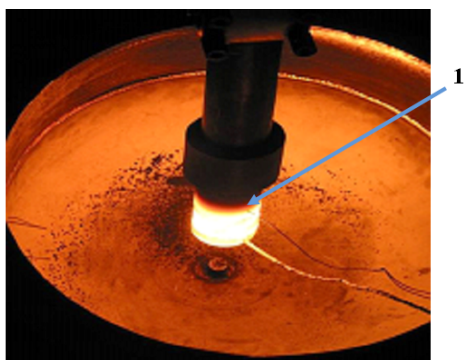
В УГР используется плазматронная система нагрева расплава в бетонной ловушке. Плазматронная система нагрева расплава в бетонной ловушке предназначена для имитации остаточного тепловыделения в расплаве кориума. На рисунке 6 представлена ловушка расплава с установленными в ней плазматронами. Электроды плазматрона изготовлены из меди и расположены коаксиально. На рабочую часть каждого электрода, на резьбовом соединении, крепиться наконечник из графита. На рисунке 7 приведен вид работающего плазматрона.

Во время эксперимента происходит нагрев и плавление шихты в плавильном графитовом тигле и, после разрушения пробки тигля, расплав сливается в ловушку расплава.



1. плазматроны; 2. огнеупорные блоки;  
3. бетонная ловушка

Рисунок 6. Ловушка расплава с установленными в ней плазматронами



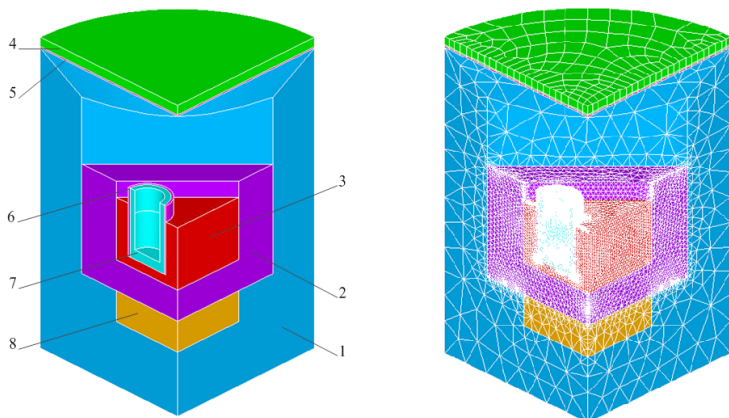
1. внешний наконечник плазматрона

Рисунок 7. Вид сверху на ловушку расплава с установленным в ней плазматроном

## 2. РАСЧЕТ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ МОДЕЛИ

Исходные данные и условия расчета

Начальная температура кориума в ловушке расплава принята равной 2 200°C, масса кориума равна 46 кг. Материальный состав кориума: массовая доля Zr 0,325; массовая доля  $ZrO_2$  0,035; массовая доля  $UO_2$  0,638. Бетонная ловушка расплава внутри выложена огнеупорными блоками.



1. бетон; 2. огнеупорный блок; 3. кориум; 4. суперсил; 5. сталь; 6. графитовый войлок; 7. внешний наконечник плазматрона С; 8. огнеупорный блок, нижний слой

Рисунок 8. Расчетная модель

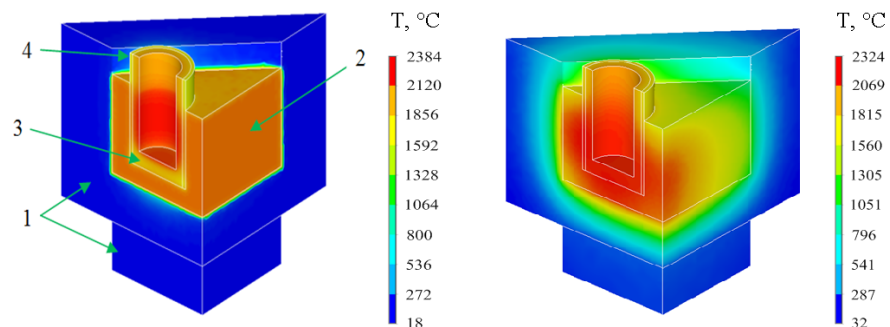
Рисунок 9. Конечно-элементная сетка расчетной модели

Теплофизические свойства материалов взяты из справочной литературы [1,2].

Расчетная модель приведена на рисунке 8. На рисунке 9 приведена конечно-элементная сетка расчетной модели. Рассматриваемая модель симметрична, смоделирована четвертая часть ловушки расплава в расчетной программе ANSYS [3,4,5], в состав которой входит внешний наконечник плазматрона С. Контрольные точки (к.т.), расположенные рядом с плазматроном С: МДТ.113, МДТ.111, МДТ.82, МДТ.72, МДТ.71 и МДТ.62. В качестве граничного условия используется плотность теплового потока, которая задается на внутреннюю поверхность внешнего наконечника плазматрона. Тепловой поток рассчитан по экспериментальным значениям электрических параметров плазматрона. В расчетной модели учитывается теплообмен излучением между поверхностью кориума, бетонной ловушкой и тепловым экраном, а так же конвективный теплообмен между внешними поверхностями модели и окружающей средой.

## 3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

В ходе проведения экспериментов на теплотехнической установке, за 5-10 минут до слива расплава из тигля ЭПП в ловушку расплава производится включение плазматронов. После слива расплава плазматроны работают в течение ~2 часов. Данный расчет выполнен с целью валидации расчетной модели. В качестве исходных данных для выполнения расчета использовались электрические параметры плазматронов, реализованные в ходе проведения эксперимента.



1. огнеупорный блок; 2. кориум; 3. внешний наконечник плазматрона С; 4. тепло-изоляция плазматрона.

Рисунок 10. Температурное поле в начальный момент после слива расплава

Рисунок 11. Температурное поле огнеупорного блока, кориума, внешнего наконечника плазматрона после отключения плазматронов

Расчет состоит из двух этапов. На первом этапе плазматроны работали в течение 609 секунд без кориума. Спустя 609 с после включения плазматронов был осуществлен слив расплава. После слива расплава плазматроны работали 2 593 с.

На рисунках 10 и 11 приведено температурное поле огнеупорного блока, кориума,



внешнего наконечника плазматрона в начальный момент после слива расплава и после отключения плазматронов.

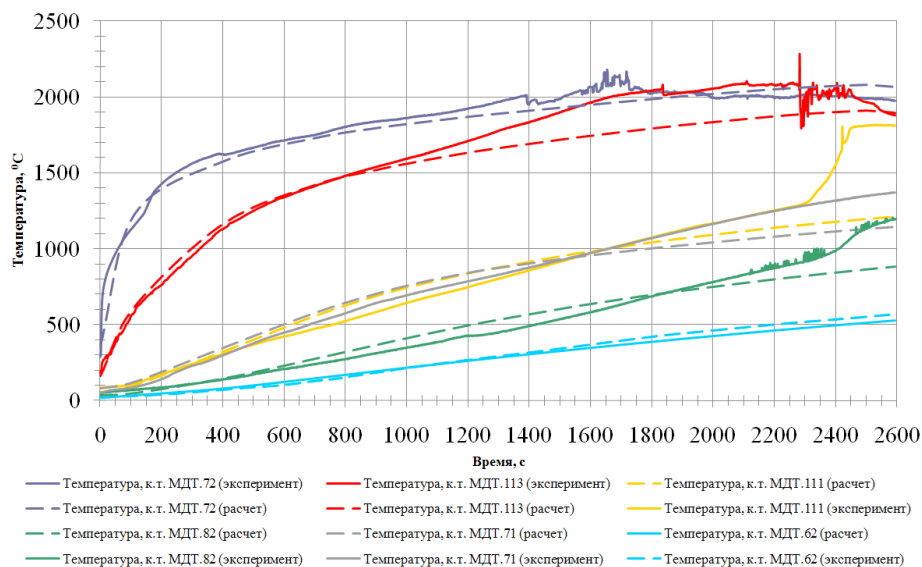


Рисунок 12. Экспериментальные и расчетные значения температуры огнеупорных блоков

Из графика, приведенного на рисунке 12, видно, что расчетные значения температуры в боковых блоках (к.т. МДТ.113, к.т. МДТ.111 и к.т. МДТ.82) отличаются от экспериментальных значений температуры в соответствующих контрольных точках в среднем на 5,1 %, 9 % и 8,5 % соответственно.

Отличие между экспериментальными значениями температуры, регистрируемые термомпарами в донных блоках (МДТ.72, МДТ.71 и МДТ.62), и расчетными значениями температуры в соответствующих контрольных точках составляет в среднем 3,9 %, 8,2 % и 7,4 % соответственно.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работ по данной теме получены следующие результаты:

- разработана теплофизическая модель ловушки приема расплава теплотехнической установки с учетом плазматронов, имитирующих остаточное тепловыделение в корииуме;
- проведен нестационарный тепловой расчет корииума и огнеупорных блоков ловушки расплава теплотехнической установки;
- выполнена валидация разработанной модели путем сравнения экспериментальных значений температуры с расчетными значениями температуры. Расчетные значения температуры в боковых блоках (к.т. МДТ.113, к.т. МДТ.111, к.т. МДТ.82) и в донных блоках (к.т. МДТ.72, к.т. МДТ.71 и к.т. МДТ.62) отличаются от экспериментальных значений температуры не более чем на 10 %;

- разработанная теплофизическая модель ловушки приема расплава теплотехнической установки была использована для восстановления расчетным путем значений температуры в контрольных точках, в которых вышли из строя термомпары в ходе проведения экспериментов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. RADIATIVE EMISSIVITY OF METALS AND OXIDIZED METALS AT HIGH TEMPERATURE, George Teodorescu, Dissertation, Auburn University, 2007.
2. **Мухеев М.А.** Основы теплопередачи / М.А. Мухеев, И.М. Мухеева. – М. : «Энергия», 1977.
3. Сборник руководств программы ANSYS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://support.ansys.com/training>.
4. Сборник руководств программы ANSYS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://support.ansys.com/documentation>.
5. Сборник руководств программы ANSYS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://support.ansys.com/docinfo>.

## ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА

Мамырбаева А.С., Айдарханова А.К., Актаев М.Р., Лукашенко С.Н.  
филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

### ВВЕДЕНИЕ

Поверхностные воды являются жизненно важными для человека при осуществлении хозяйственной деятельности, поэтому водные объекты территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона (СИП) могут являться потенциальными объектами водопользования, поэтому оценка радионуклидного загрязнения поверхностных вод является первоочередной задачей.

Поверхностные водные объекты территории СИП представлены следующими типами:

- водоемы техногенного происхождения – это, как правило, воронки, образованные в результате проведения наземных или экскавационных взрывов, заполненные водой («Опытное поле», «Балапан», «Телькем»);
- водоемы природного происхождения – это небольшие по площади природные озера, основная часть которых пересыхает к середине лета;
- водотоки – это ручьи, к основным относятся ручьи площадки «Дегелен» и река Шаган.

### 1. МЕТОДОЛОГИЯ

**Объекты исследования.** Объектами исследования являлись водные объекты (поверхностные водоемы и водотоки) на территории СИП (рис. 1).

Водные объекты площадки «Опытное поле» – это воронки, образованные в результате проведения воздушных и наземных испытаний, заполненные водой и заросшие по периметру камышом. На юге площадки «Опытное поле» на площадке П2-М водными объектами являются траншеи, заполненные водой. Эти объекты носят временный характер, образуясь в весенний период снеготаяния и половодья и высыхая к середине лета.

«Атомное озеро» – один из основных водных объектов территории СИП, было образовано в результате взрыва 15.01.1965 г. мощностью 140 кт на месте слияния рек Шаган и Ашису, в результате которого образовалась воронка глубиной более 100 м и диаметром 400 м, которая заполнилась водой.

На территории горного массива Дегелен проводились подземные испытания в горных выработках – штольнях. Основное радиоактивное загрязнение водных объектов связано с выносом радиоактивности из полостей штолен водным путем, т.е. с водотоками из штолен, в зоне влияния которых находятся ручьи площадки «Дегелен»: Узынбулак, Карабулак, Токтакушук, Актыбай, Байтлес, Безымянный и Безымянный-2 [1].



#### Условные обозначения

|                                |                          |
|--------------------------------|--------------------------|
| граница СИП                    | пересыхающие реки, ручьи |
| границы испытательных площадок | реки, ручьи              |
| изолиния 0,3 Ки/кв. км, Cs-137 | озеро                    |

Рисунок 1. Поверхностные водные объекты территории СИП

Река Шаган – маловодная река, характеризуется низкой скоростью течения, ветвлениями, тупиковыми заводьями, заболачиванием берегов. Она течет вдоль восточной границы площадки «Балапан», выходит за пределы СИП и является левобережным притоком реки Иртыш. В пределах СИП длина русла реки около 50 км. [2].

На территориях вне испытательных площадок и через которые не проходят следы от испытаний, были проведены комплексные исследования, и данные территории принято считать «условно» чистыми. На данных территориях ведется хозяйствен-

ная деятельность (в основном несанкционированная), и некоторые водные объекты (колодцы) используются в качестве объектов водопользования.

**Отбор проб.** Для проведения исследований с выбранных объектов проводился отбор пробы воды с поверхности 0-15 см. Пробы воды отбирались объемом 10 л. Все пробы в кратчайший срок доставлялись в лабораторию. Пробы воды отфильтровывались и консервировались концентрированной азотной кислотой до pH=2. Законсервированная проба хранилась до начала проведения анализа, но не более 30 дней [3].

Проведение измерений. В отобранных пробах проводилось определение содержания техногенных радионуклидов  $^3\text{H}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{239+240}\text{Pu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ .

В пробах воды содержание  $^3\text{H}$  определялось методом жидкостинцилляционной спектрометрии,  $^{241}\text{Am}$  определялось с помощью  $\gamma$ -спектрометрических «прямых» измерений. Далее пробы объемом 10 л. концентрировались с помощью метода соосаждения. После соосаждения определение содержания радионуклидов проводилось:  $^{137}\text{Cs}$   $\gamma$ -спектрометрическим измерением,  $^{90}\text{Sr}$   $\gamma$ -спектрометрическим, с помощью  $^{239+240}\text{Pu}$   $\alpha$ -спектрометрического анализа [4].

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ

Содержание техногенных радионуклидов в воде водоемов площадки «Опытное поле» представлено в таблице 1.

Таблица 1. Содержание техногенных радионуклидов в воде на площадке

| Место отбора       | Удельная активность, Бк/кг |                   |                  |                               |                               |
|--------------------|----------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                    | $^3\text{H}$               | $^{137}\text{Cs}$ | $^{90}\text{Sr}$ | $^{239+240}\text{Pu}$         | $^{241}\text{Am}$             |
| П1                 | < 11                       | < 0,01            | $1,1 \pm 0,2$    | $(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| П1, К-1            | < 11                       | < 0,01            | $0,03 \pm 0,01$  | $(2,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| К-2                | < 11                       | < 0,02            | $0,08 \pm 0,01$  | $(0,6 \pm 0,2) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| "Тротиловое" озеро | < 12                       | < 0,01            | $0,02 \pm 0,01$  | $(2,5 \pm 0,3) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| П2, Уч. № 4-1      | < 12                       | < 0,01            | $0,09 \pm 0,01$  | $(0,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| П2-М               | < 11                       | < 0,02            | $0,08 \pm 0,01$  | $(5,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| В-1                | < 12                       | < 0,01            | $2,5 \pm 0,4$    | $(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| П3, т. 5           | < 12                       | < 0,01            | $1,0 \pm 0,2$    | $(2,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| П5, Уч. № 3        | $100 \pm 13$               | < 0,04            | $75 \pm 7$       | $(1,7 \pm 0,3) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |
| П5, Уч. № 4        | < 14                       | $2,80 \pm 0,20$   | $240 \pm 20$     | $(2,9 \pm 0,5) \cdot 10^{-2}$ | $(3,1 \pm 0,6) \cdot 10^{-3}$ |
| П5, т. 6           | < 12                       | < 0,03            | $14 \pm 2$       | $(1,0 \pm 0,2) \cdot 10^{-2}$ | < 3                           |

Несмотря на то, что в некоторых случаях зафиксировано достаточно высокое содержание техногенных радионуклидов в воде, данное загрязнение носит локальный характер.

Содержание радионуклидов в воде, отобранной в 3 различных точках по периметру «Атомного» озера представлено в таблице 2.

Таблица 2. Содержание радионуклидов в воде «Атомного озера»

| Удельная активность, Бк/кг |                   |                  |                               |
|----------------------------|-------------------|------------------|-------------------------------|
| $^3\text{H}$               | $^{137}\text{Cs}$ | $^{90}\text{Sr}$ | $^{239+240}\text{Pu}$         |
| $100 \pm 13$               | < 0,01            | $0,32 \pm 0,05$  | $(0,8 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$ |
| $85 \pm 13$                | < 0,01            | $0,29 \pm 0,04$  | $(0,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$ |
| $75 \pm 13$                | < 0,01            | $0,23 \pm 0,03$  | $(0,5 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ |

Также в период с 2013 года были проведены исследования по распределению радионуклидов по глубине водной толщи (рис. 2). Согласно полученным результатам содержание  $^3\text{H}$  и  $^{90}\text{Sr}$  в поверхностном слое минимальное, 180 Бк/кг и 0,4 Бк/кг соответственно. Максимальные значения достигаются на глубине 80 м, и для  $^3\text{H}$  составляют порядка 20 000 Бк/кг, для  $^{90}\text{Sr}$  – 14 Бк/кг.

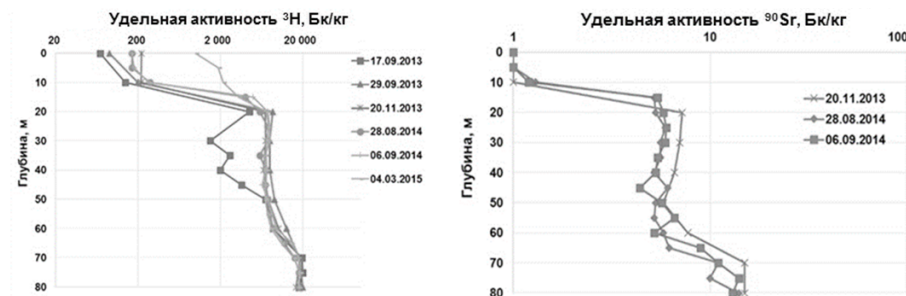


Рисунок 2. Распределение содержания радионуклидов по глубине «Атомного озера»

Содержание радионуклидов в воде ручьев и водотоков из штолен, к которым они приурочены, площадки «Дегелен» представлены в таблице 3.

Таблица 3. Содержание радионуклидов в воде водотоков из штолен и ручьев площадки «Дегелен»

| Водотоки штолен | Удельная активность, Бк/кг |                   |                  | Ручьи         | Удельная активность, Бк/кг |                   |                       |
|-----------------|----------------------------|-------------------|------------------|---------------|----------------------------|-------------------|-----------------------|
|                 | $^3\text{H}$               | $^{137}\text{Cs}$ | $^{90}\text{Sr}$ |               | $^3\text{H}$               | $^{137}\text{Cs}$ | $^{90}\text{Sr}$      |
| шт.511          | $(4,0 \pm 0,4) \cdot 10^4$ | $55 \pm 5$        | $110 \pm 10$     | р. Карабулак  | $(7,0 \pm 0,7) \cdot 10^4$ | < 0,02            | $1,4 \pm 0,2$         |
| шт.501          | $(1,4 \pm 0,1) \cdot 10^4$ | $11 \pm 1$        | $90 \pm 9$       | р. Актыбай    | $(3,5 \pm 0,3) \cdot 10^4$ | < 0,02            | < $0,3 \cdot 10^{-2}$ |
| шт.503          | $(5 \pm 0,5) \cdot 10^4$   | $75 \pm 7$        | $90 \pm 9$       |               |                            |                   |                       |
| шт.165          | $(2,9 \pm 0,3) \cdot 10^5$ | $170 \pm 10$      | $1300 \pm 100$   | р. Токтакушук | $(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^5$ | < 0,01            | $0,09 \pm 0,01$       |
| шт.176          | $(2,2 \pm 0,2) \cdot 10^5$ | $45 \pm 4$        | $80 \pm 8$       | р. Байтлес    | $(9,5 \pm 0,9) \cdot 10^4$ | < 0,01            | $1,3 \pm 0,2$         |
| шт.609          | $(6 \pm 0,6) \cdot 10^3$   | $150 \pm 10$      | $90 \pm 9$       |               |                            |                   |                       |

|        |                            |                 |              |                |                            |        |               |
|--------|----------------------------|-----------------|--------------|----------------|----------------------------|--------|---------------|
| шт.204 | $(2,3 \pm 0,2) \cdot 10^5$ | $0,1 \pm 0,01$  | <1           | р.Узын-булак   | $(6,5 \pm 0,6) \cdot 10^4$ | < 0,01 | $1,0 \pm 0,2$ |
| шт.104 | $(1,8 \pm 0,2) \cdot 10^5$ | $120 \pm 10$    | $510 \pm 50$ |                |                            |        |               |
| шт.203 | $(5,2 \pm 0,5) \cdot 10^4$ | < 0,02          | <1           |                |                            |        |               |
| шт.802 | $(1,1 \pm 0,1) \cdot 10^5$ | $0,20 \pm 0,02$ | <1           |                |                            |        |               |
| шт.177 | $(1,9 \pm 0,2) \cdot 10^5$ | $6 \pm 1$       | $680 \pm 60$ | р.Безымянный 2 | $(4,5 \pm 0,4) \cdot 10^4$ | < 0,01 | $15 \pm 2$    |
| шт.504 | $(1,0 \pm 0,1) \cdot 10^5$ | $310 \pm 30$    | $480 \pm 40$ |                |                            |        |               |
| шт.3-1 | $(1,3 \pm 0,1) \cdot 10^5$ | $0,70 \pm 0,07$ | $120 \pm 10$ |                |                            |        |               |
| шт.506 | $(3,5 \pm 0,3) \cdot 10^4$ | $0,30 \pm 0,03$ | $90 \pm 9$   | р.Безымянный   | $(3,0 \pm 0,3) \cdot 10^4$ | < 0,01 | < 0,01        |

Согласно результатам, наименьшими миграционными способностями обладает  $^{137}\text{Cs}$ , дальность его распространения не превышает десятков метров от источника.  $^{90}\text{Sr}$  водным путем переносится от нескольких сотен метров, до нескольких километров.  $^3\text{H}$  практически не задерживается и распространяется по всему руслу ручья, до тех пор, пока он не пересыхает уже за пределами площадки «Дегелен».

На основе ранее проведенных исследований русла реки Шаган было зафиксировано и неоднократно подтверждено наличие высокого содержания  $^3\text{H}$  в воде на участке в районе 5 км от «Атомного озера». Также на данном участке были проведены исследования по распределению  $^3\text{H}$  по глубине, согласно которым, даже в такой маловодной реке с глубиной 15 см максимальные значения  $^3\text{H}$  фиксируются в придонном слое (например, на поверхности удельная активность  $^3\text{H}$  составляет  $1\,000 \pm 100$  Бк/л, на глубине 15 см –  $85\,000 \pm 9\,000$  Бк/л по данным на 16.07 2015 г.). Содержание техногенных радионуклидов в водных объектах «условно» чистых территорий находится ниже минимально-детектируемой активности. Ежегодный мониторинг таких водных объектов показывает, что изменение радионуклидного и химического состава воды не наблюдается.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в настоящее время радионуклидное загрязнение поверхностных водных объектов носит неоднозначный характер, сохраняя высокое содержание техногенных радионуклидов на территории испытательных площадок, и отсутствие (ниже минимально-детектируемой активности и ниже уровня вмешательства с водой) на «условно» чистых территориях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Паницкий А.В.** Характерные особенности радиоактивного загрязнения компонентов природной среды экосистем водотоков штолен горного массива Дегелен / А.В. Паницкий, С.Н. Лукашенко, Р.Ю. Магашева // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сб. тр. Института радиационной безопасности и экологии за 2007 – 2009 гг.] / под рук. Лукашенко С.Н. Павлодар: Дом печати, 2010. – Вып. 2. - с. 57-102.

2. **Айдарханов А.О.** Состояние экосистемы реки Шаган и основные механизмы его формирования / А.О. Айдарханов, С.Н. Лукашенко, С.Б. Субботин [и др.]. // Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Сб. тр. Института радиационной безопасности и экологии за 2007 – 2009 гг.] / под рук. Лукашенко С.Н. Павлодар: Дом печати, 2010. – Вып. 2. - с. 9-56.
3. ГОСТ 24481-80. Вода питьевая. Отбор проб. - Утв.1980-29-12. № 6043. М.: Изд-во стандартов,1993. -5 с.
4. Методика определения содержания искусственных радионуклидов  $^{239,240}\text{Pu}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в природных водах методом концентрирования. ИЯФ НЯЦ РК регистрационный №0307/3 от 5.04.2001.

**ВЫЯВЛЕНИЕ УЧАСТКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД  
ТЕХНОГЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ  
В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ  
(НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН» СИП)**

**Пронин С.С.**

филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) существует 8 бывших испытательных площадок, одной из которых является площадка «Балапан», расположенная в юго-восточной части СИП и занимающая площадь 780 км<sup>2</sup>. На площадке «Балапан» за все время испытаний было проведено 106 подземных ядерных взрывов, в большинстве случаев мощностью до 150 килотонн.

При подземных ядерных испытаниях, в отличие от атмосферных, загрязнение окружающей среды не происходит, и основная доля радиоактивных продуктов остается «захороненной» под слоем породы и поступает в подземные воды. Для определения характера и особенностей радиоактивного загрязнения подземных (трещинных) вод в местах проведенных подземных ядерных испытаний на площадке «Балапан» в общей сложности, в период ядерных испытаний и в последующее время, было оборудовано порядка 140 гидрогеологических скважин глубиной до 100 м.

В результате проведенных работ был получен большой объем данных о радиоэкологическом состоянии только трещинных вод площадки «Балапан», залегающих на глубине от 20 до 100 м, в то время как информации о подземных водах, залегающих на глубине до 20 м, практически отсутствует.

Подземные воды, залегающие на глубине до 20 м (грунтовые), достаточно хорошо были изучены в пределах бассейна р. Шаган и на территории земельного отвода месторождения «Каражыра». В результате было установлено, что загрязнение грунтовых вод, распространенных в бассейне р. Шаган достигает 45 000 Бк/кг, а источником загрязнения являются трещинные воды. На территории земельного отвода месторождения «Каражыра» загрязнение грунтовых вод достигает 25 000 Бк/кг, источник загрязнения не определен.

На подавляющей территории площадки «Балапан» отсутствуют данные о загрязнении грунтовых вод тритием. Имеющиеся результаты тритиевого загрязнения грунтовых вод в бассейне р. Шаган и на территории земельного отвода месторождения «Каражыра» свидетельствуют о возможности значительного загрязнения грунтовых вод тритием на всей территории площадки «Балапан». Учитывая неглубокое залегание грунтовых вод, скорость течения и высокие миграционные характеристики необходимо исследовать характер распределения трития на всей площадке «Балапан», а также определить механизм загрязнения грунтовых вод на территории земельного отвода месторождения «Каражыра».

Таким образом, целью данной работы является исследование характера и механизмов загрязнения грунтовых вод на площадке «Балапан». Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Определение характера распределения <sup>3</sup>H в грунтовых водах на площадке «Балапан».
2. Определение загрязнения <sup>3</sup>H грунтовых вод на территории земельного отвода месторождения «Каражыра».

**1. МЕТОДИКА РАБОТ**

Исследования проводились на площадке «Балапан» и в районе угольного месторождения «Каражыра».

**Объекты исследования**

Исследование грунтовых вод осуществлялись с помощью бурения скважин вращательным методом.

Грунтовые воды – это водоносный горизонт на первом от поверхности водоупорном слое. В связи с неглубоким залеганием уровень грунтовых вод испытывает значительные сезонные колебания, характеризующиеся повышением после выпадения осадков или таяния снега, и понижением в засушливое время.

Бурение скважин проводилось при помощи буровой установкой ЛБУ 50-07 вращательным методом до вскрытия горизонта грунтовых вод. Принцип вращательного метода бурения заключается в разрушении горных пород порода разрушающим долотом, закрепленном на конце ведущего шнека во время вращения и давления создаваемого буровой установкой. Разрушенная порода выносилась из скважины на дневную поверхность по ребордам шнеков во время вращения. Углубление скважины производилась путем последовательного наращивания шнеков.

**Методика отбора проб**

Отбор проб грунтовых вод из скважин проводился с помощью специального глубинного пробоотборника стандартным методом согласно [1].

Пробоотборник представляет собой цилиндрическую трубу с заглушенной одной стороной и прикрепленным тросом. Объем пробы рассчитывался, исходя из количества воды, необходимого для радионуклидного анализа для определения <sup>3</sup>H.

**Радионуклидный анализ**

В отобранных пробах воды проводился лабораторный анализ по определению содержания <sup>3</sup>H методом жидкосцинтилляционной спектрометрии на β-спектрометре согласно [5].

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### 2.1 Определение характера распределения <sup>3</sup>H в грунтовых водах на площадке «Балапан»

#### 2.1.1 Выбор участков исследования

С целью получения данных о состоянии грунтовых вод на всей территории площадки «Балапан» были заложены участки бурения скважин. Участки бурения скважин определялись по 2 признакам, характеризующим наличие близкого залегания грунтовых вод.

- 1) Геоморфологические признаки (впадины, низины, солончаки).
- 2) Геоботанические признаки – наличие растений-фреатофитов, наиболее характерных для зоны сухой степи (чий (*Achnatherum splendens*), чингил (*Halimodendron halodendron*)).

#### Геоморфологические признаки

Определение участков бурения скважин по геоморфологическим признакам проводилось путем изучения космоснимков. Выбранные участки характеризовались наличием низин, солончаков, пастбищ и водоемов. Таким образом, было выбрано 50 предполагаемых участков бурения скважин (Рисунок 1).

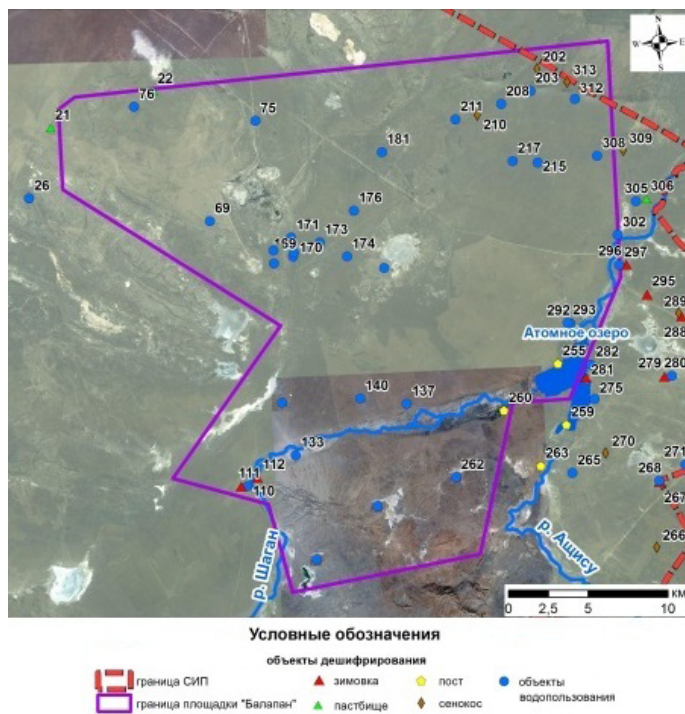


Рисунок 1. Расположения участков бурения скважин

## Геоботанические признаки

В 2008 году впервые для различных экосистем СИП была выявлена определенная корреляционная зависимость между изменением концентрации <sup>3</sup>H в растениях и его содержанием в грунтовых водах (Рисунок 2а). В качестве показателей содержания <sup>3</sup>H в грунтовых водах в определенной степени могут быть использованы представители различных экологических групп растений по отношению к воде. Несколько более показательными с точки зрения биоиндикации <sup>3</sup>H в грунтовых водах являются фреатофиты (чий (*Achnatherum splendens*), чингил (*Halimodendron halodendron*)) (Рисунок 2б) [2].

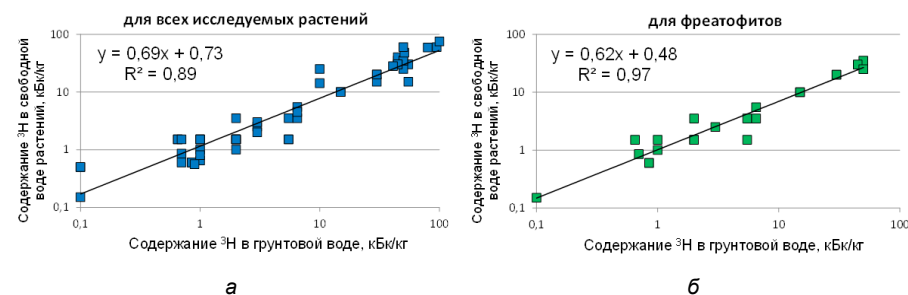


Рисунок 2. Зависимость содержания <sup>3</sup>H в свободной воде растений от его содержания в грунтовых водах для фреатофитов, б

Определение фреатофитов (чий (*Achnatherum splendens*), чингил (*Halimodendron halodendron*)) производилось визуально при рекогносцировочном выезде для определения участков бурения скважин по геоморфологическим признакам.

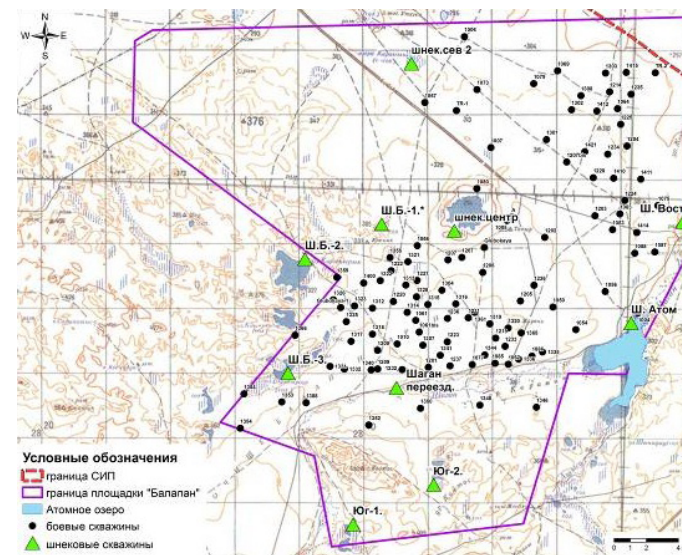


Рисунок 3. расположение точек бурение скважин на площадке «Балапан»

После рекогносцировочного выезда было выбрано 11 участков бурения, соответствующих геоморфологическим и геоботаническим условиям. Расположение выбранных участков представлено на рисунке (Рисунок 3).

### 2.1.2 Определение содержания $^3\text{H}$ в грунтовых водах

Определение содержания  $^3\text{H}$  проводилось во всех 11 пробах воды. Результаты представлены в таблице (Таблица 1).

Таблица 1. Результаты определения  $^3\text{H}$

| № п/п | Расположение       | Номер скважины | $^3\text{H}$ , Бк/кг | Уровень грунтовых вод |
|-------|--------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| 1     | Север              | Сев.2 Шнек     | < 12                 | 4                     |
| 2     | Юг                 | ЮГ-1           | 25 ± 2               | 2                     |
| 3     | Юг                 | ЮГ-2           | 50 ± 5               | 4                     |
| 4     | Центр              | Центр Шнек     | 650 ± 65             | 1                     |
| 5     | Запад              | Ш.Б.-1         | 20 ± 2               | 1                     |
| 6     | Запад              | Ш.Б.-2         | < 12                 | 1                     |
| 7     | Восток             | Ш. Атом        | 3 300 ± 300          | 2                     |
| 8     | Восток             | Ш. восток      | 55 ± 5,5             | 2                     |
| 9     | Юга - Запад        | Ш.Б.-3         | 33 500 ± 3 000       | 1                     |
| 10    | Юга - Восток       | Шаган          | 35 ± 3,5             | 2                     |
| 11    | Участок «Каражыра» | КАР-1          | 25 000 ± 1500        | 2                     |

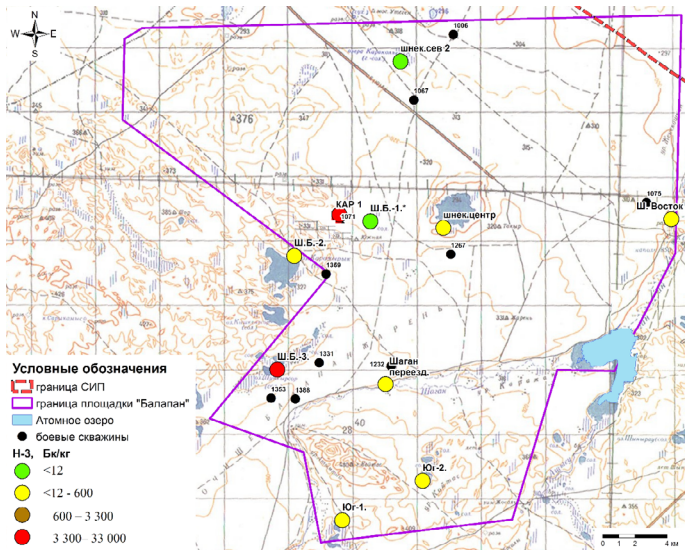


Рисунок 4. Характер распределение  $^3\text{H}$  в грунтовых водах площадки «Балапан»

Согласно полученным результатам, присутствие  $^3\text{H}$  в грунтовых водах площадки «Балапан» обнаружено практически на всех исследованных участках. Исключение составляет западная и северная части площадки, где удельная активность  $^3\text{H}$  ниже предела обнаружения используемого аппаратно-методического обеспечения.

Характер распределения  $^3\text{H}$  в грунтовых водах площадки «Балапан» показан на рисунке 4.

Максимальные концентрации  $^3\text{H}$  обнаружены в грунтовых водах юго-западной части площадки в скважине Ш.Б.-3 (33 500 Бк/кг), расположенной вблизи «боевой» скважины № 1388 и западной в скважине КАР-1 с концентрацией (25 000 Бк/кг).

В связи с тем, что грунтовые воды залегают относительно близко к земной поверхности на глубине порядка от 1 до 4 м, существует вероятность поступления  $^3\text{H}$  в поверхностные водоемы, растительность, воздушную среду в результате процессов перераспределения.

## 2.2 Определение загрязнения $^3\text{H}$ грунтовых вод на территории земельного отвода месторождения «Каражыра»

### 2.2.1 Выбор участков исследования

Для определения участков бурения скважин на территории земельного отвода месторождения «Каражыра» был использован метод оценки содержания  $^3\text{H}$  в грунтовых водах по его содержанию в растениях. Из-за отсутствия на исследуемой территории растений-фреатофитов, в качестве исследуемого растения на исследуемой территории был выбран повсеместно произрастающий доминантный вид – полынь (*Artemisia terrae-albae*) (Рисунок 2).

Работы по исследованию содержания  $^3\text{H}$  в растительном покрове в зонах предполагаемого загрязнения  $^3\text{H}$  подземных (приповерхностных) вод проводились в несколько этапов. Рекогносцировочные исследования включали отбор проб растений по сети 400 × 400 м – всего 30 точек обследования. Далее было проведено уточнение зоны загрязнения радионуклидом  $^3\text{H}$  грунтовых вод с отбором проб растений по сети 200 × 200 м – дополнительно 60 точек обследования. Всего отобрано 90 проб надземной части растений (Рисунок 5).

Содержание радионуклида  $^3\text{H}$  в растениях определялось в свободной воде, полученной из конденсата посредством специального за-

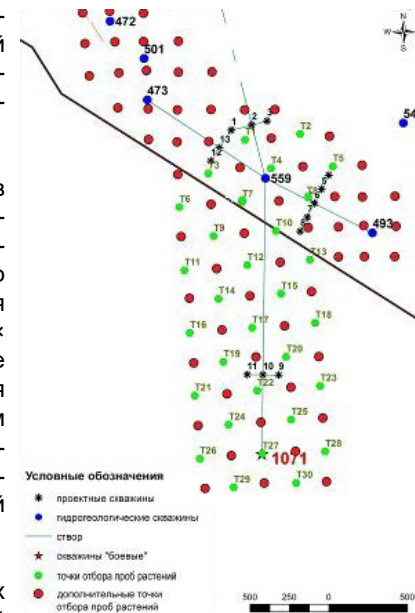


Рисунок 5. Схема точек отбора растений

патентованного изобретения, представляющего собой герметичную емкость для загрузки проб, снабженной охлаждаемой поверхностью и емкостью для сбора влаги, испаряемой растениям [3]. Результаты удельной активности радионуклида  $^3\text{H}$  в свободной воде растений представлены в виде схемы его распределения в растительном покрове исследуемой территории (Рисунок 6.)

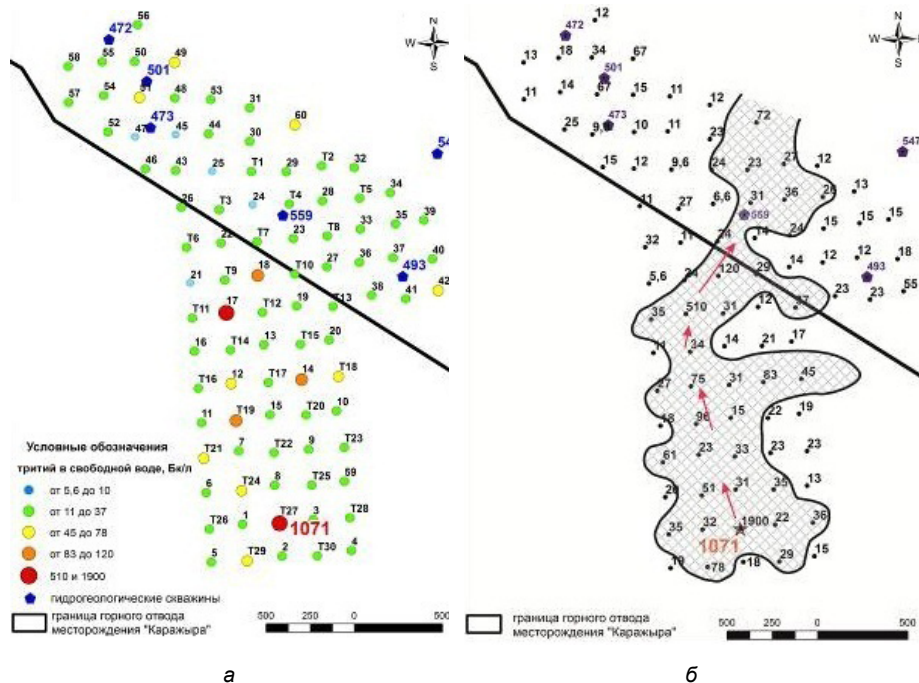


Рисунок 6. Схема распределения радионуклида  $^3\text{H}$  в растительном покрове (а); зона предполагаемого загрязнения  $^3\text{H}$  грунтовых вод, выделенная по значениям удельной активности  $^3\text{H}$  в свободной воде растений (б)

Из рисунка видно, что удельная активность  $^3\text{H}$  в свободной воде растений на исследуемой территории в основном не превышает 40 Бк/кг, но в отдельных случаях достигает сотен и даже тысячи Бк/кг. Наличие повышенных значений удельной активности  $^3\text{H}$  может являться показателем его повышенных концентраций в грунтовых водах, на основании чего был установлен предположительный поток загрязненных  $^3\text{H}$  грунтовых вод от боевой скважины № 1071 в сторону месторождения «Каражыра» (Рисунок 6).

С целью уточнения полученной информации содержание радионуклида  $^3\text{H}$  во всех растениях также было определено в органической составляющей, посредством подготовки путем разложения на устройстве «Oxidizer». Дополнительные исследования с отбором 55 проб растений по сети 100 × 100 м были проведены в 2-х потенциально перспективных для заложения гидрогеологических скважин участках. Окончательный выбор участков бурения был произведен по результатам всех исследований содержания  $^3\text{H}$  в органической части растений (Рисунок 7).

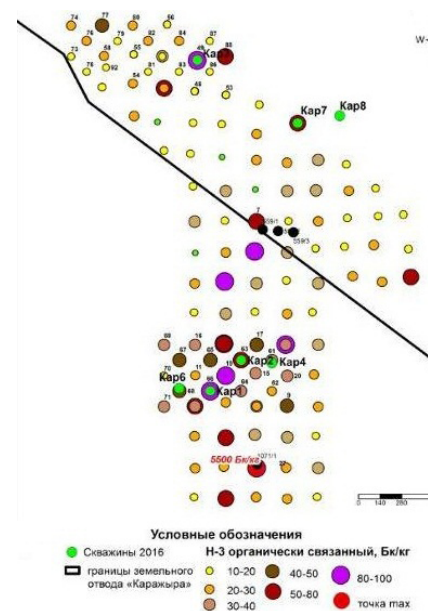


Рисунок 7. Содержание  $^3\text{H}$  в органической части растений и расположение скважин

В точках с максимальным содержанием  $^3\text{H}$  в органической части растений были заложены 7 участков бурения для исследования содержания  $^3\text{H}$  в грунтовых водах.

## 2.2.2 Содержание $^3\text{H}$ в грунтовых водах на исследуемой территории

Таблица 2. Результаты определения  $^3\text{H}$

| № п/п | Номер скважины | $^3\text{H}$ , Бк/кг | Расстояние от «боевой» скважины 1071 в м. | Уровень грунтовых вод |
|-------|----------------|----------------------|---|-----------------------|
| 1     | Кар 1          | 25 000 ± 2 500       | 500                                       | 2,5                   |
| 2     | Кар 2          | 15 000 ± 1 500       | 700                                       | 2,7                   |
| 3     | Кар 3          | 30 ± 12              | 2,700                                     | 3                     |
| 4     | Кар 4          | 30 ± 12              | 800                                       | 2,7                   |
| 5     | Кар 6          | < 12                 | 600                                       | 2,5                   |
| 6     | Кар 7          | 21 000 ± 2 100       | 2,200                                     | 2,15                  |
| 7     | Кар 8          | 18 000 ± 1 800       | 2,100                                     | 2,7                   |

Согласно полученным результатам, присутствие  $^3\text{H}$  в грунтовых водах вблизи разрабатываемого угольного разреза «Каражыра» зафиксировано практически на всех участках исследования (Таблица 2).

Характер распределения  $^3\text{H}$  в грунтовых водах земельного отвода представлен на рисунке (Рисунок 8).



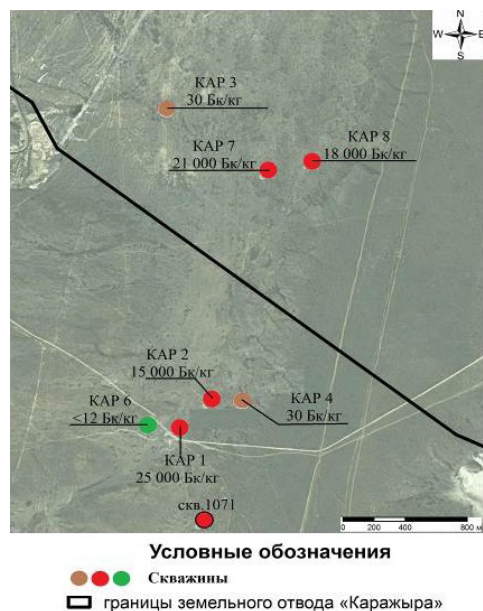


Рисунок 8. Характер распределение  $^3\text{H}$  в грунтовых водах на участке «Каражыра»

Максимальные концентрации  $^3\text{H}$  обнаружены в грунтовых водах скважин КАР-1, КАР-2, КАР-7 и КАР-8 с активностью равной 25 000, 15 000, 21 000 и 18 000 Бк/кг соответственно. Концентрация  $^3\text{H}$  в воде скважин КАР-3 и КАР-4 не превышает значений 30 Бк/кг, в скважине КАР-6 составляет ниже предела обнаружения используемой аппаратуры (<12 Бк/кг).

Таким образом, данные по активности  $^3\text{H}$  в грунтовых водах на территории земельного отвода месторождения «Каражыра» подтвердили направление потока загрязнения, определенное по активности  $^3\text{H}$  в растениях. Так, максимальная активность  $^3\text{H}$  была обнаружена в скважинах КАР-1, КАР-2, КАР-7 и КАР-8 по направлению предполагаемого потока, а минимальные значения установлены в скважинах КАР-4 и КАР-6 оконтуривающие направление потока. Тем не менее, в скважине КАР-3 расположенной наиболее близко к месторождению «Каражыра» и замыкающей предполагаемое направление загрязнения, активность  $^3\text{H}$  не превышает значений 30 Бк/кг. Это свидетельствует о снижении загрязнения грунтовых вод по направлению к угольному месторождению путем разбавления с незагрязненными грунтовыми водами.

## ВЫВОДЫ

Получены первичные данные об уровнях и характере загрязнения грунтовых вод радионуклидом  $^3\text{H}$  на площадке «Балапан». Обнаружено присутствие  $^3\text{H}$  в грунтовых водах практически на всех исследованных участках площадки «Балапан». Максимальные значения установлены в юго-западной части площадки вблизи «боевой» скважины № 1388, которая предположительно может являться источником

загрязнения, и в районе «Атомного» озера, где источником загрязнения могут являться грунты навала «Атомного» озера. Минимальные концентрации зафиксированы в западной и северной части площадки, где удельная активность  $^3\text{H}$  ниже предела обнаружения используемого аппаратурно-методического обеспечения.

Установлен характер загрязнения  $^3\text{H}$  грунтовых вод на территории земельного отвода месторождения «Каражыра». Максимальные концентрации зафиксированы в пределах от 18 000 Бк/кг до 25 000 Бк/кг, а минимальные – в пределах от < 12 Бк/ до 30 Бк/кг. Также установлено, что направление потока загрязнения с грунтовыми водами идет от «боевой» скважины № 1071 в сторону месторождения «Каражыра», но далее по направлению потока активность  $^3\text{H}$  снижается путем разбавления с незагрязненными грунтовыми водами.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ СТ РК Р 51593 – 2003. Вода питьевая. Отбор проб. – Введ. 2005-01-01. – Астана: Госстандарт, 2003. – 14 с. – Инв. № Т-862.
2. **Ларионова Н.В.** Исследование возможности использования растений в качестве показателей содержания  $^3\text{H}$  в грунтовых водах / Ларионова Н.В., Лукашенко С.Н., Субботин С.Б [и др.]. // Вестник НЯЦ РК: периодический научно-технический журнал. - Курчатов, 2009. - Вып. 2. – с.18 -25.
3. Инновационный патент № 29721 на изобретение «Устройство для извлечения воды из образцов», 17.03.2015 г.

## ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИИ ТОО «КЫЗЫЛКУМ»

**Оралбек Ж.О.**

ТОО «Кызылқум», г. Кызылорда, Казахстан

На сегодняшний день по ТОО «Кызылқум» активно ведется работа по энергосбережению и повышению энергетической эффективности рудника «Хорасан-1»:

- По руднику «Хорасан-1» осуществляется постоянный контроль фактических показателей энергопотребления и эффективности производства.
- На предприятии внедрен стандарт ISO-50001
- Ежегодно составляются и выполняются программы по энергосбережению предприятия – с целью обеспечить реальное снижение издержек предприятия на энергосбережение.

На предприятии разработаны и внедрены:

- Положение о рационализаторской и изобретательской деятельности.
- Положение о реализации предложений по повышению производственной эффективности.

Создана рабочая группа по повышению эффективности производства:

- На предприятии внедрены **Альтернативные источники энергии** для наружного освещения (промплощадки, вахтового поселка, технологических блоков) светильники с солнечными панелями (90 шт). Экономия электроэнергии за период внедрения -1 400 тыс. тг. Экономия материалов (кабель, автомат). Заменены все лампы накаливания по руднику «Хорасан-1» на энергосберегающие лампы, установлены датчики движения в хоз. помещениях. Экономия электроэнергии за 9 месяцев 2016 года составила 520 000 тенге.
- На добычном полигоне заменены **Погружные насосные агрегаты** 7,5 кВт на меньшую мощность 4 кВт.
- Приобретены и введены в эксплуатацию **Частотные преобразователи** регулирования электропривода на электродвигателях технологической насосной станции, на насосы ПР.

### Мероприятия по оптимизации типов материалов Снижение затрат на сооружение откачных скважин, за счет замены обсадных труб ПВХ 195 на ПВХ 160

Данное мероприятие на стадии внедрения. Трубы 160/11,8 были получены в апреле месяце. Были проведены эксперименты на выявление необходимых параметров (подача давления 40 атм и проверка резьбовой части под грузом 5 т.) и подрядчик АО «Волковгеология» в данное время проводят работы на перенастройке бурового агрегата для обсадки трубами меньшего диаметра. Товариществом принято решение использовать трубы меньшего диаметра на перебурах, для того чтобы увидеть результат работы незамедлительно. Если работа перебуренной скважины будет удовлетворительной, обсадка откачных скважин будет проводиться трубой диаметра 160/11,8.

## Снижение затрат на обвязку откачных скважин, замена труб ПНД 63 на ПНД 50

По 2015 года предприятие использовало трубу ПНД 63/5,8 на обвязку откачных скважин, на сегодняшний день, с начала 2016 года было принято решение при обвязке откачных скважин использовать трубу ПНД 50/4,6.

Цель: Снижение расходов. Ожидаемый эффект до 2020 года составит 67 103 387 тенге.

### Опережающее закисление

Суть метода заключается в подаче ВР через ТУЗ и ТУРП на первом этапе в откачные скважины блока непосредственно после их сооружения (опережение за счет совмещения с последующими работами по ГПР), что дает выигрыш во времени без ожидания полного окончания буровых и подготовительных работ на блоке. На втором этапе закисления ВР подаются в закачные скважины, так же в пассивном режиме (без откачки). На обоих этапах происходит объемное вытеснение пластовых вод за контуры технологического блока по всем направлениям и объеме в пределах эффективной мощности пласта. Этим самым достигается закисление всех зон технологического блока, максимально исключается объем не закисленных/застойных зон.

Преимуществами данного метода являются:

- выигрыш по времени;
- минимизация растекания ВР и кислоты в законтурное пространство блока;
- снижение расхода кислоты на закисление ГРМ на 40 %;
- существенное снижение удельного расхода кислоты на стадии выщелачивания в 1,5-2 раза;
- высокие темпы обработки блоков за счет повышенного содержания урана в ПР в начальной стадии;
- с увеличением содержания урана в ПР снижается удельный расход аммиачной селитры на стадии десорбции урана с ионообменной смолы;
- меньшее количество ВР откачных скважин за счет снижения химической кольтации;
- экономия материальных и энергетических ресурсов.

Экономия электроэнергии за 9 месяцев 2016 года составила 19 430 000 тенге.

### Исключение подъема НПР скважинными насосами и использование МС для закисления новых блоков

Использование для закисления новых блоков маточников сорбции, высвобождаемые на других блоках, на которых в свою очередь проводится/используется метод доработки способом управляемого дебаланса.

Преимущества:

- Отпадает необходимость добычи пластовой воды (НПР).
- Не требуется наличия оборудования для добычи и перекачки в ТУЗ (глубинные

- насосы, емкость для сбора воды, насосы для перекачки).
- Экономится электроэнергия.

Экономия электроэнергии за 9 месяцев 2016 года составила 7 022 000 тенге.

### Общие расходы серной кислоты на выщелачивание и удельный расход серной кислоты на кг урана

На руднике Хорасан-1 с 2013 года применяется опережающий объемный метод закисления (исключительно все вновь вводимые технологические блока закисляется опережающим методом). По сравнению с предыдущими годами с 2014 года значительно снизились удельные расходы серной кислоты на закисления и на выщелачивания.



Диаграмма 1. Плановые и фактические расходы серной кислоты на выщелачивания

В 2014 году при плане 63 500,72 тн, была израсходована 56 902,87 тн. серной кислоты (100 %). Экономия составила – 6 597,85 тн (10,4 %); в 2015 году при плане 85 491,798 тн израсходовали – 74 812,791 тн. Экономия – 10 679,00тн. (13,0 %).

В 2016 году плановый объем серной кислоты на выщелачивание составляет – 104 779,89 тн. Прогнозный расход кислоты составляет на 1 500 тн меньше, чем плановый объем. В конце года возможно экономия увеличится.

Так же отмечены удельные расходы плановые и фактические, при плане 74,7 кг/кг урана, факт составил 66,3 кг/кг U. Экономия – 8,4 кг/кг U, (11,24 %).

2015 г.: План – 77,71 кг/кг U. Факт – 67,39 кг/кг U; Экономия – 10,32 кг/кг U (14 %);

### Установка системы обеспечения горячего водоснабжения пром.площадки рудника и вахтового поселка на базе солнечных коллекторов

В 2018 году для обеспечения горячей водой промплощадки и вахтового поселка на Центральной котельной и миникотельной вахтового поселка будут устанавливаться солнечные вакуумные коллектора.

При единовременном внедрении указанного мероприятия экономия котельно-печного топлива составит 57,17 тыс. л/г или 6 100,53 тыс. тг/г. Простой срок окупаемости составит 10,9 года.

### Проведение режимно-наладочных испытаний котельного оборудования центральной котельной и миникотельной вахтового поселка

В 2017 году для снижения величины потребления котельно-печного топлива котельными агрегатами путём оптимизации режимов работы котлов будут произведены режимно-наладочные испытания котлов с составлением режимных карт. Проведение режимно-наладочных испытаний котельных агрегатов является одним из эффективных и малозатратных методов экономии котельно-печного топлива. Режимно-наладочные испытания позволяют выявить недостатки в техническом состоянии котлов, оптимизировать коэффициенты избытка воздуха в газовом тракте котлов и температуры уходящих газов, что позволит снизить расход топлива.

Планируемые мероприятия на этапе рассмотрения

- Для снижения стоимости электроэнергии за 1 кВт/ч рассматривается вариант поставки электроэнергии от ТОО «СКЗ-У», для чего потребуется затраты по строительству ВЛ-35 кВ, ОРУ-35 кВ от ТОО «СКЗ-У» до рудника «Хорасан-1».
- Газифицировать рудник «Хорасан-1» от ближайшей газовой магистрали, для чего потребуется затраты на строительство газовой ветки.

## УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ

**Круглыхин А.А., Лукашенко С.Н., Ляхова О.Н., Турченко Д.В.**  
филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

В ходе проведения радиоэкологических исследований на территории Семипалатинского испытательного полигона (СИП) выявлены участки с радиоактивным загрязнением почвенного покрова, образовавшиеся после проведения различных типов ядерных испытаний. На площадке «Опытное поле», где проводились воздушные, наземные и гидродинамические испытания с различной мощностью взрыва, следы радиоактивных выпадений распространяются в восточном, южном и юго-восточном направлениях. На площадке «Балапан», где было проведено экскавационное испытание, образовался объект «Атомное озеро», следы радиоактивных выпадений от которого выходят за границы площадки «Балапан» и пролегают в северо-восточном направлении. Эти два объекта с обширным загрязнением почвенного покрова были выбраны в качестве основных возможных источников поступления радионуклидов в воздушную среду СИП и прилегающей территории [1].

Цель работы: исследование уровней радиоактивного загрязнения воздушной среды на Семипалатинском испытательном полигоне.

Задачи исследований:

1. Мониторинговые наблюдения за текущим состоянием воздушной среды.
2. Оценка распространения радионуклидов воздушным путем за пределы испытательных площадок СИП.

### 1. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Для проведения мониторинговых наблюдений на СИП и прилегающей территории организованы круглосуточные посты мониторинга атмосферного воздуха (Рисунок 1). Посты располагались на производственных объектах СИП, таких как, ТОО «Казцинк» месторождения «Каражыра» и «Караджал». Для определения фоновых концентраций радионуклидов в воздухе на территории, прилегающей к СИП, организованы посты в населенных пунктах г. Курчатов, п. Долонь и п. Саржал. Отбор проб воздушных аэрозолей проводился стационарными пробоотборниками, объем прокаченного воздуха через фильтр достигал 500-800 м<sup>3</sup>/ч. Периодичность отбора проб воздуха на постах мониторинга составляла один раз в четыре недели.

Для оценки распространения искусственных радионуклидов воздушным путем за пределы испытательных площадок, на «Атомном озере» и на площадке «Опытное поле» проводились экспериментальные исследовательские работы (Рисунок 1). Для этого на различном отдалении от исследуемых площадок на протяжении 24 часов проводился отбор проб воздушных аэрозолей, объем прокаченного воздуха составлял не менее 40 000 м<sup>3</sup>.

Пробы воздушных аэрозолей передавались в лабораторию, подготавливались и измерялись гамма-спектрометрическим методом на содержание искусственных радионуклидов <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs. После этого, проводился радиохимический анализ воздушных аэрозолей на содержание <sup>239+240</sup>Pu и <sup>90</sup>Sr.

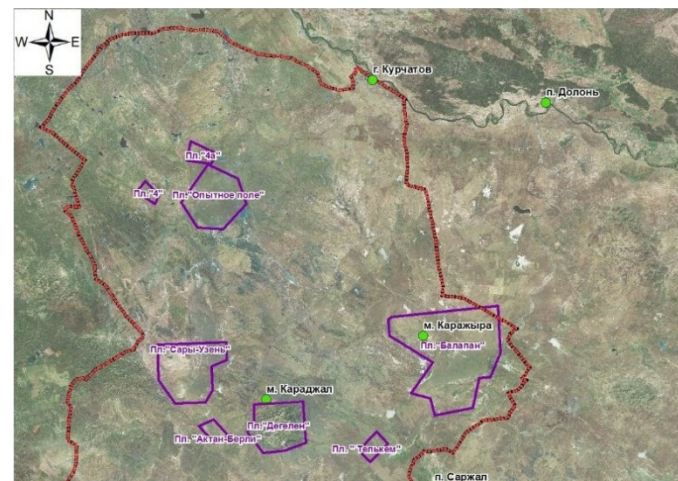


Рисунок 1. Карта расположения стационарных постов мониторинга воздушной среды

## 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

### 2.1 Мониторинг воздушной среды на СИП и прилегающей территории

На всех постах мониторинга зафиксировано наличие искусственного радионуклида <sup>239+240</sup>Pu в воздушной среде, наличие радионуклидов <sup>241</sup>Am, <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr в атмосферном воздухе составляло меньше предела обнаружения (Таблица 1).

Таблица 1. Результаты мониторинговых наблюдений на СИП и прилегающей территории

| Место отбора,<br>кол-во проб               | Средняя объемная активность <sup>239+240</sup> Pu, мкБк/м <sup>3</sup> |      |      |      |         |
|--|--|------|------|------|---------|
|  | 2013   | 2014 | 2015 | 2016 | Среднее |
| Населенные пункты, прилегающие к СИП       |  |      |      |      |         |
| г. Курчатов (19)                           | 0,25   | 1,8  | 0,15 | 0,15 | 0,6     |
| п. Долонь (10)                             | -  | 5,4  | 0,7  | 0,8  | 1,7     |
| п. Саржал (6)                              | 0,5  | -    | -    | 0,4  | 0,2     |
| Производственные объекты на территории СИП |  |      |      |      |         |
| м. Каражыра (7)                            | 0,3  | -    | 1,07 | 0,08 | 0,4     |
| м. Караджал (16)                           | 0,16   | 0,18 | 0,1  | 0,04 | 0,1     |
| ТОО «Казцинк» (7)                          | -  | 0,9  | 0,75 | 0,5  | 0,3     |
| ДОА для населения                          | 2 500  |      |      |      |         |

Сравнительный анализ полученных результатов показал, что в населенных пунктах, прилегающих к СИП, объемная активность  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздушной среде находится на 3-5 порядков ниже допустимой объемной активности для категории население ( $\text{ДОА}_{\text{НАС}}$ ) и опасности для здоровья не представляет.

По результатам многолетних мониторинговых наблюдений на производственных объектах выяснилось, что в зависимости от периода года, концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздухе меняется на 1-2 порядка. Вероятно, это связано с климатическими изменениями приземной атмосферы, удаленностью от площадных участков с радиоактивным загрязнением и расположенными вблизи следами радиоактивных выпадений от ядерных испытаний.

## 2.2 Экспериментальные исследовательские работы на испытательных площадках СИП

Распространение радионуклидов за пределы испытательной площадки «Опытное поле». На площадке «Опытное поле», исследовательские участки располагались по периметру испытательной площадки (Рисунок 2а).

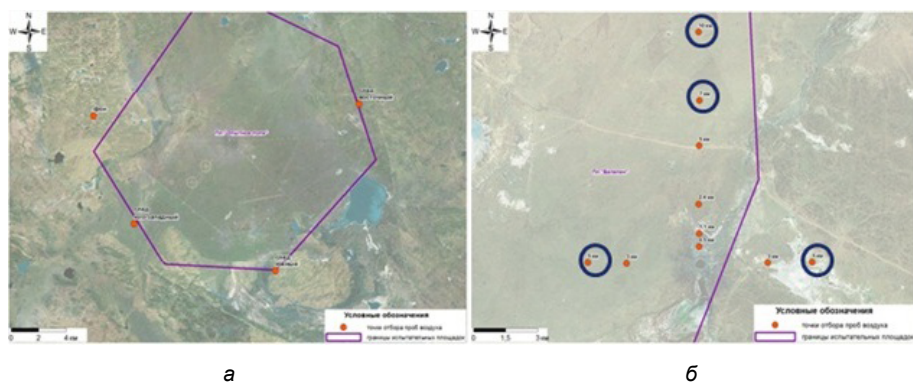


Рисунок 2. Расположение точек обследования на исследовательских объектах СИП: а) «Опытное поле», б) «Атомном озере»

На данных участках концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздухе составляет от 1 до 5 мкБк/м<sup>3</sup>. Содержание радионуклид  $^{241}\text{Am}$  в воздухе составило менее предела обнаружения. Наличие  $^{137}\text{Cs}$  зафиксировано на участках в южном и юго-восточном направлении (Таблица 3).

Таблица 3. Содержание радионуклидов  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе на границе площадки «Опытное поле»

| Точка отбора | Объем, м <sup>3</sup> | Объемная активность, мкБк/м <sup>3</sup> |                   |
|--------------|-----------------------|--|-------------------|
|              |                       | $^{239+240}\text{Pu}$                    | $^{137}\text{Cs}$ |
| т. Фон       | 43 700                | 4,0 ± 0,3                                | < 0,5             |
| т. Юго-Запад | 45 600                | 5,4 ± 0,5                                | 1,5 ± 0,1         |

|           |        |           |            |
|-----------|--------|-----------|------------|
| т. Юг     | 45 600 | 3,5 ± 0,4 | 0,7 ± 0,07 |
| т. Восток | 40 000 | 1,4 ± 0,3 | < 0,2      |

На площадке «Опытное поле» наблюдаются изменения концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздухе от направления ветра. Так, например, на участке в юго-западном направлении обнаружены максимальные концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в воздухе достигающие 5,4 и 1,5 мкБк/м<sup>3</sup>, в этом случае преобладало северо-восточное направление ветра. На участке, расположенном на юге «Опытного поля» (см. Рисунок 2а), преобладало северо-западное направление ветра. В воздушной среде обнаружен  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  с концентрацией 3,5 и 0,7 мкБк/м<sup>3</sup>.

Оценка распространения радионуклидов воздушным путем при проведении сельскохозяйственных работ на радиоактивно-загрязненном участке. В качестве натурального эксперимента, на одном из загрязненных искусственными радионуклидами участках на площадке «Опытное поле», организовано экспериментальное фермерское хозяйство, на котором проводились типичные для данной области сельскохозяйственные работы.

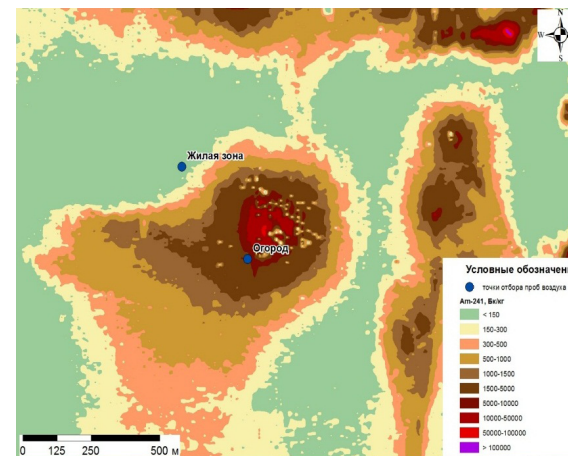


Рисунок 3. Расположение исследовательских объектов

В период сельскохозяйственных работ, связанных с техногенным воздействием на почвенный покров, непосредственно на радиоактивно-загрязненном участке (производственная зона, огород) отбор проб воздуха проводился в течение рабочей смены (6-8 часов). На расстоянии 300 м от места ведения сельскохозяйственных работ (жилая зона) проводился круглосуточный отбор проб воздуха. (Рисунок 3) [2].

Таблица 4. Содержание искусственных радионуклидов в воздушной среде не посредственно в местах проведения работ

| Виды работ    | Период отбора | Объемная активность радионуклидов, мкБк/м <sup>3</sup> |                  |                   |                       |
|---------------|---------------|--|------------------|-------------------|-----------------------|
|               |               | $^{137}\text{Cs}$                                      | $^{90}\text{Sr}$ | $^{241}\text{Am}$ | $^{239+240}\text{Pu}$ |
| Вспашка почвы | 8 часов       | < 100  | < 100            | < 700             | 1 300 ± 100           |

|                     |          |                     |                     |        |                |
|---------------------|----------|---------------------|---------------------|--------|----------------|
| Перекопка почвы     | 16 часов | < 600               | < 400               | < 300  | 7 400 ± 900    |
| Посадка с\х культур | 48 часов | < 500               | < 300               | < 300  | 1 000 ± 200    |
| Боронование пашни   | 6 часов  | < 700               | < 500               | < 300  | 16 000 ± 6 000 |
|                     | 4 часа   | < 600               | < 400               | < 500  | 30 000 ± 1 000 |
| Посадка с\х культур | 8 часов  | < 200               | < 100               | < 100  | 2 600 ± 300    |
| ДОО для персонала   |          | 1,7·10 <sup>9</sup> | 3,3·10 <sup>8</sup> | 21 000 | 32 000         |
| ДОО для населения   |          | 2,7·10 <sup>7</sup> | 2,7·10 <sup>6</sup> | 2 900  | 2 500          |

Макс.концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздушной среде достигающих 30 000 мкБк/м<sup>3</sup> были обнаружены при перекопке и бороновании почвы, что в 12 раз превышает ДОО для населения. Тем не менее, на расстоянии 300 м от радиоактивно-загрязненного участка средняя концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздухе составляет 24 мкБк/м<sup>3</sup>, что на 2 порядка ниже ДОО для населения [3].

Определение уровней радиоактивного загрязнения воздушной среды на различном расстоянии от «Атомного озера» площадки «Балапан». На «Атомном озере» (см. Рисунок 2б) проводились исследования по определению границ влияния «Атомного озера» на субъекты частного хозяйства расположенного в близи данного исследовательского объекта.

Максимальные концентрации  $^{239+240}\text{Pu}$  обнаружены в зоне навала «Атомного озера», достигающие 7 000 мкБк/м<sup>3</sup>, что в 2 раза превышает ДОО<sub>нас.</sub>. На расстоянии 200 м – 2.5 км, концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздухе составляет от 20 до 200 мкБк/м<sup>3</sup>, что на 1-2 порядка ниже ДОО<sub>нас.</sub>

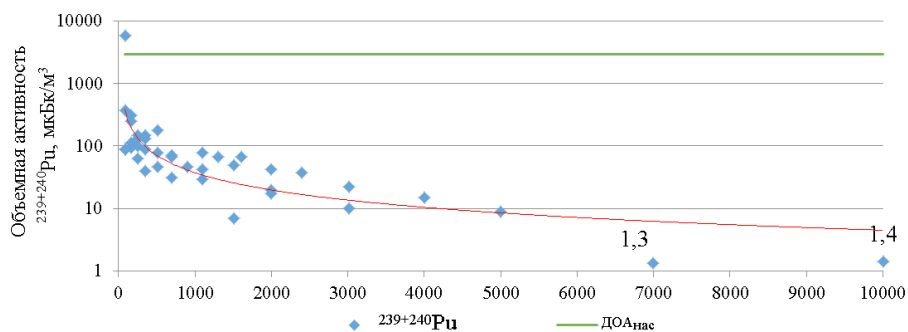


Рисунок 4. Отношение объемной активности  $^{239+240}\text{Pu}$  от расстояния до эпицентра ядерного испытания

Из графика (Рисунок 3) видно, что концентрация  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздухе уменьшается с увеличением расстояния от «Атомного озера», на расстоянии 7 км объемная активность  $^{239+240}\text{Pu}$  составляет 1,3 мкБк/м<sup>3</sup>, что является фоновым уровнем для данной местности.

Таким образом зона влияния объекта «Атомное озеро» находится на расстоянии 5-7 км от эпицентра ядерного испытания. На данной территории не желательно проведение какой-либо хозяйственной деятельности.

## ВЫВОДЫ

Результаты многолетних исследований показали, что на производственных объектах СИП и в населенных пунктах, прилегающих к СИП наличие радионуклидов  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  в атмосферном воздухе составляют менее предела обнаружения, объемная активность  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздушной среде находится на 3-4 порядков ниже ДОО для категории население (2 500 мкБк/м<sup>3</sup>).

При проведении сельскохозяйственных работ, связанных с техногенным воздействием на почвенный покров, концентрация радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  в воздушной среде достигает 30 000 мкБк/м<sup>3</sup>, что в 12 раз превышает ДОО для категории население.

Исследовательские работы на испытательных площадках показали, что распространение радионуклидов воздушным путем незначительное, на расстоянии 300-500 м от эпицентра ядерного испытания концентрация радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  не превышает 20-50 мкБк/м<sup>3</sup>.

Таким образом, искусственные радионуклиды, расположенные на испытательных площадках СИП, не могут достигать территории населенных пунктов воздушным путем и опасности для здоровья населения не представляет.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семипалатинский испытательный полигон. Современное состояние. – под редакцией Лукашенко С.Н. – Курчатов, 2008. – с. 10-11.
2. Турченко Д.В., Лукашенко С.Н., Айдарханов А.О., Паницкий А.В., Оценка состояния загрязненности воздушного бассейна на испытательной площадке «Опытное поле» при проведении сельскохозяйственных работ, Вестник НЯЦ РК, Выпуск 4, декабрь 2013, стр 59.
3. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности», № 201 от 03.02.2012 года.
4. Турченко Д.В. Воздушный бассейн / Актуальные вопросы радиоэкологии Казахстана [Оптимизация исследований территорий Семипалатинского испытательного полигона с целью их передачи в хозяйственный оборот] / под рук. Лукашенко С.Н. – Вып. 5. – Павлодар: Дом печати, 2015.- 356 с.: ил. – Библиогр.: с. 198-213.

## РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СОСНОВОГО БОРА ПРИИРТЫШЬЯ В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СИП

Каменова И.Н., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В., Айдарханов А.О.  
филиал «ИРБЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

### ВВЕДЕНИЕ

Семипалатинский испытательный полигон (СИП) – один из крупнейших полигонов мира для испытания ядерного оружия. Его площадь составляет 18 300 км<sup>2</sup>, на нем было проведено 456 испытаний с использованием 616 ядерных устройств. Испытания, проводимые на территории СИП, обусловили загрязнения не только территории полигона, но и за его пределами. Так после первого наземного ядерного испытания, осуществленного 29 августа 1949 года при неблагоприятных условиях, сильный ветер способствовал быстрому перемещению радиоактивного облака в восточном направлении. Данное обстоятельство привело к формированию радиоактивного следа на территории ленточного соснового бора расположенного в северо-восточном направлении от СИП. Общая площадь ленточного бора составляет 870,5 тыс.га. Лесообразующая порода – сосна обыкновенная (*Pinus silvestris*) (Рисунок 1).

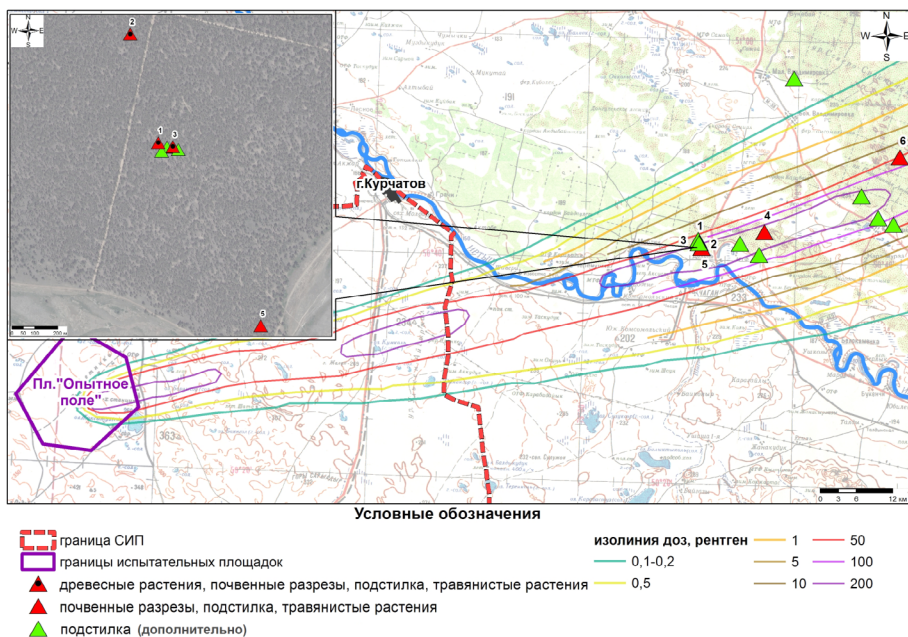


Рисунок 1. Схема исследуемой территории

Целью данной работы являлось изучить радиоактивное загрязнение соснового бора Прииртышья в отдаленный период после ядерных испытаний на СИП. Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать вертикальное распределение радионуклидов в почвенном профиле;
- изучить распределение радионуклидов в почве, подстилке и травянистых растениях;
- оценить накопление радионуклидов из почвы в травянистых растениях;
- сравнить содержание радионуклидов в травянистых и древесных культурах.

### МЕТОДИКА РАБОТ

Исследования проводились на территории ленточного соснового бора Прииртышья. Осуществлялись путем проведения полевых, камеральных, лабораторных работ, обработки данных и анализа полученных результатов. Полевые работы включали: выбор исследовательских площадок, измерение радиационных параметров (плотности потока  $\beta$ -частиц и мощности эквивалентной дозы (МЭД)) [1]. Для заложения площадок выбирались участки с предположительно повышенным уровнем радиоактивного загрязнения. Всего заложено 6 исследовательских площадок (Рисунок 1).

### Объекты исследования

Для оценки миграции радионуклидов по почвенному профилю на каждой из 6 площадок заложено по одному почвенному разрезу, глубиной до 50 см, с поинтервальным отбором проб почвы по 5 см. Также отобраны пробы лесной подстилки, которая в последующем делилась на органическую и минеральную составляющую. Сопряжено произведен отбор проб травянистой растительности (осока (*Carex pilosa*)). Для оценки распределения радионуклидов в основных компонентах ленточного соснового бора с 3 исследовательских площадок отбирались пробы (сосны (*Pinus silvestris*)) возрастом 50-60 лет и 15-20 лет, с разделением на отдельные органы (шишки, ветви, хвоя, кора). Для набора статистических данных дополнительно заложены 10 точек с отбором проб подстилки.

### Радионуклидный анализ

Анализы по измерению удельной активности радионуклидов в пробах почвы и растений проводились в соответствии с гостированными методическими указаниями на поверенной лабораторной аппаратуре [2,3,4]. Определение удельной активности радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  проводилось на гамма-спектрометре Canberra GX-2020,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  определяли радиохимическим выделением с последующим измерением на бета-спектрометре TRI-CARB 2900 TR и альфа-спектрометре Canberra (мод. 7401) соответственно. Концентрация  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в растениях определялась в обугленных, предварительно измельченных образцах,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  – в золе, с последующим пересчетом на сухое вещество. Предел обнаружения по  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  составил 0,5 Бк/кг (для растений) и 0,1 (для почвы),  $^{90}\text{Sr}$  – <1 Бк/кг и 0,1 Бк/кг,  $^{239+240}\text{Pu}$  – 0,4 и 0,1 Бк/кг соответственно. Погрешность измерения для  $^{137}\text{Cs}$  и  $^{241}\text{Am}$  не превышала 10-20 %, для  $^{90}\text{Sr}$  – 15-25 %,  $^{239+240}\text{Pu}$  – 30 %. Для количественной оценки поступления радионуклидов из почвы в растения использовался коэффициент накопления ( $K_n$ ) – отношение содержания радионуклида в единице массы растений и почвы соответственно [5].

## 1. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

### 2.1 Изучение вертикального распределения радионуклидов по почвенному профилю

На территории ленточного соснового бора Прииртышья по данным проведенного физико-химического анализа установлено, что исследуемые почвы являются темно-каштановыми, мало гумусными, глубоко вскипающими и слабо засоленными. В результате проведенных исследований получены данные по вертикальному распределению радионуклидов в профиле почв на следах радиоактивных выпадений. Результаты показаны на рисунке (Рисунок 2).

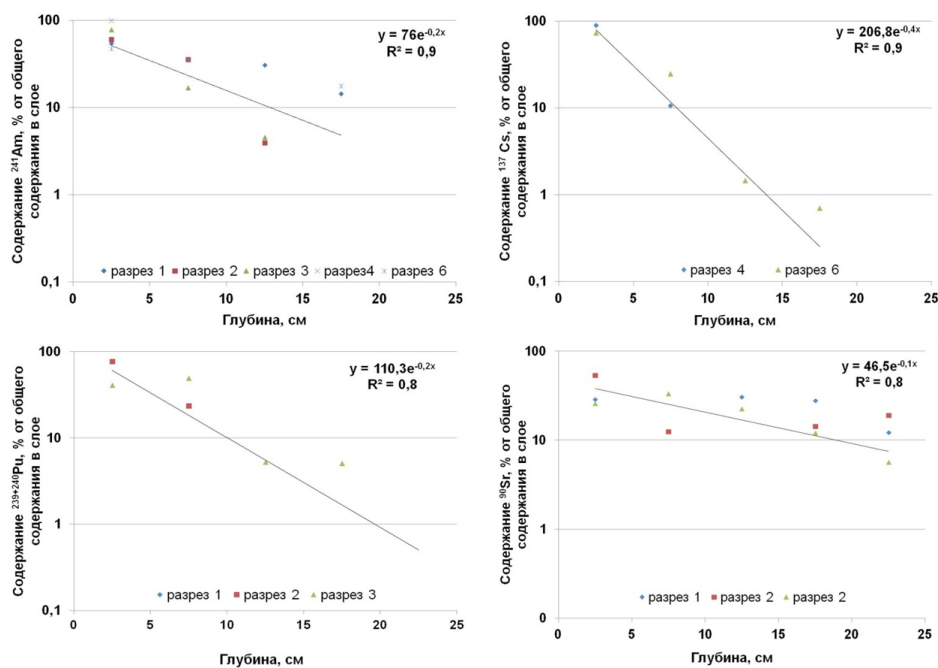


Рис 2. Вертикальное распределение радионуклидов в почвах

Как видно из рисунка, доля радионуклидов  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  в слое 0-5 см составляет 68 и 81%, в слое от 10-20 см концентрации данных радионуклидов снижаются. Содержание  $^{90}\text{Sr}$  в слое 0-5 см не превышает 36 %, далее по глубине до 20 см распределяется равномерно. Высокая подвижность  $^{90}\text{Sr}$  в данном случае может быть обусловлена тем, что он обладает повышенными миграционными свойствами в почве из-за хорошей растворимости. Максимальное содержание радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  (71 %) находится в верхнем слое почвы от 0-5 см, далее переходит на глубину до 10-15 см. В качестве сравнения и дополнительной информации рассмотрены данные вертикального распределения радионуклидов в почвах на условно-чистых территориях СИП [6] (Таблица 1).

Таблица 1. Функции кривых вертикального распределения радионуклидов в типе каштановых почв

| Радионуклид           | Каштановые почвы на условно-чистых территориях СИП [6] | Каштановые почвы ленточного соснового бора Прииртышья |
|-----------------------|--|---|
| $^{241}\text{Am}$     | $y = 85e^{0,3x}$                                       | $y = 76e^{-0,2x}$                                     |
| $^{137}\text{Cs}$     | $y = 125e^{-0,4x}$                                     | $y = 206,8e^{-0,4x}$                                  |
| $^{90}\text{Sr}$      | $y = 79e^{0,1x}$                                       | $y = 46,5e^{-0,1x}$                                   |
| $^{239+240}\text{Pu}$ | $y = 126e^{-0,4x}$                                     | $y = 110,3e^{-0,2x}$                                  |

Из данных приведенных в качестве сравнения можно сказать, что характер миграции радионуклидов  $^{241}\text{Am}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  схож с распределением на территории СИП, в то время как мобильность  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{137}\text{Cs}$  значительно отличается.

### 2.2 Оценка распределения радионуклидов в поверхностном слое почв и подстилке

В лесных почвах подстилка является биогеохимическим барьером на пути вертикальной миграции радионуклидов. Для оценки распределения удельная активность радионуклидов  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  определена в органической и минеральной составляющей подстилки и верхнем слое почвы (5 см). Данные представлены в виде гистограмм (Рисунок 3).

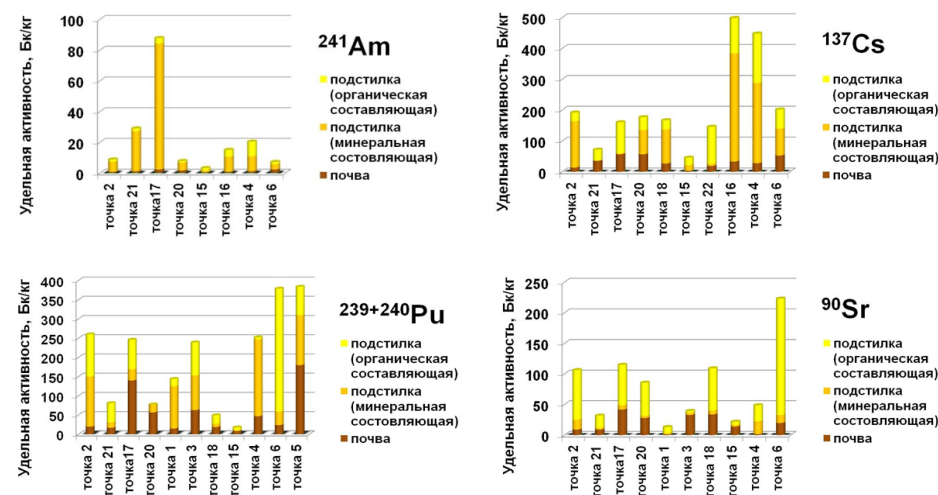


Рисунок 3. Распределение радионуклидов в поверхностном слое почв (5 см) и подстилке

Анализ данных показал, что основные концентрации всех исследуемых искусственных радионуклидов находятся в подстилке. Максимальное содержание радионуклида  $^{241}\text{Am}$  (79 %) сосредоточено в минеральной составляющей подстилки,  $^{137}\text{Cs}$  (67 %) также сосредоточено в минеральной части подстилки. Содержание радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  (68 %) находится в органической



составляющей подстилки. Зависимости в распределении  $^{239+240}\text{Pu}$  не установлено.

### 2.3 Оценка накопления радионуклидов травянистыми растениями из почвы

Одним из доминирующих травянистых растений в ленточном сосновом бору Приртышья является осока волосистая (*Carex pilosa*). Для сравнительного анализа распределения радионуклидов в почве, подстилке и травянистой растительности данные представлены в виде гистограмм (Рисунок 4).

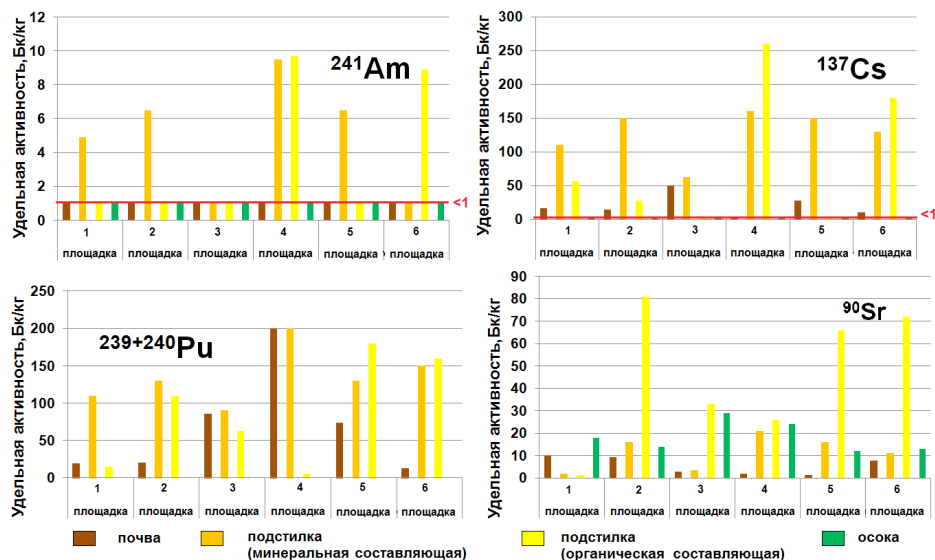


Рисунок 4. Содержание радионуклидов в почве, подстилке и осоке

По результатам проведенного анализа установлено, что содержание  $^{241}\text{Am}$  в травянистых растениях находится ниже пределов обнаружения, в органической составляющей подстилки варьируют от  $<2,5$  до  $9,7 \pm 1,9$  Бк/кг, в минеральной составляющей подстилки – от  $<1,7$  до  $9,5 \pm 0,7$  Бк/кг, в почве – от  $<2$  до  $2 \pm 0,3$  Бк/кг. Значения удельной активности радионуклида  $^{137}\text{Cs}$  в травянистых растениях также находятся ниже пределов обнаружения используемой аппаратуры. Концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в органической и минеральной составляющей подстилки варьирует от  $<2,5$  до  $180 \pm 40$  Бк/кг и от  $62 \pm 12$  до  $260 \pm 50$  Бк/кг соответственно. Количественные значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  в почве составляют от  $9,0 \pm 1,8$  до  $50 \pm 5$  Бк/кг. Для радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  концентрации в травянистых растениях варьируют от  $0,012 \pm 0,05$  до  $0,4 \pm 0,1$  Бк/кг, в органической и минеральной части подстилки установлены от  $5,3 \pm 1,4$  до  $180 \pm 10$  Бк/кг и от  $63 \pm 3$  до  $200 \pm 10$  Бк/кг. В почве количественные значения находятся в пределах от  $13 \pm 3$  до  $86 \pm 11$  Бк/кг. Максимальные концентрации  $^{90}\text{Sr}$  зафиксированы в органической составляющей подстилки – от  $1,4 \pm 0,2$  до  $81 \pm 12$  Бк/кг и в травянистых растениях от  $12 \pm 2$  до  $29 \pm 4$  Бк/кг. В минеральной составляющей под-

стилки находится в пределах от  $1,8 \pm 0,5$  до  $21 \pm 3$  Бк/кг. Минимальные значения характерны для почвы от  $<1,2$  до  $10 \pm 2$  Бк/кг.

Для количественной оценки накопления радионуклидов в травянистых растениях рассчитаны коэффициенты накопления ( $K_n$ ) для  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$ . Для радионуклида  $^{241}\text{Am}$   $K_n$  получить не удалось, из-за отсутствия количественных данных,  $K_n$   $^{137}\text{Cs}$  указаны оценочно. В качестве сравнения взяты  $K_n$  радионуклидов растениями на территории СИП: для эпицентров наземных испытаний, «следов» радиоактивных выпадений, условно «фоновых» территорий, зон радиоактивных водотоков и местах испытаний боевых радиоактивных веществ (БРВ) [7] (Таблица 2).

Таблица 2. Коэффициенты накопления травянистыми растениями

| Исследуемая территория                                | Коэффициенты накопления ( $K_n$ ) |                  |                       |
|---|-----------------------------------|------------------|-----------------------|
|   | $^{137}\text{Cs}$                 | $^{90}\text{Sr}$ | $^{239+240}\text{Pu}$ |
| Лесная экосистема                                     |                                   |                  |                       |
| площадка 1  | $<0,031$                          | 1,8              | 0,0006                |
| площадка 2  | $<0,036$                          | 2,7              | 0,0062                |
| площадка 3  | $<0,002$                          | 10,3             | 0,0007                |
| площадка 4  | $<0,025$                          | 13,3             | 0,0046                |
| площадка 5  | $<0,078$                          | 1,7              | 0,0085                |
| площадка 6  | $<0,1$                            | 1,5              | 0,0024                |
| Средние значения $K_n$ для исследуемых территорий [7] |                                   |                  |                       |
| эпицентры наземных испытаний                          | $<0,036$                          | 0,023            | 0,0014                |
| «следы» радиоактивных выпадений                       | $<0,025$                          | 0,026            | 0,0068                |
| условно «фоновые» территории                          | $<0,078$                          | 0,25             | 0,019                 |
| зоны радиоактивных водотоков                          | $<0,1$                            | 1,7              | 0,0059                |
| места испытания БРВ                                   | -                                 | 1,2              | -                     |

Как видно из таблицы, полученные  $K_n$   $^{239+240}\text{Pu}$  на территории ленточного соснового бора ниже чем,  $K_n$  на условно «фоновых» территориях СИП и в большинстве случаев сравнимы с  $K_n$  на «следах» радиоактивных выпадений. Все полученные  $K_n$  для радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  превышают  $K_n$  на территории СИП и лишь в отдельных случаях сравнимы с  $K_n$  в зоне радиоактивных водотоков и местах испытания БРВ. Столь высокое накопление  $^{90}\text{Sr}$  в травянистых растениях может быть обусловлено его высоким содержанием в подстилке (Рисунок 4).

### 2.4 Распределение радионуклидов в древесных и травянистых растениях

Для того чтобы оценить распределение радионуклидов в древесных и травяни-

стых растениях, на 3 исследовательских площадках отобраны пробы древесной и травянистой растительности (Рисунок 1). Древесная растительность в дальнейшем делилась по органам (хвоя, шишки, ветви, кора). Данные представлены в виде гистограмм (Рисунок 5).

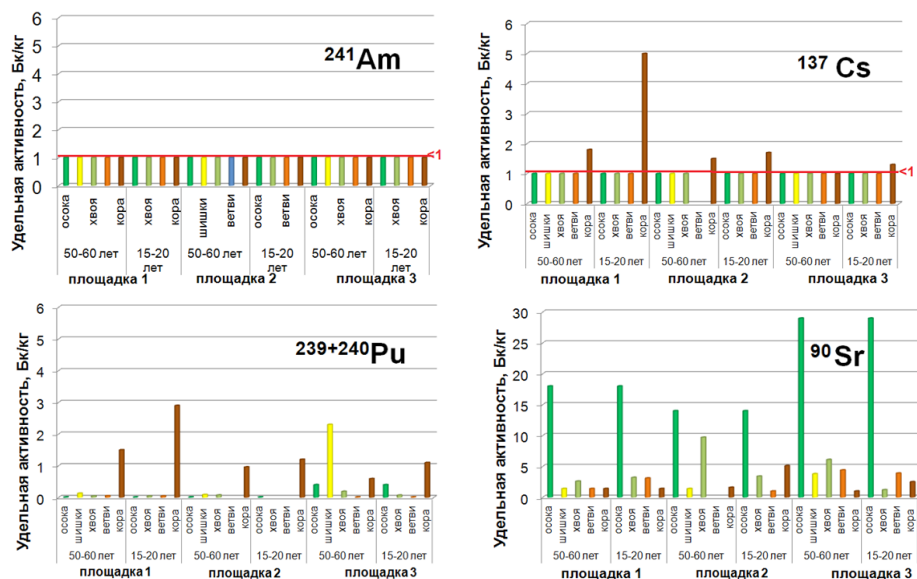


Рисунок 5. Распределение радионуклидов в древесных и травянистых растениях

Значения удельной активности  $^{241}\text{Am}$  во всех исследуемых компонентах находятся ниже пределов обнаружения используемой аппаратуры. Количественные значения  $^{137}\text{Cs}$  в большинстве случаев также ниже пределов обнаружения, исключение составляет кора – от  $0,8 \pm 0,1$  до  $1,8 \pm 0,1$  Бк/кг. Для радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  максимальные значения фиксируются в коре от  $0,012 \pm 0,05$  до  $1,5 \pm 0,1$  Бк/кг. Наиболее интересная картина распределения отмечается для  $^{90}\text{Sr}$ . Содержание данного радионуклида в оскоке значительно выше, чем в органах древесных растений.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований выявлено, что основные концентрации всех исследуемых радионуклидов в вертикальном профиле почв ленточного соснового бора находятся в верхнем слое до 10 см. При этом еще более высокие концентрации данных радионуклидов зафиксированы в подстилке.

Определены параметры перераспределения радионуклидов  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$  и  $^{239+240}\text{Pu}$  в поверхностном слое почвы и лесной подстилке. Максимальное содержание радионуклида  $^{241}\text{Am}$  79 % сосредоточено в минеральной составляющей подстилки,  $^{137}\text{Cs}$  67 % также сосредоточено в минеральной части подстилки. Содержание радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  68% находится в органи-

ческой составляющей подстилки. Зависимости в распределении  $^{239+240}\text{Pu}$  не установлено.

Значения  $K_d$   $^{239+240}\text{Pu}$  на территории ленточного соснового бора ниже чем,  $K_d$  на условно «фоновых» территориях СИП и в большинстве случаев сравнимы с  $K_d$  на «следах» радиоактивных выпадений. Все полученные  $K_d$  для радионуклида  $^{90}\text{Sr}$  превышают  $K_d$  на территории СИП и лишь в отдельных случаях сравнимы с  $K_d$  в зоне радиоактивных водотоков и местах испытания БРВ.

Для древесных и травянистых растений радионуклиды  $^{241}\text{Am}$  и  $^{137}\text{Cs}$  находятся ниже пределов обнаружения используемой аппаратуры. Количественные значения удельной активности  $^{137}\text{Cs}$  зафиксированы в коре. Также в коре отмечаются максимальные значения радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$ . Содержания  $^{90}\text{Sr}$  в травянистых растениях значительно выше, чем в древесных.

Таким образом из полученных данных на исследуемых площадках в компонентах лесной экосистемы на территории ленточного соснового бора можно отметить, что радионуклид  $^{241}\text{Am}$  в основном сосредоточен в почве (99 %). Для радионуклида  $^{239+240}\text{Pu}$  также высокие концентрации в почве (72 %), далее в древесном ярусе (15 %) и подстилке (13 %). В травянистых растениях количественно зафиксирован только радионуклид  $^{90}\text{Sr}$  (0,2 %), при этом более высокие значения в основном находятся в почве (60 %), в древесном ярусе (36 %) и в подстилке (3,8 %). Равномерное распределение во всех компонентах кроме травянистых растений характерно для  $^{137}\text{Cs}$ .

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методика измерения гамма-фона территорий и помещений: утвердил Зам. Главного государственного санитарного врача Республики Казахстан М.Б. Спатаев, 25.08.1997. Алматы, 1997. 1 с.
2. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре МИ 2143-91: МИ 5.06.001.98 РК. Алматы, 1998. 18 с.
3. Методика измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного бета-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс». Менделеево, 2004. 20 с.
4. Методика определения содержания искусственных радионуклидов плутония-(239+240), стронция-90 в объектах окружающей среды (почвах, грунтах, донных отложениях и растениях): Алматы, 2010. 25 с.
5. **Анненков Б.Н.** Основы сельскохозяйственной радиологии/ Б.Н. Анненков, Е.В. Юдинцева. – Москва, 1991. – с. 56-83.
6. **Паницкий А.В., Лукашенко С.Н., Магашева Р.Ю.** Особенности вертикального распределения радионуклидов в почвах на условно-чистой территории Семипалатинского испытательного полигона: Радиационная биология. Радиоэкология, 2016, том 56, № 6, с. 623–638
7. **Ларионова Н.В.** Накопление искусственных радионуклидов растениями на территории бывшего Семипалатинского испытательного полигона: Автореф. Дис. канд. биол. наук / Н.В. Ларионова. – Обнинск, 2013. – 22 с.

## НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА ТОО «РУ-6»

**Байназаров Б.**

ТОО «РУ-6», п. Шиели, Казахстан

На месторождении «Карамурун» металл добывается с глубин 500-700 метров, при статическом уровне подземных вод 10-15 метров. Повсеместное присутствие в рудном горизонте значительного количества мелкозернистого песка, переходящего в пылеватую форму, наличие промежуточных рваных водоупоров, блоков с содержанием карбонатов в рудовмещающих породах до 1,8 % (при среднем содержании карбонатов по месторождению 0,5 %) и не выдержанность (струйность и линзовидность) самих рудных тел, создавало и создает огромные проблемы при ведении процесса добычи металла способом подземного скважинного выщелачивания.

Одной из таких проблем является так называемый эффект химической коагуляции, которая ярко выражена на фильтрах и в прифильтровой зоне скважины. При химической коагуляции нерастворимые соли выпадают в осадок при росте показателя рН в продуктивных растворах по мере их продвижения по рудоносному горизонту и закупоривают поры в песке. Закупорка пор влечет за собой снижение фильтрации раствора и падение дебита скважины. Для решения данных проблем применяются различные способы декоагуляции.

При этом, при ежегодном увеличении количества эксплуатируемых откачных скважин возникает необходимость увеличения парка оборудования для проведения РВР, что сопровождается увеличением прямых затрат (Таблица 1). В связи с вышеуказанным, специалистами ТОО «РУ-6» были обозначены направления работ по интенсификации существующих и поиску новых методик, позволяющих снизить затраты и увеличить эффективность РВР в сложных условиях.

**Таблица 1. Анализ основных затрат и выбор направления по интенсификации производства (от затрат на добычу)**

| РВР                            | H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | Электроэнергия | ГПР    |
|--------------------------------|--------------------------------|----------------|--------|
| 10,6 %<br>789 802,4 тыс. тенге | 26,8 %                         | 6,7 %          | 20,4 % |

Из представленного анализа видно, что основной затратной частью является расход серной кислоты (26,8 % от затрат на добычу). Однако работы по снижению расхода серной кислоты вводятся давно и на сегодня положительного результата не достигнуто.

Так же одним из затратной статьи является ремонтно-восстановительные работы (РВР) скважин. На 2016 год расчетные затраты на проведение РВР составляет – 789 802,4 тыс. тенге (10,6 % от затрат на добычу). В данном направлении работы по интенсификации ведутся давно и были достигнуты определенные результаты.

## Направление НИОКР на 2016 год

На 2016 год предусмотрено проведение НИР по теме: «Разработка и внедрение в производство передвижной установки для проведения химической обработки непосредственно фильтровой части технологических скважин» исполнитель ТОО «ИВТ».

Исключив в составе данной установки открытые резервуары реагентов и за давлением растворов под давлением, становится возможным существенно увеличить безопасность и экологичность работ. Также, подача реагентов в фильтр скважины позволит сократить расходы реагентов за счёт целенаправленного их использования, что позволит в конечном итоге сократить расходы на проведение РВР. Мобильность установки и автоматизация процесса позволит увеличить количество проводимых РВР в сутки, что обеспечит её универсальность применения на различных скважинах и увеличит эффективность методов.

Все работы в последствии будут сопровождаться составлением технологических регламентов и получением соответствующих заключений по промышленной безопасности и экологической экспертизы.

### Текущее состояние

На сегодня подписан договор между АО «НАК «Казатомпром» и ТОО «ИВТ», техническое задание к договору согласовано специалистами ТОО «РУ-6» и ТОО «ИВТ». Согласованы основные оборудования (вагончик, емкость-цистерна и подающий насос и лебедка). Заключен договор с ТОО «ИВТ» и АО «Петропавловский завод тяжелого машиностроения» на изготовление установки и составлен проект перевооружения автомашины КАМАЗ.

Исходя из выше указанных проблем был проведен анализ вещественного состава руд и вмещающих пород из отчетов ГРР на месторождений Северный Карамурун за период 1973-1981 гг., а также проводилась минералогическое изучение вещественного состава вмещающих пород на базе Томского политехнического университета с применением как традиционных, так и современных высокоразрешающих методов таких как:

- изучение структурно-текстурных особенностей и минерального состава оптическим методом в отраженном и проходящем свете;
- рентгена-флуоресцентный анализ с целью определения химических элементов в составе породы;
- термический анализ с целью определение глинистых минералов в породе;
- изучение в ультрафиолетовом свете люминесцентным микроскопом Микмед-2 Д.

В результате исследования была изучена вещественный состав рудовмещающих пород и руд и выявлена вредные примеси минералов, которые послужить в дальнейшем в водородных месторождениях урана.

### Минералогический состав руд и рудовмещающих пород месторождения Северный Карамурун

Рудовмещающими на месторождении являются отложения кампана, представленные мелко-среднезернистыми песками, мелкозернистыми глинистыми песчаниками, переслаивающимися с алевролитами и глинами и связанными с ними переходами.

По минералогическому составу пески и песчаники аналогичны друг другу. Среди обломочного материала преобладают угловатые, полуокатанные и реже слабо удлиненные зерна кварца (до 75 %). Им подчинены зерна кремнистых и глинисто-кремнистых пород. Кремнистые породы занимают ведущее место среди зерен гравийной размерности. Постоянно присутствует полевые шпаты (до 7 %), включения мелкой и перетертой растительной органики черного цвета (до 3 %), чешуйки мусковита, флогопита и хлорита (до 2 %). Акцессорные циркон, ставролит, турмалин, ильменит, гранат, лейкоксен и другие минералы (до 2 %).

Аутигенные минералы рудовмещающие отложения бедны. В пески и песчаники наиболее распространен пирит (до 1 %). Спорадические встречаются кальцит, доломит, сфалерит и другие минералы (до 20 %).

Цементированы породы, в основном, глинистым и реже карбонатно-глинистым и карбонатным материалом. Глинистый материал неравномерно распределяется в породах, и представлен гидрослюдой с примесью каолинита и монтмориллонита. Карбонаты сложены как тонкозернистыми кристаллически-зернистыми агрегатами кальцита, так и идиоморфными ромбовидными кристаллами доломита. Цемент поровый до соприкосновения или базально-поровый, неравномерно распределенный, кристаллически-зернистый (характерен для карбонатного материала).

Минералогический состав руд тот же, что и рудовмещающих пород. (список минералов руд и пород приведен в таблице).

Для исследования на базе НИ ТПУ отобран керновый материал из разведочных скважин пересекающий рудный горизонт. Вещественный состав пород и руд изучался в 18 прозрачных шлифах, глинистые и урановые минералы в 7 пробах диагностированы дифференциально-термическим методом.

Петрографические исследования показали, что породы из разведочных скважин представлены обломочными и глинистыми разновидностями. Среди глинистых пород выделены алевролитовые, пасаммитовые и гравелито-дресвяные представители. Среди глинистых пород – пелитовые и алевропелитовые. По минеральному составу обломочного материала сходные. Содержание обломочного материала составляет: кварца в среднем 65-80 %, полевых шпатов до 15 %, обломков пород до 17 %.

В умеренном количестве содержатся слюды (мусковит, хлорит, хлоритизированный биотит) – в среднем 1-3 %, углистый растительный детрит – в среднем 0,5-5 %, глинистые минералы – в среднем 5...15 %. В виде незначительной примеси встречаются акцессорные минералы (ильменит, лейкоксен, турмалин, сфен и др).

Таблица. Минералогический состав руд и рудовмещающих пород месторождения Северный Карамурун

| Терригенные минералы                  | Содержание в %       | Аутигенные минералы        | Содержание в %    |
|---------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|
| 1                                     | 2                    | 3                          | 4                 |
| <b>Породообразующие</b>               |                      | <b>Диagenетические</b>     |                   |
| Кварц                                 | 65-75                | Пирит                      | 0,7-1,0           |
| Полевые шпаты                         | 5-7                  | Мельниковит                |                   |
| Обломки пород                         | 10-15                | Марказит                   | до 0,5            |
| Гидрослюда                            | от 2-5 до 15-20      | Галенит                    |                   |
| Монтмориллонит                        |                      | Сфалерит                   | от 0,5-1 до 10-20 |
| Каолинит                              | до 1-2               | Кальцит                    |                   |
| Мусковит                              |                      | Доломит                    |                   |
| Биотит                                |                      | Барит                      | 0,0 п             |
| Хлорит                                |                      | Янтарь                     | 0,0 п - 0,п       |
| Флогопит                              | 1-3                  |                            |                   |
| Углефицированные растительные остатки |                      |                            |                   |
| <b>Акцессорные</b>                    |                      | <b>Эпигенетические</b>     |                   |
| Турмалин                              | от 0,2-0,5 до 1-2    | <b>Рудная зона</b>         |                   |
| Ильменит                              |                      | Коффинит                   | до 0,1-0,2        |
| Лейкоксен                             |                      | Настуран                   |                   |
| Ставролит                             |                      | Урановая чернь             |                   |
| Гранат                                |                      | Гель урана (IV)            | ед.з.             |
| Гр.эпидота                            |                      | Франсвеллит                | ед.з.             |
| Циркон                                |                      | самородный-селон           | 0,0п-0,п          |
| Апатит                                |                      | Селениды свинца            | ед.з.             |
| Рутил                                 |                      | селениды никеля и кобальта | ед.з.             |
| Браннерит                             |                      | Ферроселит                 | ед.з.             |
| Дистен                                |                      | Пирит                      | до 0,1-0,5        |
| Корунд                                |                      | Марказит                   |                   |
| Магнетит                              |                      | Хеггит                     | ед.з.             |
| Гидрогематит                          |                      | <b>Зона окисления</b>      |                   |
| Лимонит                               | Гетит-гидрогетит     | до 1-2                     |                   |
|                                       | Гематит              | ед.з.                      |                   |
|                                       | Гидроокислы марганца | до 0,5                     |                   |

### Вещественный состав рудовмещающих толщ

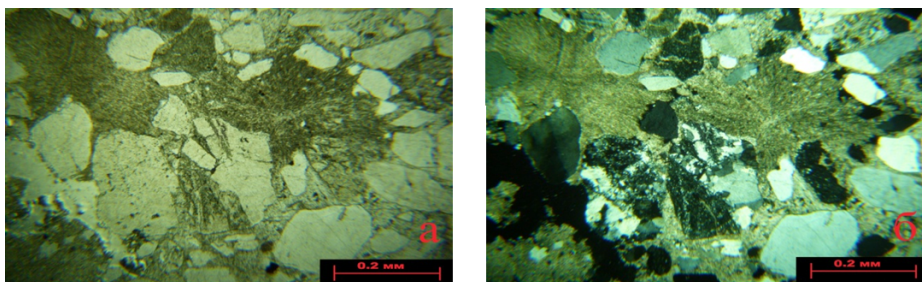


Рисунок 1. Сферолитовые агрегаты карбонатов. Никולי: а) N //; б) N +; Ув. 2,5х

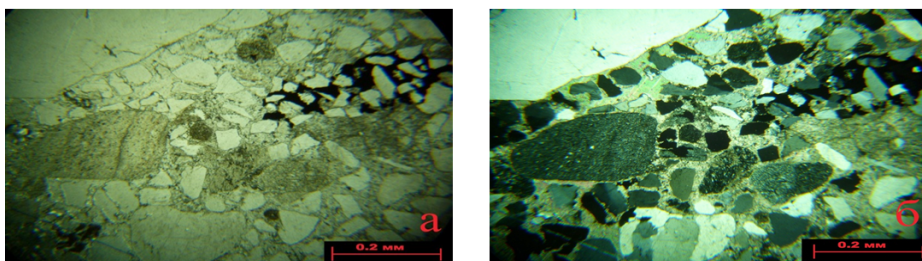


Рисунок 2. Мелкочешуйчатые агрегаты гидрослюд и обломки микрокварцитов. Никולי: а) N //; б) N +; Ув. 2,5х;

В ходе исследования в образцах были найдены битуминозные вещества. Битуминозность пород изучалась на базе «Томскнипинефть» в ультрафиолетовом свете люминесцентным микроскопом Микмед-2Д.

Битуминозность является важным компонентом породы, отрицательно влияющим на подземное выщелачивание вследствие своих восстановительных и сорбционных свойств.

В результате исследования битумоидов сделаны следующие выводы:

- Во всех изученных образцах зафиксированы следы миграции битумоидов. Этот факт сам по себе свидетельствует о процессе битумообразования в изучаемом районе.
- Содержание эпитумоидов в породах изменяется от 0,02-0,05 %, при среднем 0,03 %. Отмечается устойчивая тенденция к повышению концентрации битуминозных компонентов по мере приближение к рудной пачке.
- Состав эпитумоидов варьирует от легких (голубовато свечения) до смолистого асфальтеного (темно-коричневого свечения). При преимущественном преобладании битумоидов смолистого состава (темно бурое свечение).
- Битумоиды приурочены к ослабленным зонам в породе: заполняют трещины, отмечаются в цементирующей массе, образуя, ореолы вокруг сульфидов (пирит). Все это свидетельствует об эпигенетичности битуминозного вещества.

Особенностью отложению изученного разреза является ничтожные содержание битумоидов, которые очевидно эмигрировали из пород.

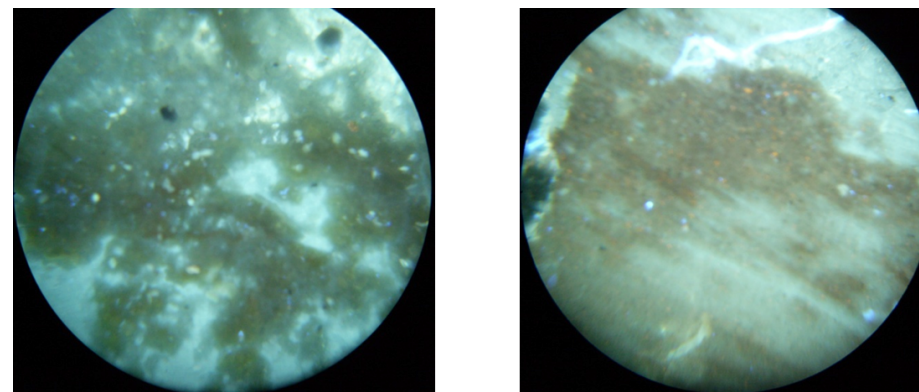


Рисунок 3. Алевролиты, текстуры пятнистая, точечная трещиноватая

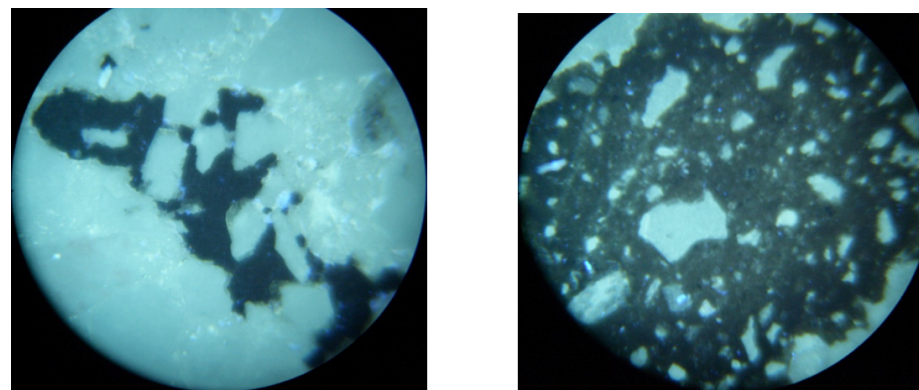


Рисунок 4. Полимиктовый песчаник и древесно-гравелито-псаммитовая порода

### Термический анализ

Дифференциально–термический анализ (ДТА) который позволяет выявлять и исследовать состав тонкодисперсных полиминеральных природных смесей без разделения их на мономинеральные фракции.

При изучение пород данным методом особое внимание было уделено на глинистое и карбонатное минералы. Так как глинистость пород и руд и состав глинистого цемента во многом определяют проницаемость пород и расход реагента.

Исследования образцов для определения глинистых минералов в образцах выполнен в научно – аналитическом центре НИ ТПУ.

ДТА образцов показал, что глинистые минералы имеют монтмориллонит-гидрос-

людистый, каолинит-гидрослюдистый и карбонатно-гидрослюдистый состав, а цементирующий материал в слабоцементированных песках – кальцит-анкеритовый.

### Пески с прослоями глин

На трех кривых ДТА пород наблюдается следующие термические эффекты: первый, самый большой, эндотермический эффект в интервале 30-180°C; второй эндотермический эффект в интервале 460-600°C; третий эндотермический эффект 860-930°C (рисунок 17).

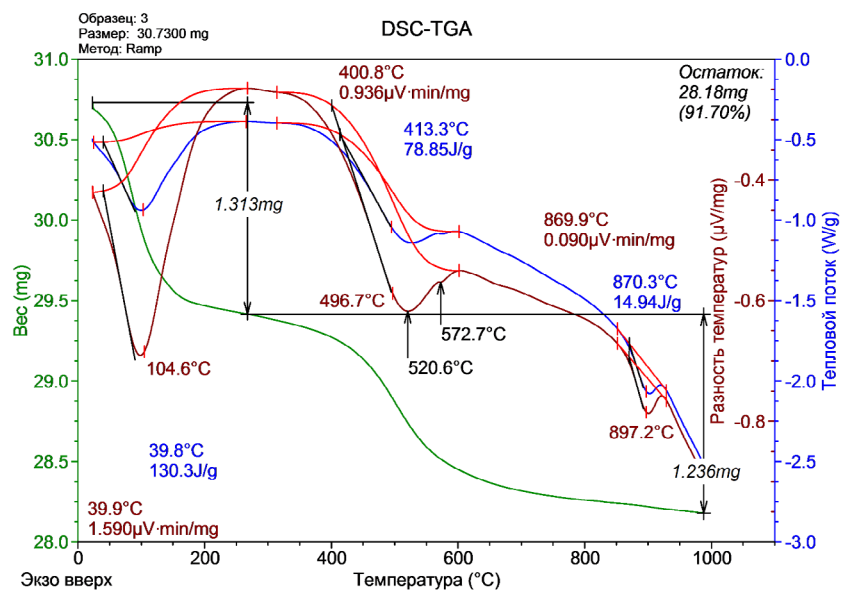
Кривые потери массы пород показывает, что изменение массы нагреваемого образца происходит в три этапа. Основная потеря (больше половины всей содержащейся в минерале воды) наблюдается в интервале 30-180°C. Резкий перегиб термогравиметрической кривой в этом интервале сменяется пологим постепенным спуском. Следующая потеря отмечается в интервале 440-550°C. Кривая потерь имеет пологий вид. В интервале 860-930°C фиксируется слабый перегиб термогравиметрической кривой.

Первый эндотермический пик отвечает образованию гидромусковита и минералов гр. монтмориллонита и каолинита (интервал 30-180°C).

Второй эндотермический пик отвечает образованию кварца и сидерита (интервал 460-600°C).

Третий эндотермический пик отвечает образованию кальцита (860-930°C).

Кальцит 800-1 000°C – диссоциация с образованием CaO; температура варьирует в пределах от 860 до 930°C.



### ВЫВОДЫ

Таким образом, по данным анализа и исследования вещественного состава руд и вмещающих пород все минеральные компоненты м.Северный Карамурун, по их отношению к серной кислоте делятся на три группы:

- Группа хорошо растворимых минералов: карбонаты, окислы металлов, гидроокислы железа, акцессорные (апатит, хлорит, флюорит).
- Группа слабо растворимых минералов: глинистые минералы, полевые шпаты, сульфиды, гидрослюды.
- Группа весьма слабо растворимых минералов: кварц, биотит, акцессорные (турмалин, гранат, циркон и др.).

Основными породообразующими минералами являются кварц и полевые шпаты, характеризующиеся высокой устойчивостью по отношению к указанному растворителю.

Основными кислотоёмкими минералами являются карбонаты (кальцит, доломит, магнезит) и некоторые виды глинистых минералов.

Неблагоприятные последствия реакции серной кислоты с нерудными минералами не ограничиваются только экономической стороной. Обогащение в результате этих реакций продуктивных растворов макрокомпонентами при определенных условиях может привести к временному или постоянному выделению из них в пласте твердых продуктов реакций, что, в свою очередь, ухудшает проницаемость пласта (так называемая кольматация) и условия контакта растворителя с рудными минералами.

Настоящая работа находится на стадии научного исследования, а полученные данные могут быть использованы при дальнейшем изучении гидрогенных урановых месторождений, а так же при анализе минерально-сырьевой базы.

УДК 620.1.05

**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ «КОРИНА-2»**

**Қизатов А.С., Сапатаев Е.Е., Каражигитов Д.Б.**  
филиал «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК», г. Курчатов, Казахстан

**ВВЕДЕНИЕ**

Одним из важных этапов в эксплуатации атомных энергетических реакторов является вывод реакторов из эксплуатации и длительное хранение отработанных топливных сборок. Основанием для беспокойства при длительном сухом хранении топливных сборок является реальная опасность коррозионного растрескивания материала топливной оболочки, поскольку на оболочку твэлов действуют растягивающие напряжения возникающее за счет давления газообразных продуктов деления. Прогнозирование поведения топливных сборок при длительном сухом хранении должно быть сделано с учетом изменений коррозионной стойкости материалов в процессе хранения. Нет сомнений в том, что прямые длительные эксперименты по коррозионному растрескиванию под напряжением могли бы дать информацию, наиболее полно отражающую реальное состояние материалов топливной сборки при их сухом хранении.

В результате ранее выполненных работ в ИАЭ НЯЦ РК были получены данные о распределении температуры в контейнере с топливными сборками реактора БН-350 в условиях сухого хранения, подготовлены образцы и выполнены эксперименты по их длительному термическому старению в условиях изотермического отжига в воздушной атмосфере и в среде аргона. Выполнены металлографические исследования и определены глубины коррозионного повреждения облученных и необлученных образцов после длительного термостарения в атмосфере [1].

Принимая во внимание то, что в процессе длительного хранения топлива ожидается накопление газов в полости контейнера хранения, вызванное остаточным тепловыделением в продуктах деления, становится очевидным важность экспериментальной оценки коррозионного поведения барьерного материала. Одним из подходов для прогнозирования деградации первого барьера, в соответствии с методологией, изложенной в [2] являются коррозионные испытания под напряжением облученных образцов чехла ТВС реактора БН-350.

Определение прочностных характеристик выполнялось методом одноосного растяжения на экспериментальной установке «КОРИНА». Испытания проводились при комнатной температуре со скоростью деформации 3,66 мм/мин. Частота регистрации изменения деформации и нагрузки составляла 0,1 с.

В процессе эксплуатации установки «КОРИНА» был выявлен ряд конструктивных недостатков (низкая жесткость рамы, градиент температуры образца), влияющий на точность проводимых измерений. В связи с этим были предприняты шаги по улучшению эксплуатационных характеристик экспериментальной установки.

Целью работы является разработка экспериментальной установки «КОРИНА-2»

для проведения исследований коррозионной стойкости облученных образцов нержавеющей стали методом одноосного растяжения.

Основная задача работы заключается в подборе измерительной аппаратуры, разработке установки «КОРИНА-2» для длительных коррозионных испытаний под напряжением.

**ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УСТАНОВКИ**

Коррозионным испытаниям под напряжением подвергаются облученные фрагменты грани чехла ОТВС. Из исходного фрагмента методом электроискровой резки изготавливаются микрообразцы для испытаний 15 × 2 × 0,5 мм.

Основным требованием предъявляемым к микрообразцам для испытаний является плоскопараллельность их граней, которая достигается электроэрозионной резкой, механической шлифовкой (при помощи специально изготовленных оправ). После механической шлифовки микрообразцы подвергаются электролитической полировке.

Испытания будут проводится на воздухе в интервале температур от 20°C до 400°C. Напряжение в испытуемых образцах должна создается приложением постоянной растягивающей нагрузки. Значение нагрузки на образец определяется из условия  $0,9 \times \sigma_{0,2}$  (условный предел текучести). Длительность одного испытания около 1 000 часов.

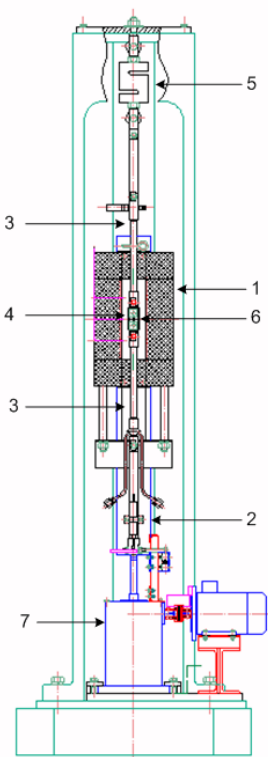
Установка для проведения коррозионных испытаний микрообразцов под напряжением «КОРИНА-2», исходя из вышесказанного, должна удовлетворять следующим требованиям:

1. возможность одноосного растяжения образца в диапазоне нагрузок от 0,2 до 2 кН;
2. возможность определения механических и коррозионных свойств, таких как:
  - предел прочности;
  - предел текучести;
  - относительное удлинение образца;
  - относительное изменение сечения образца;
3. надежное центрирование образца с помощью захватов;
4. размещение камеры нагрева образца;
5. размещение каналов для измерения:
  - температуры;
  - силы;
  - датчиков линейного перемещения при деформации.

**РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ «КОРИНА-2»**

Для увеличения жесткости рамы и обеспечения равномерности нагрева испытуемого образца было принято решение о разработке новой – с улучшенными характеристиками – установки для механических и механо-термических испытаний необлученных и облученных микрообразцов. В этой связи в 2015 году было под-

готовлено техническое задание на проектирование и разработан эскизный проект установки с увеличенной жесткостью рамы «КОРИНА-2».



На основании технического задания была выполнена разработка технического проекта установки «КОРИНА-2» [4]. Эскиз экспериментальной установки «КОРИНА-2» представлен на рисунке 1.

- 1 – нагревательная камера;  
2 – датчики измерения деформации образцов;  
3 – охлаждаемые тяги;  
4 – захваты;  
5 – динамометр;  
6 – образец;  
7 – редуктор

Рисунок 1. Чертеж установки «КОРИНА-2» для коррозионных испытаний под напряжением

Система измерения деформации (2) установки состоит из датчика перемещения модели DLH-A (рисунок 2а), которые определяют удлинение образца во время эксперимента. Система нагружения состоит из (4) захватов, тяг (3), соединенных с механическим редуктором (7). Измерение силы растяжения осуществляется динамометром (5) ДОР-3-2И (рисунок 2б), который представляет собой тензометрический датчик, соединенный кабелем связи с электронным измерительным индикатором. Наибольший предел измерения 2 000 Н. Погрешность при максимальном значении силы  $\pm 4$  Н.



а



б

Рисунок 2. Измерительные приборы, используемые в установке «КОРИНА-2»: а - датчик перемещения; б - динамометр ДОР-3-2И

Основные характеристики датчиков представлены в таблице 1.

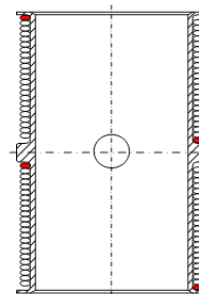
Таблица 1. Характеристики датчиков перемещения используемых в установке «КОРИНА-2»

| Датчик | Цена деления, мм | Предел измерения, мм | погрешность при максимальном значении, мкм |
|--------|------------------|----------------------|--|
| ИЧ-25  | 0,01             | 0 – 25               | $\pm 15$                                   |
| DLH-A  | –                | 0 – 5                | $\pm 5$                                    |

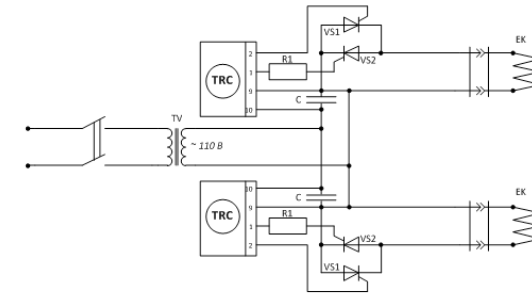
Принятые технические решения для улучшения эксплуатационных характеристик экспериментальной установки:

- увеличение жесткости рамы установки для точности измерения;
- ранее при проведении механических и коррозионных испытаний микрообразцов с уменьшенным сечением рабочей части было установлено, что при фиксации в захватах происходит пережим образца. В результате чего разрушение образца происходит преимущественно у захвата. Такое разрушение увеличивает ошибку определения истинного сопротивления материала к разрыву [3]. В связи с этим для устранения пережима испытуемого образца было принято решение разработать самоцентрирующие захваты для микрообразцов без зажимного типа;
- для исключения температурного градиента при нагреве испытываемого образца разработана температурная камера с дифференциальным нагревательным элементом;
- для точности измерения была убрана из конструкции цепная передача. Это обусловлено наличием люфтов в цепи и ограниченной жесткостью его узлов и деталей.

Для исключения температурного градиента при нагреве испытываемого образца разработана температурная камера с дифференциальным нагревательным элементом. Дифференциальный нагревательный элемент позволяет поддерживать заданную температуру, равномерно распределяя температуру по всему объему испытываемого образца с погрешностью  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Равномерное распределение температуры в камере обеспечивается двумя нагревательными контурами, регулируемые отдельными ПИД-регуляторами. Эскиз нагревательной камеры, электрическая схема питания и управления ее представлены на рисунке 2.



а) эскиз нагревательной камеры



б) электрическая схема питания и управления нагревательными элементами

Рисунок 2. Схема нагревательной камеры установки «КОРИНА-2»



Нагружающим устройством в установке является многоступенчатый редуктор, который соединен на прямую с тягами. Редуктор позволяет осуществлять реверсивное изменение линейного перемещения штока со скоростью от 2,4 мкм/мин до 141,0 мм/мин. Редуктор приводится в действие асинхронным двигателем с частотой вращения 1 395 об/мин. Мощность двигателя 80 Вт. Напряжение питания 380 В. Управление частоты вращения асинхронного двигателя осуществляется преобразователем частоты «ОВЕН ПВЧ 1».

В процессе проведения испытаний было выявлено, что при растяжении прямоугольных образцов с постоянным сечением возникает концентрация напряжений в области перехода рабочей части к захвату, в результате чего разрушение образца происходит преимущественно у захвата. Такое разрушение увеличивает ошибку определения истинного сопротивления материала к разрыву. Использование пропорционального прямоугольного образца с уменьшенным сечением рабочей части (в виде лопаток) позволяет равномерно распределить напряжение по всей длине, что повысит вероятность разрыва образца в рабочей части, следовательно, увеличит надежность получаемых экспериментальных данных. В связи с этим для устранения пережима испытываемого образца было принято решение разработать самоцентрирующие захваты для микрообразцов без зажимного типа.

Схема и внешний вид самоцентрирующегося захвата представлены на рисунке 3. Захват состоит из верхнего и нижнего частей (1) и предназначены для закрепления и удержания плоского микрообразца (4) при испытании. Верхние и нижние части изготовлены из прочной нержавеющей стали 30X13. Захваты взаимно перемещаются по оси вдоль направляющих (2), расположенные на боковой стороне. Направляющие предназначены для исключения относительного кручения и осевого сдвига верхних и нижних частей захватов между собой. Для уменьшения трения и исключения закусывания направляющие расположены внутри графитовых втулок (3), которые жестко закреплены в верхних и нижних частях захвата.

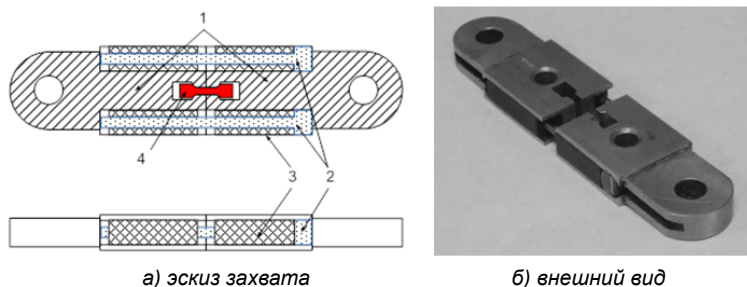


Рисунок 3. Самоцентрирующийся захват

Захваты и тяги установки «КОРИНА-2» изготовлены из жаропрочной нержавеющей стали 40X10C2M. Во время проведения коррозионных испытаний под напряжением помимо образца нагреваются захваты и тяги установки. Для предотвращения нагревания тяг в их конструкции предусмотрены тракты ох-

лаждения [5]. Тракты охлаждения тяги представляет собой высверленный канал диаметром 8 мм и установленной по центру перегородкой из нержавеющей стали толщиной 1 мм. В качестве охлаждающей жидкости применяется водопроводная вода.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в рамках данной работы была разработана установка для проведения коррозионных испытаний под напряжением «КОРИНА-2».

В разработанной установке были предприняты следующие технические улучшения:

- увеличение жесткости рамы была выполнена за счет применения цельнолитого чугуна каркаса на базе станка модели 2Н135;
- для уменьшения градиента температуры испытываемого образца в высокотемпературной камере был разработан двухконтурный нагревательный элемент с независимыми терморегуляторами;
- для равномерного распределения напряжения по всей длине испытываемого образца было решено использовать пропорциональный прямоугольный микрообразец с уменьшенным сечением рабочей части (в виде лопаток).

Установка «КОРИНА-2» позволяет проводить физико-механические и коррозионные испытания нестандартных высокооблученных стальных микрообразцов в интервале температур от комнатной до 600°C;

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изучение поведения отработавших топливных сборок ядерных реакторов при их длительном сухом хранении: отчет о НИР (заключительный) : 02.02.05 / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК ; рук. Б.Д. Уткелбаев. – Курчатов, 2009. 20 с. – № ГР 0105РК00017.
2. Исследование изменений структурно-фазового состояния и коррозионной стойкости конструкционных материалов ОТВС РУ БН-350 в результате реакторного облучения, и последующего термического и механического воздействия: отчет о НИР (промежуточный) / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК; В.В. Бакланов, Е.Т. Коянбаев, Е.Е. Сапатаев [и др.]. – Курчатов, 2015. – ГР № 0115РК02012.
3. Исследование коррозии под напряжением и определение теплофизических характеристик конструкционных и топливных материалов ядерных реакторов: отчет о НИР / В.В. Бакланов, Е.Т. Коянбаев, И.М. Кукушкин [и др.]. – 2014. – УДК 536.2.088.8:621.039.546, № ГР 0112РК00795, Инв. № 0215РК00144.
4. Установка «КОРИНА-2»: сборочный чертеж: АК.21292.00.000СБ / Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК. – Курчатов, 2016.
5. Расчет контура охлаждения тяг механизма разрывного устройства установки «КОРИНА»: расчет / ДГП ИАЭ РГП НЯЦ РК; В.И. Игнашев, Е.А. Киричек. – Курчатов, 26.03.2010. – Инв. № 13-240-02/42.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ МИНЕРАЛА

<sup>1</sup>Мырзабек Г.А., <sup>1</sup>Матаев М.М., <sup>2</sup>Калтаев А.Ж., <sup>3</sup>Мырзабек Қ.Ә.

<sup>1</sup>ТОО «ИВТ», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>КазНУ им. Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>ТОО «Семизбай-У», г. Астана, Казахстан

Объем добычи сырья, потребляемой продукции и сопутствующих отходов определяют главные изменения естественного баланса массы и энергии в природной среде. В связи с этим весьма актуальна разработка и реализация экологически сбалансированного освоения геологической среды, поскольку оно будет неизбежно сопровождаться возрастающим техногенным воздействием на окружающую среду в целом. При любых технических решениях, связанных с освоением месторождений, их реализация вызовет изменения приповерхностных элементов геологической среды. Основная проблема состоит в оценке масштабов вторжения в естественные процессы, с точки зрения охраны окружающей среды и здоровья людей.

Подземные воды существенно отличаются от других полезных ископаемых. Ресурсы подземных вод, их качество, а значит и пригодность для использования могут существенно изменяться во времени. Поэтому важно уметь не только оценивать их текущее состояние, но и прогнозировать будущее.

Математическое моделирование позволяет рассчитывать значения какого-то показателя или явления на всей исследуемой территории на основе дискретно распределенных данных. Для этого используются различные методы геостатистического анализа, в основе которого лежит интерполяция, экстраполяция аппроксимация данных. Моделирование позволяет на основе разных факторов осуществлять комплексную оценку территории для ее пригодности под определенные поставленные задачи, проводить районирование, ранжирование и кластеризацию. Моделирование на основе разновременных данных позволяет нам оценить динамику развития какого-либо явления и дать качественный прогноз.

Компьютерное гидрогеологическое моделирование подземных водных объектов прочно вошло в практику решения разнообразных задач гидрогеологии, инженерной геологии, геоэкологии. Для территорий с интенсивным использованием водных ресурсов и напряженным водным балансом этот метод исследований является незаменимым. Компьютерные гидрогеологические модели подземных водных объектов (участок недр, речной или артезианский бассейн и др.) позволяют учитывать и исследовать сложные взаимосвязи в рассматриваемых природно-техногенных системах. В зависимости от поставленной задачи модель поможет оценить современное состояние подземных вод, изучить условия их связи с поверхностными водами, имитировать различные сценарии хозяйственной деятельности с количественной характеристикой ее результатов.

Известно, что активно используемый метод ПСВ в Казахстане имеет ряд преимуществ, таких как:

- отсутствие отвалов пород и хвостохранилищ;
- целостность геологических структур;
- практически отсутствие загрязнения воздушного бассейна.

Groundwater Modeling System версии 3.1. является первым успешным коммерческим пакетом, нашедшим широкое применение во всем мире, начиная с 1999 года. Первые версии – GMS 1. и GMS 2. не обеспечивали необходимую точность моделирования и были трудны для восприятия неспециалистами.

GMS 3.1. построена в виде блочной системы, реализующей основные уравнения гидродинамики, сформулированные Allen W. Harbaugh and Michael G. McDonald в 1988 г. и тогда же впервые записанные на Fortran. Тем самым была создана программа ModFlow-88, являющаяся родоначальницей всех последующих моделирующих пакетов системы ModFlow. ModFlow, используемая в GMS 3.1 – предпоследняя версия, написанная на языке Fortran-96, является основой всех дальнейших построений по переносу загрязняющих компонентов, созданию моделей линий тока и т. д.

ModFlow – программа для двух и квазитрехмерного моделирования гидродинамических особенностей данной площади, построенная на конечно-разностном методе решения. Площадь, подвергаемая моделированию, заменяется прямоугольником, разбитым сетью (Grid) с размерностью  $N \times M \times K$  – где  $N$  – количество узлов в направлении  $x$ ,  $M$  – количество узлов в направлении  $y$ ,  $K$  – количество узлов в направлении  $z$ . Уравнения гидродинамики и соответствующие начальные и граничные условия в каждом узле сетки заменяются их конечно – разностными аналогами, что позволяет свести исходные дифференциальные уравнения к системам алгебраических уравнений размерности  $N \times M \times K$ . Эта система решается в каждом узле сетки (обычно сеть выбирается таким образом, чтобы входные данные – местоположения скважин, а также их расходы, привязывались к центру – узлу - каждой ячейки). Решение в виде полей напоров или пьезометрических уровней выдается в виде картинки на экране, а также может быть экспортировано в текстовый формат ASCII.

GMS 3.1 является специализированным пакетом именно для расчетов гидродинамики и массопереноса для экологических целей. В принципе, для расчета гидродинамических характеристик может быть применена любая из появившихся за последние годы десятков программ; все они строятся на одних и тех же уравнениях динамики жидкости в пористой среде и отличаются только постпроцессорными возможностями (визуализация и расчет водных балансов), трудностями восприятия пользователями и удобством ввода информации.

Сильной стороной пакета является большое разнообразие защитных схем физико-химических реакций в программы RT3D&MT3DMS, используемые для создания моделей массопереноса. GMS изначально создавался для оценки загрязнения грунтовых вод наиболее распространенными вредными продуктами, как-то: нефтепродукты (бензин, сырая нефть), всевозможная органика (TCE, PCE и др – в американских аббревиатурах). Имеется возможность количественной оценки сульфат - редуции (в т.ч. бактериальной). В пакет «защиты» кинетические уравнения

ионообменных реакций между  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  с одной стороны, и анионами  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  – с другой.

Кроме того, предусмотрена возможность – при минимальном знании программирования – создания собственных наборов реакций, происходящих при движении в данном гидродинамическом поле и данной вмещающей среде загрязнения данного состава. Тем самым, в принципе, при наличии кинетических характеристик для данного загрязнителя (т.е. при проведении ряда аналитических работ, предшествующих моделированию) имеется возможность промоделировать практически любую возможную ситуацию в экологической системе.

В данных построениях использованы программы Modflow, Modpath – для создания моделей потоков и расчета зон захвата проектируемых откачных скважин, RT3D – для расчета массопереноса.

### Математическая модель программного модуля GMS 3.1

В основе данной программы лежат следующие уравнения: ниже представлена система уравнений, описывающая фильтрацию раствора в пласте, на основе закона сохранения массы и закона Дарси на примере двухмерного случая:

$$\frac{\partial(\varepsilon\rho)}{\partial t} + \text{div}(\rho\vec{V}) = \beta\varepsilon \frac{v_w W}{v_m M} C_m C_r - \sum_p Q_i \delta(x-x_i, y-y_i) + \sum_d Q_d \delta(x-x_d, y-y_d) \quad (1)$$

$$\vec{V} = -K\text{grad}h \quad (2)$$

Подставляя уравнение (2) в уравнение (1) получаем уравнение для распределения гидродинамического напора в пласте, следующего вида:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( K_{xx} \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( K_{yy} \frac{\partial h}{\partial y} \right) - \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\beta\varepsilon v_w W}{\rho v_m M} C_m C_r + \frac{W}{\rho} = 0 \quad (3)$$

Граничные условия могут быть 2-х видов, с постоянным значением (условие Дирихле) и с непроницаемой границей (условие Неймана):

$$1) h|_G = h \quad \text{или} \quad 2) \left. \frac{\partial h}{\partial x} \right|_G = 0 \quad \left. \frac{\partial h}{\partial y} \right|_G = 0 \quad (4)$$

$h = p / \rho g$  - гидродинамический напор,  $p$  - давление,  $v_w$  - скорость фильтрации,  $Q_i$  - дебит и приемистость на откачных и закачных скважинах соответственно,  $I$  - количество откачных скважин,  $d$  - количество закачных скважин,  $\varepsilon$  - пористость,  $K$  - тензор коэффициента фильтрации,  $W$  - суммарный дебит.

Для решения уравнения гидродинамического напора применяется численные методы, а именно метод Кранка-Никольсона. Метод Кранка-Никольсона имеет следующие преимущества:

1. находится в области безусловно устойчивого режима;
2. имеет второй порядок точности  $O(\Delta t^2, \Delta x^2)$ .

В качестве объекта моделирования выбран блок одного из участков месторождения Моинкум. Моинкумское месторождение является одним из крупных месторождений в Чу-Сарысуйской ураноносной провинции с орудением роллового типа (протяженность 200 км), добыча урана на которых ведется методом подземного выщелачивания.

Блок характеризуется высокой продуктивностью (7,5 кг/м<sup>2</sup>) руд. Мощность рудоносных горизонтов составляет от 7 до 17 м (нижний уюк, основной рудный горизонт, представленный преимущественно среднезернистыми песками), и от 3 до 12 м - вернеуюкский рудный горизонт, характеризующийся падением крупности от с\з песков в основании к мелко- и тонкозернистым пескам в кровле горизонта. Интервал залегания рудных горизонтов – от 263 до 292 м.

Рудоносность блока представлена на рисунке 1. Нижний рудный горизонт, являющийся основным продуктивным и содержащий более 75 % запасов блока, представлен передовыми и мешковыми разностями мощностью от 1 до 11 м и содержанием урана от 0,012 (в передовых рудах) до 0,857 % (0,051 в среднем). Крылья выражены в виде маломощных (не более 4 м) прослоев, преимущественно на нижнем водоупоре. Верхнее крыло эксплуатационного интереса не имеет. Содержания урана составляет в среднем 0,071 %.

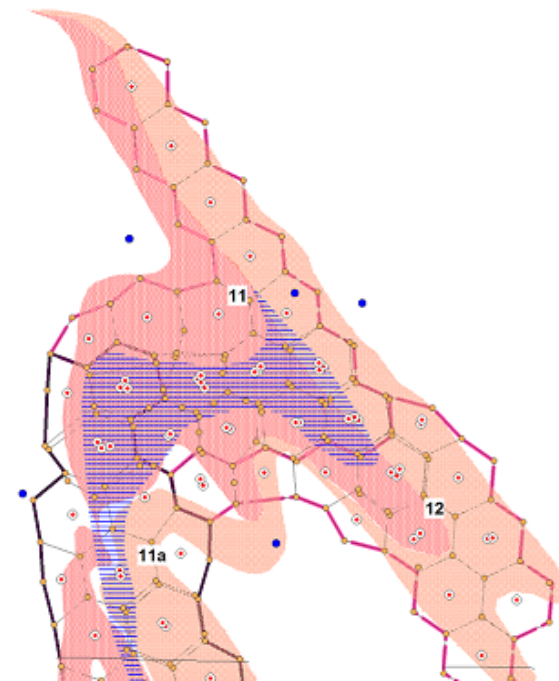


Рисунок 1. Рудоносность блока

Для моделирования добычи применяется схема MT3D –first-order kinetic sorption (non-equilibrium) –kinetic rate - none.

На рисунках 2 и 3 представлены модели добычи блока и периферии.

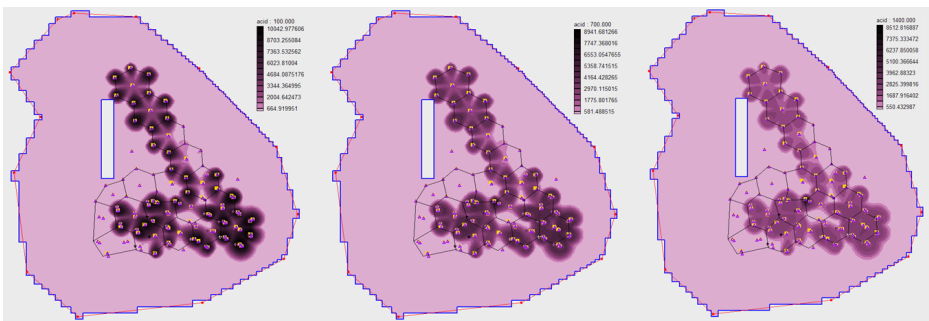


Рисунок 2 (а) - Распределение кислоты на период промышленной добычи (горизонт А)  
а) 100 дней б) 700 дней с) 1400 дней

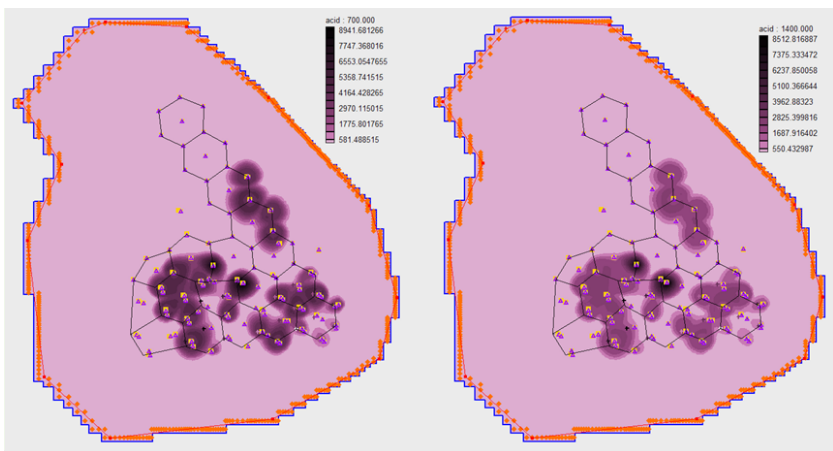


Рисунок 2 (б) - Распределение кислоты на период промышленной добычи (горизонт В)  
а) 100 дней б) 700 дней с) 1400 дней

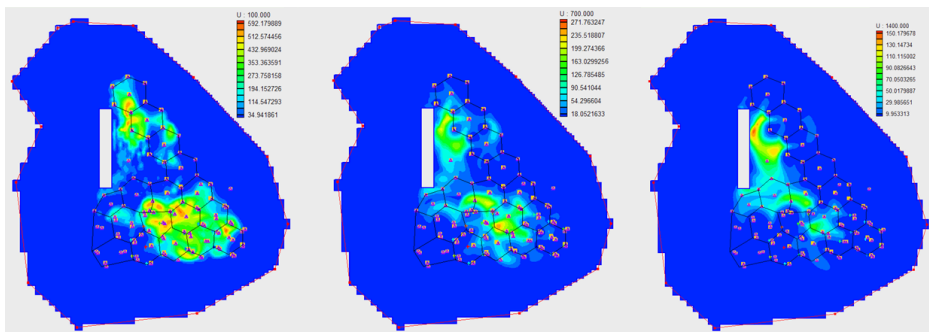


Рисунок 3 (а) - Распределение металла (мерт) на период промышленной добычи (слой А)  
а) 100 дней б) 700 дней с) 1400 дней

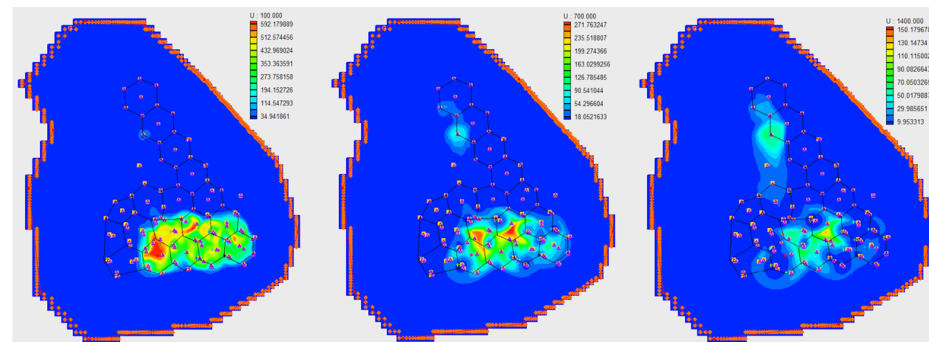


Рисунок 3 (б) - Распределение металла (мерт) на период промышленной добычи (слой В)  
а) 100 дней б) 700 дней с) 1400 дней

Для сравнения закономерностей, полученных при моделировании, и фактических данных по отработке блока, были построены графики извлечения урана (погоризонтно), которые представлены на рисунке 4.

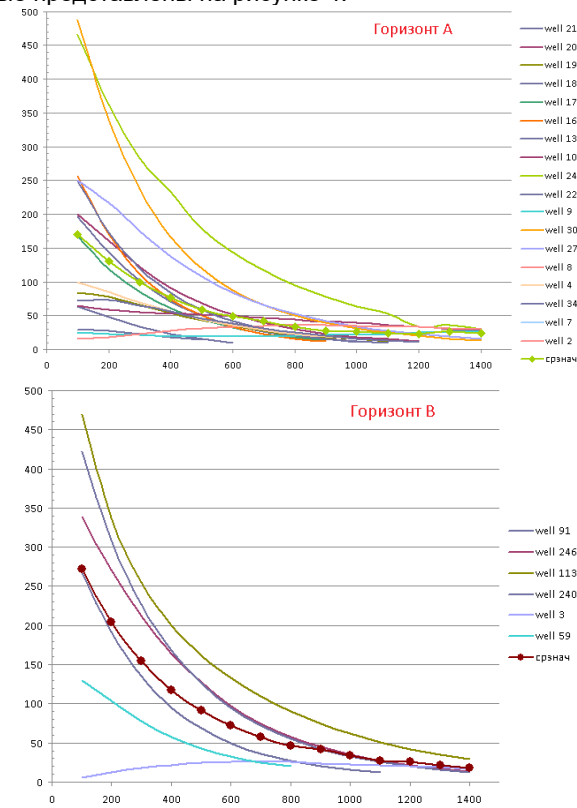


Рисунок 4. Модельные содержания урана по откачным скважинам, приуроченным к горизонтам А и В, Ось X – дни от окончания закусления, ось Y – концентрация урана в ПР

Модельная добыча показывает, что за 1 400 дней от окончания закисления (1 520 дней от начала подачи кислоты в блок), при среднем дебите откачной за все время отработки 8 м<sup>3</sup>/час, на блоке добыто 393 т урана, что не более чем на 15 % отличается от подсчитанных запасов. Фактическая концентрация (1 460 дней добычи) составила 56 мг/л, что более чем вдвое превышает модельную. В этом плане следует учитывать, что моделированию подвергнут только один блок, фактически же запущены несколько соседних блоков, в том числе те, куда был перераспределены растворы с промышленными содержаниями урана. Такое перераспределение является следствием дебаланса в северной части блока, когда закачка значительно (вдвое и более) превышает откачку по отдельным ячейкам. Этот уран – в условиях модели – можно считать потерянным, фактически же, соседние – более западные – блоки создают подпор (компрессионную воронку), который способствует уменьшению растекания богатых растворов от блока, и – более высокому содержанию урана в ПР в этой част блока – по сравнению с результатами модели.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Подземное выщелачивание полиэлементных руд – под редакцией Н.П.Лаверова – М.: Изд. Академии горных наук.-1998, с.446
2. Геотехнология урана на месторождениях Казахстана – В.Г.Языков, В.Л.Забазнов, Н.Н. Петров, Е.И.Рогов, А.Е.Рогов-Алматы, 2001, с.444
3. **Канцель А.А.** Автореферат канд дисс. Математическое моделирование динамики процесса подземного выщелачивания в неоднородном рудоносном слое. М, МГУ, 2010
4. **Голубев В.С., Кричевец Г.Н.**, Динамика геотехнологических процессов/ Москва: Недра, 1989.
5. **Кричевец Л.Н.**, Методы определения форм и площади зоны циркуляции раствора в условиях работы системы скважин// Математические методы исследований в геологии, Москва: ВИМС, 1983.
6. **Басов Я.С.**, Основные положения физико-математической модели сернокислотного скважинного подземного выщелачивания/ Москва: МГГРУ, 2005.
7. Справочник по геотехнологии урана. Под ред. Скороварова Д.И. – Москва: Энергоатомиздат, 1997.

## ТИПИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ УЧАСТКА 2 МЕСТОРОЖДЕНИЯ «БУДЕНОВСКОЕ» ПО ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИХ ОТРАБОТКИ ДЛЯ ВЫХОДА НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩНОСТЬ 3200 Т/ГОД

**Азимхан К.А., Русанов С.А., Шин В.М.**  
ТОО «Каратау», г. Алматы, Казахстан

В фундаментальной монографии /1/ приводится разработанный доктором технических наук В.Г. Языковым метод классификации или типизации пластово-инфильтрационных месторождений урана по 21 признаку и четырем их состояниям. Используя этот метод, автор в статье /2/ приводит оперативную методику по 10 признакам и трем их состояниям и расчетов для отдельных блоков действующих рудников по подземному скважинному выщелачиванию урана (ПСВ). Представленная в работе /2/ методика применима для любых гидрогенных месторождений урана и других металлов, подлежащих разработке способом ПСВ.

В октябре месяце 2016 года акционерами ТОО «Каратау» было принято решение увеличение годовой мощности с 2000 т/год до 3200 т/год в готовой продукции к 2019 году. В связи с этим необходимо было просмотреть и проанализировать все разведанные геологические блоки по категории С<sub>1</sub>. Для чего были отобраны для анализа геолого-гидрогеологические данные по 9 признакам из 11-ти. Из них 4 признака являются качественными характеристиками (состояние нижнего водоупора, литологический состав руды, морфология и положение рудного тела в водоносном горизонте) и 5 признаков – количественными показателями (таблица 1).

Рассмотрим геологические блоки категории С<sub>1</sub> участка 2 уранового месторождения «Буденовское», пригодные для отработки способом ПСВ по четырем характеристикам, пяти параметрам и трем их состояниям, принятым в таблице 1.

**Таблица 1. Таблица характерных признаков для классификации (типизации) геологических блоков категории С<sub>1</sub> месторождения «Буденовское»**

| Индекс факторов | Наименование фактора        | Характеристика условий выщелачивания   |  |   |
|-----------------|-----------------------------|--|--|---|
|                 |                             | весьма благоприятные   | благоприятные  | менее благоприятные   |
| X <sub>1</sub>  | Состояние нижнего водоупора | слоистый, непроницаемый  | прерывистый, примерно на половину  | прерывистый на большей части или отсутствует  |
| X <sub>2</sub>  | Продуктивность пласта       | более 10 кг/м <sup>2</sup>   | 5-10 кг/м <sup>2</sup>   | менее 5 кг/м <sup>2</sup>   |
| X <sub>3</sub>  | Литологический состав руды  | хорошо отсортированные песчано-гравийные отложения с примесью глинисто-алевролитовых частиц до 10 % при активной пористости > 20 % | отсортированные крупно-среднезернистые пески с примесью глинисто-алевролитовых частиц до 10-20 % при активной пористости до 20 % | не отсортированные разно-, мелкозернистые пески с содержанием глинисто-алевролитовых частиц > 20-30 %, при активной пористости < 10 % |

|       |  |   |  |  |
|-------|--|---|--|--|
| $X_4$ | Проницаемость руд  | высокопроницаемые руды с коэффициентом фильтрации более 8 м/сут | хорошо проницаемые руды с коэффициентом фильтрации 5-8 м/сутки | умеренно проницаемые руды с коэффициентом фильтрации менее 5 м/сут |
| $X_5$ | Мощность рудовмещающего горизонта  | до 10 м   | 10-20 м  | более 20 м   |
| $X_6$ | Отношение эффективной мощности продуктивного горизонта к мощности рудных тел | < 2   | 2-5%   | > 5  |
| $X_7$ | Положение рудного тела в водоносном горизонте                                | в нижней части  | в средней части  | в верхней части  |
| $X_8$ | Карбонатность пород рудовмещающего горизонта (CO <sub>2</sub> )              | < 0,5%  | 0,5-1%   | > 1%   |
| $X_9$ | Морфология рудных тел  | передовая часть рола  | средняя (мешковая) часть рола                                  | тыловая и переходная к крыльям части рола                          |

Так как в таблице 1 число количественных признаков-параметров месторождения имеют качественные характеристики  $X_1, X_3, X_7$  и  $X_9$ , то для дальнейшего их анализа введем следующую экспертную 10-бальную систему (таблица 2).

Таблица 2. Экспертные данные характеристик

|                         |           |           |           |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| $X_j \setminus X_{j,i}$ | $X_{j,1}$ | $X_{j,2}$ | $X_{j,3}$ |
| $X_1$                   | 6         | 3         | 2         |
| $X_3$                   | 8         | 4         | 3         |
| $X_7$                   | 6         | 3         | 2         |
| $X_9$                   | 10        | 5         | 3         |

Каждый признак  $X_{j,i} = \overline{1,9}; i = \overline{1,3}$  таблицы 1 является критерием для оценки условий применения технологических систем (ТС) ПСВ, поэтому здесь речь идет о многокритериальной оценке большой системы /3/. В соответствии с этим, при такой оценке, когда критерии имеют разную шкалу отсчета, т.е. свою единицу измерения, то приведем их к нормированному виду от 0 до 1 все критерии. Для этой цели имеем:

$$\left. \begin{aligned} X_{j,i} &= \frac{X_{j,i}}{\max X_{j,i}} \\ X_{j,i} &= \frac{\min X_{j,i}}{X_{j,i}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где  $j = \overline{1,9}, i = \overline{1,3}$  и  $\max X_{j,i}$  – критерий или оценка, которые должны стремиться к максимуму;  $\min X_{j,i}$  – критерий или оценка, которые должны стремиться к минимуму. Из (1) однозначно следует, что если в каждой строке  $X_j$  матрицы 1 отыскать  $\max X_{j,i}$  или  $\min X_{j,i}$  и вычислить все остальные члены, то для них:

$$0 < X_{j,i} < 1, j = \overline{1,9}, i = \overline{1,3} \quad (2)$$

Условие (2) нормирует матрицу – таблицы 1 в относительные значения критериев, которые уже не будут иметь шкалы отсчета и могут сравниваться. Такая матрица относительных значений критериев приведена в таблице 3.

Таблица 3. Матрица  $X_{j,i}$

|                         |           |              |             |
|-------------------------|-----------|--------------|-------------|
| $X_j \setminus X_{j,i}$ | $X_{j,1}$ | $X_{j,2}$    | $X_{j,3}$   |
| $X_1$                   | 10 \ 1    | 5 \ 0,5      | 3 \ 0,3     |
| $X_2$                   | 10 \ 1    | 5-10 \ 0,6   | 5 \ 0,35    |
| $X_3$                   | 8* \ 1    | 4 \ 0,5      | 3 \ 0,38    |
| $X_4$                   | 8 \ 1     | 5-8 \ 0,7    | 5 \ 0,3     |
| $X_5$                   | 10 \ 1    | 10-20 \ 0,67 | 20-30 \ 0,4 |
| $X_6$                   | 2 \ 1     | 2-5 \ 0,57   | 5-10 \ 0,26 |
| $X_7$                   | 6 \ 1     | 3 \ 0,5      | 2 \ 0,33    |
| $X_8$                   | 0,5 \ 1   | 0,5-1 \ 0,8  | 1 \ 0,5     |
| $X_9$                   | 10 \ 1    | 5 \ 0,5      | 3 \ 0,3     |

\* В знаменателях каждой клетки таблицы указаны абсолютные значения параметров в единицах измерения, приведенных в таблице 1.

Для определения типа по каждому объекту заполняется вначале таблица 1, затем она преобразуется в вырожденную матрицу относительных оценок. Причем ясно, что конкретный объект может иметь только одну из трех значений  $\{X_{j,1}; X_{j,2}; X_{j,3}\}$ . После заполнения их по всем признакам по матрице (таблица 3) получается единственный конкретный путь для базового объекта:

$$\mu_\delta = [X_{1,\delta}; X_{2,\delta}; \dots; X_{10,\delta}] \quad (3)$$

и длина его:

$$L(\mu_\delta) = \sum_{j=1}^{10} X_{j,\delta} \quad (4)$$

Величина  $L(\mu_\delta)$  определит его класс (тип).

Длина первого пути равна сумме единиц, т.е.:

$$L(\mu_1) = \sum_{j=1}^{10} X_{j,3} = 9 \text{ ед.},$$

а длина последнего пути на графе имеет величину:

$$L(\mu_n) = \sum_{j=1}^{10} X_{j,1} = 3,12 \text{ ед.}$$

Следовательно, идеальные условия разработки урана ТС ПСВ отражаются первым путем на G с длиной 9 ед., а худшие условия путем с длиной 3,12 ед. Определим разницу между длинами путей:

$$\Delta L = L(\mu_1) - L(\mu_n) = 9 - 3 = 6$$

Таким образом, по упрощенной схеме имеем дело всего с 6 классами (типами).

Произведем типизацию всех нескрытых геологических блоков категории С, по вышеуказанным признакам, для чего необходимо заполнить их значения (таблица 4) и посчитать тип блока (таблица 5).

Как видно из таблицы 5, 4 геологических блока имеют весьма благоприятные условия (наиболее перспективные) с длиной пути от 7 до 8 ед., 22 геологических блока имеют благоприятные условия с длиной пути от 6 до 7 ед., и 5 геологических блока имеют менее благоприятные условия с длиной пути от 5 до 6 ед.

Таким образом, произведена типизация (классификация) 31 геологических блоков по категории С. В представленной оперативной типизации получен тип (класс) геологического блока с помощью многокритериальной оценке поведения (сложности) большой системы. Благодаря данной типизации получена необходимая комплексная информация по 31 геологическим блокам для дальнейшего планирования горно-геологических работ.

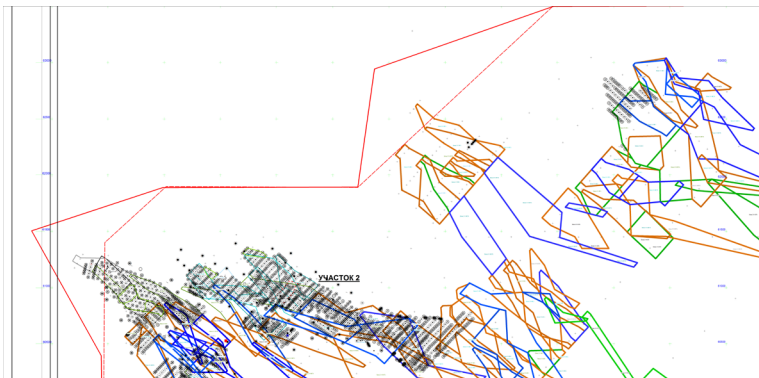


Рис. 1. Выделение геологических блоков по категории С, по благоприятности их отработки (цвет контуры соответствует цветам типа блоков таблицы 5)

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. **Язиков В.П., Забазнов В.Л., Петров Н.Н., Рогов Е.И., Рогов А.Е.** Геотехнология урана на месторождениях Казахстана. – Алматы, 2001.
2. Определение типов проектируемых блоков или участков пластово-инфильтрационных месторождений урана. - Научно-техническое обеспечение горного производства: Материалы Межд. научно-техн. конф. «Горные науки РК – Итоги и перспективы» – Алматы, 2004. – т. 68, ч. 1. – с. 339 – 343.
3. **Рогов Е.И.** Системный анализ в горном деле. – Алматы: Наука, 1976.

Таблица 4. Геологические и гидрогеологические характеристики геологических блоков

| № п/п | № блк подсчетного блока | Состояние нижнего водоупора, Х1            | Удельная порудитивно сть, кг/м2, Х2        | Литологичес кий состав, (%), Х3 | Пронцаем ость, м/сут, Х4 | Мошн, м, Х5 | Отношение эффктивной мошности к мошности рудных тел, Х6 | Положение рудного тела в водоносном горизонте, Х7 | Вещественн ый состав вмещающих пород (карбонатнос ть, %) Х8 | Морфологическая характеристика, Х9 | КАТЕГОРИЯ С1 |    |
|-------|-------------------------|--|--|---------------------------------|--------------------------|-------------|---|---|---|------------------------------------|--------------|----|
|       |                         |  |  |                                 |                          |             |   |   |   |                                    | 3            | 11 |
| 1     | 2                       | 2-1-9С1                                    | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 3,57                            | 10,73                    | 7,55        | 1,54  | в верхней части                                   | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 2     | 2-1-18С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 11,83                                      | 15,71                           | 9,96                     | 8,44        | 1,19  | в нижней части                                    | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 3     | 2-1-19С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 7,79                                       | 15,92                           | 10,20                    | 6,36        | 1,56  | в верхней части                                   | 0,18  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 4     | 2-1-21С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 9,05                                       | 11,27                           | 4,66                     | 1,19        | 1,19  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 5     | 2-1-24С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 11,04                                      | 17,72                           | 9,46                     | 6,20        | 1,13  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 6     | 2-1-25С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 6,62                                       | 15,65                           | 9,94                     | 5,68        | 1,25  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 7     | 2-1-27С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 3,67                                       | 12,34                           | 5,49                     | 1,20        | 1,20  | в верхней части                                   | 0,15  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 8     | 2-1-29С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 10,83                                      | 15,01                           | 9,61                     | 6,84        | 1,38  | в верхней части                                   | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 9     | 2-1-30С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 12,00                                      | 16,31                           | 10,65                    | 8,16        | 1,24  | в верхней части                                   | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 10    | 2-1-31С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 8,46                                       | 21,74                           | 8,73                     | 7,50        | 1,46  | в нижней части                                    | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 11    | 2-1-32С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 7,93                                       | 18,59                           | 8,61                     | 8,14        | 1,70  | в нижней части                                    | 0,22  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 12    | 2-1-33С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 7,34                                       | 18,91                           | 9,32                     | 7,65        | 1,45  | в верхней части                                   | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 13    | 2-1-34С1                | спонейт, непроицаемый                      | 14,27                                      | 18,55                           | 8,16                     | 7,74        | 1,20  | в средней части                                   | 0,33  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 14    | 2-1-35С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 8,63                                       | 18,00                           | 8,76                     | 8,57        | 1,36  | в нижней части                                    | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 15    | 2-1-36С1                | спонейт, непроицаемый                      | 10,52                                      | 17,14                           | 9,25                     | 8,65        | 1,53  | в нижней части                                    | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 16    | 2-1-37С1                | спонейт, непроицаемый                      | 14,54                                      | 17,18                           | 9,08                     | 9,11        | 1,29  | в нижней части                                    | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 17    | 2-1-38С1                | спонейт, непроицаемый                      | 6,26                                       | 17,05                           | 9,74                     | 4,58        | 1,48  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 18    | 2-1-39С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 3,97                                       | 18,48                           | 9,25                     | 6,17        | 2,03  | в верхней части                                   | 0,14  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 19    | 2-1-40С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 8,95                                       | 17,58                           | 8,93                     | 7,62        | 1,29  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 20    | 2-1-41С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 10,16                                      | 19,79                           | 9,01                     | 7,73        | 1,47  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 21    | 2-1-42С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 8,08                                       | 18,81                           | 6,97                     | 7,22        | 1,40  | в средней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 22    | 2-1-43С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 7,06                                       | 18,69                           | 8,86                     | 4,85        | 1,11  | в средней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 23    | 2-1-44С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 3,20                                       | 18,98                           | 9,66                     | 2,47        | 1,10  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 24    | 2-1-45С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 4,47                                       | 15,30                           | 9,73                     | 3,46        | 1,17  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 25    | 2-1-46С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 8,18                                       | 19,62                           | 8,54                     | 7,16        | 1,46  | в верхней части                                   | 0,10  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 26    | 2-1-47С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 6,85                                       | 17,58                           | 7,37                     | 4,30        | 1,19  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 27    | 2-1-48С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 12,55                                      | 18,56                           | 8,17                     | 10,87       | 1,50  | в верхней части                                   | 0,13  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 28    | 2-1-49С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 5,03                                       | 16,87                           | 9,59                     | 5,76        | 1,85  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 29    | 2-1-50С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 2,68                                       | 17,88                           | 6,77                     | 3,70        | 1,85  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 30    | 2-1-51С1                | преувалисый на бошшой части или отсутстует | 10,70                                      | 21,38                           | 7,61                     | 8,15        | 1,25  | в верхней части                                   | 0,12  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |
| 31    | 2-1-52С1                | спонейт, непроицаемый                      | 7,50                                       | 19,66                           | 10,03                    | 4,73        | 1,78  | в верхней части                                   | 0,09  | Мелок, крашо и останец             | 10           | 11 |

Таблица 5. Расчет типа геологических блоков по 9 признакам

| № п/п | № подсчетного блока | Состояние нижнего водоупора, Х1 | Удельная продуктивность, кг/м2, Х2 | Литологический состав, (глинистость, %), Х3 | Проницаемость, мдуг, Х4 | Мошл. прониц. отл. блока, м, Х5 | Отношение эффективности мощности к мощности рудных тел, Х6 | Положение рудного тела в водоносном горизонте, Х7 | Вещественный состав вмещающих пород (карбонатность, %) Х8 | Морфологическая характеристика, Х9 | Итого |
|-------|---------------------|---------------------------------|------------------------------------|---|-------------------------|---------------------------------|--|---|---|------------------------------------|-------|
| 1     | 2                   | 3                               | 4                                  | 5   | 6                       | 7                               | 8  | 9   | 10  | 11                                 | 12    |
|       |                     |                                 |                                    |   |                         |                                 | КАТЕГОРИЯ С1   |   |   |                                    |       |
| 1     | 2-1-19С1            | 0,30                            | 0,50                               | 0,38  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,01  |
| 2     | 2-1-18С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 0,50                               | 7,30  |
| 3     | 2-1-19С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 4     | 2-1-21С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 5     | 2-1-24С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,63  |
| 6     | 2-1-25С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 7     | 2-1-27С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 8     | 2-1-29С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,63  |
| 9     | 2-1-30С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,63  |
| 10    | 2-1-31С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,38  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 0,50                               | 6,78  |
| 11    | 2-1-32С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 0,50                               | 6,90  |
| 12    | 2-1-33С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 13    | 2-1-34С1            | 1,00                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 7,50  |
| 14    | 2-1-35С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 0,50                               | 6,90  |
| 15    | 2-1-36С1            | 1,00                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 0,50                               | 8,00  |
| 16    | 2-1-37С1            | 1,00                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 1,00  | 1,00  | 0,50                               | 8,00  |
| 17    | 2-1-38С1            | 1,00                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,93  |
| 18    | 2-1-39С1            | 0,30                            | 0,35                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 0,57   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 5,55  |
| 19    | 2-1-40С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 20    | 2-1-41С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,63  |
| 21    | 2-1-42С1            | 0,50                            | 0,60                               | 0,50  | 0,70                    | 1,00                            | 1,00   | 0,50  | 1,00  | 0,50                               | 6,30  |
| 22    | 2-1-43С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,50  | 1,00  | 0,50                               | 6,40  |
| 23    | 2-1-44С1            | 0,30                            | 0,35                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 5,98  |
| 24    | 2-1-45С1            | 0,30                            | 0,35                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 5,98  |
| 25    | 2-1-46С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,23  |
| 26    | 2-1-47С1            | 0,30                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 5,93  |
| 27    | 2-1-48С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,30  |
| 28    | 2-1-49С1            | 0,50                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,43  |
| 29    | 2-1-50С1            | 0,30                            | 0,35                               | 0,50  | 0,70                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 5,68  |
| 30    | 2-1-51С1            | 0,30                            | 1,00                               | 0,38  | 0,70                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,30                               | 6,01  |
| 31    | 2-1-52С1            | 1,00                            | 0,60                               | 0,50  | 1,00                    | 1,00                            | 1,00   | 0,33  | 1,00  | 0,50                               | 6,93  |

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА

**Асенова З.Т.**  
АО «НАК «Казатомпром», г. Астана, Казахстан

### АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены особенности и современные тенденции развития проектно-управления.

**Ключевые слова:** тенденции развития, проектное управление, project management

На современном этапе развития проектный менеджмент признается наиболее эффективным инструментом ведения дел. Количество проблем (энергетических, экологических, ресурсных, социальных) постоянно нарастает, и решить их можно только с применением и инновационных технологий и управленческих решений. Организация работы по конкретным замыслам свойственна большинству зарубежных компаний и все активнее внедряется в Казахстане, и не только в бизнесе, но и в государственных органах.

Проектный менеджмент характеризуется такими особенностями:[6]

- Ориентированность на конкретный результат. Все действия, выполняемые во время внедрения идеи, взаимосвязаны и направлены на достижение заранее установленной цели. Важна именно завершенность, если происходит совершение каких-то процессов без осязаемого результата – то это не проект.
- Ограниченность в наличных ресурсах. Как правило, любая инициатива реализуется с учетом имеющихся ресурсов, в первую очередь финансовых, человеческих и временных. Всегда устанавливается точный или приблизительный срок завершения всех работ, а также составляется смета и график реализации.
- Уникальность. Имеется в виду то, что предполагается впервые выпустить какой-либо продукт или внедрить новую услугу.

Проектирование – это мероприятия по составлению и разработке начинания от возникновения концепции до воплощения ее в реальность. Для воплощения идеи в жизнь составляется план, который представляет собой сценарий всех последующих действий с разбивкой по временным отрезкам и осуществляемым процессам. Процессы могут проводиться как параллельно, независимо друг от друга, так и в тесной взаимосвязи. Инновационные разработки требуют глубоких знаний в разных сферах человеческой деятельности: экономике, строительстве, финансах, работе с людьми. Реализация идеи всегда влечет за собой определенные изменения, а чтобы ими качественно управлять, назначается человек, имеющий специфические знания – проектный менеджер.

Можно сказать, что проектный менеджмент – это профессиональная деятельность человека, суть которой состоит в том, чтобы использовать самые современные



знания, методы, средства, технологии для оптимального распределения ресурсов и воздействия на людей с целью достижения требуемого результата. Традиционное операционное управление не способно оперативно изменяться и интегрироваться в стремительно развивающиеся и изменяющиеся условия внешней среды.

Проектное управление производится исходя из этапов жизненного цикла начина: [2]

- Инициация (предварительное оценивание сроков, необходимых ресурсов, постановка задач и анализ рисков).
- Планирование (поиск инвестора, расчет бюджета, целевых показателей, рисков и расписания действий).
- Реализация (контроль над выполнением плана и достижением промежуточных результатов, поэтапное финансирование, внесение необходимых изменений в план).
- Закрытие (оценка степени выполнения поставленных задач, потраченного времени, прибыльности замысла, работа над ошибками).

Использование проектного менеджмента (Project management) в международной практике является инструментом реализации новаторских замыслов и высокоэффективной технологией управления в нестабильных и неопределенных системах, которые быстро развиваются и изменяются. Это в первую очередь относится к налоговым, законодательным, ресурсным системам. Применяя такую систему управления, можно разрешить сложные проблемы производственного, научного и социального характера.

Project management - это синтетическая дисциплина, которая объединяет как профессиональные, так и специальные знания. Последние иллюстрируют особенности той области, к которой относится начинание (строительство, экология, исследования, образование). Однако большое значение имеет изучение и анализ закономерностей, свойственных реализованным идеям из разных направлений человеческой деятельности. [3]

К традиционным функциям проектного управления можно отнести:

- целеполагание (формирование замысла, его инициация и разработка концепции);
- планирование (создание четкой структуры и последовательности выполнения процессов, взаимосвязей между ними, календарное планирование работ, контрактов, поставок ресурсов);
- организация (выполнение утвержденного плана, создание офиса и формирование команды, обмен информацией, заключение и сопровождение контрактов, размещение заказов на товары и услуги);
- мотивация (разработка и внедрение системы стимулирования всех участников работ);
- контроль (подготовка и подача отчетности о ходе работ, мониторинг стоимости и сроков выполнения, контроль качества, изучение мероприятий по уменьшению рисков, выполнения договоров).

К функциям общего (традиционного) менеджмента относятся:

- стабилизация существующего состояния;
- четко ограниченный круг задач для выполнения;
- полномочия утверждены управленческой структурой;
- работа проводится в устойчивых организационных структурах;
- ответственность определена прописанными функциями
- определение успеха – достижение определенных промежуточных результатов;
- низкий уровень изменчивости условий работы.

Исходя из вышеперечисленных факторов, можно сделать вывод, что главные признаки функционального управления – это стабильность и предсказуемость.

Принципы же проектного управления отличаются от функционального: [5]

- деятельности свойственна неопределенность, идет постоянная работа с изменениями;
- полномочия могут быть четко не распределены;
- круг задач может меняться в зависимости от различных факторов воздействия;
- задания могут быть межфункциональными, но в рамках проектного цикла;
- деятельность направлена на инновации;
- разрешение конфликтов – одна из важнейших задач;
- результативность определяется по достижению конечной цели.

Следовательно, управление такого типа направлено на то, чтобы в нестабильных условиях выйти на требуемый результат за определенный отрезок времени с ограниченным ресурсом. Для этого необходимо подобрать и организовать работу высококвалифицированного персонала, а также внедрять новые технологии и управленческие решения.

Вместе с тем, нельзя полностью противопоставлять друг другу эти две управленческие системы. Они могут пересекаться и взаимно дополнять друг друга. Так, например, в общем управлении существует ряд основополагающих понятий, которые должен знать каждый грамотный проектный менеджер.

Поскольку проекты становятся всё сложнее, для их успешной реализации потребуются более тесное взаимодействие заказчиков, менеджеров и проектной команды. Большое значение также будут иметь обучение на рабочем месте, индивидуальный подход, инновационные средства разработки и эффективное управление ресурсами. Изменилось даже само определение «успешного проекта», которое стало шире трех традиционных аспектов: сроки, стоимость и объем. Вот несколько главных тенденций в управлении проектами, которые были определены топ-менеджерами и экспертами компании ESI International. [4]

1. Будет развиваться управление программами, но в условиях ограниченных ресурсов. В настоящее время крупномасштабные инициативы корпораций и правительственных организаций, для успешной реализации которых требуются специалисты широкого профиля и соответствующие инструменты и методы, стали называть не проектами, а программами. При этом многие компании при подборе специалистов не обращают внимания на отсутствие у них навыков управления, необходимых для достижения успеха. Ожидается больше инве-

- стиций в компетентностные модели обучения, разработку методологии и инструментария, чтобы подготовить профессионалов, которых можно будет с уверенностью назвать руководителем программы.
2. Решения для совместной работы станут главным инструментом проектных команд. При реализации проектов будет активно использоваться ПО коллективного пользования, такое как SharePoint. Усложнение и виртуализация проектов, а также сокращение бюджетов требуют более эффективных способов управления обменом информацией и процессом работы команды. В управлении проектом главную роль играет взаимодействие, поэтому наличие сайта, который позволяет создавать продукт разработки посредством общего доступа через Интернет, и в котором реализованы такие функции как автоматическое распространение, рассылка уведомлений, управление версиями и аутентификация пользователей, значительно повышает производительность команды.
  3. Обучение будет востребовано, но станет более прикладным по структуре. Эффективный процесс передачи знаний по-прежнему волнует начальников отделов управления проектами и специалистов по обучению и развитию. Они хотят, чтобы менеджер проектов, прошедший обучение, был готов применять полученные знания на практике при реализации проекта. Не смотря на то, что непрерывное обучение — отличная идея, компании не планируют вкладывать средства в формальный процесс обучения без реального внедрения его результатов. А это может быть достигнуто только при структурном подходе.
  4. Гибкая методология разработки в сочетании с методом водопада дадут новый «гибридный» подход. После принятия Agile Manifesto гибкая методология разработки ПО стала использоваться многими компаниями. Однако реализация данного подхода в экспериментальных проектах или в проектах с большим количеством участников вызывает ряд затруднений. Для того чтобы компании могли полностью принять основные принципы гибких методов, проектным командам нужно создать свой собственный гибридный подход, сочетающий традиционные и гибкие методы разработки. В таких областях, как планирование, спецификация и обмен информацией внутри команды, компании используют собственные опробованные методологии.
  5. Инвестиции в проект потребуют тесного взаимодействия управления проектами и управления бизнес-процессами. В сфере финансовых услуг, в частности в страховании, пристальное внимание будет уделяться эффективности бизнес-процессов с целью снижения расходов. Философия бизнес-процессов становится ключевым фактором при отборе проектов. Рейтинг нового проекта в значительной степени будет определяться тем, какое влияние он окажет на бизнес-процессы компании и, прежде всего, на снижение внутренних расходов. Таким образом, «умные» деньги будут потрачены на снижение издержек. Учитывая сколько внимания, уделяется эффективности процессов в рамках проектов, менеджер проектов должен быть хорошо знаком с управлением бизнес-процессами.
  6. Внутренняя сертификация заменит PMP сертификаты. Во всем мире выдано около 470 000 сертификатов Project Management Professional (профессионал в управлении проектами), которые остаются самыми известными и распространенными сертификатами. Тем не менее, они уже не самые престижные, их затмили внутренние сертификаты корпораций. PMP сертификат по-прежнему значим, но уже не так, как раньше.

7. Хорошие менеджеры проектов останутся востребованными на рынке труда. Не смотря на рост безработицы во многих странах, хороших менеджеров проектов найти очень трудно. Они были востребованы даже в период экономического кризиса, поскольку компаниям всегда нужны люди, которые могут безупречно выполнять свою работу. Продолжит расти спрос на менеджеров проектов, особенно в таких странах, как Индия и Китай, где особенно остро ощущается нехватка этих специалистов.
8. Управление проектами будет ориентироваться на удовлетворенность клиента. Многие годы успешность проектов определялась их стоимостью, временем реализации и объемом. И хотя эти аспекты по-прежнему актуальны, их больше недостаточно для оценки успешности проекта. Сюда добавились такие показатели как риски и качество, кроме того, прослеживается четкая тенденция оценки проекта по его значимости для компании. Согласно новому определению успешным будет проект даже с превышенными сроками и сметой расходов, если таковым его считает клиент. Сегодня ценность проекта определяется «заказчиком», а не «исполнителем».

С годами профессия проектного менеджера эволюционировала из нишевой, технической дисциплины во всеохватывающий подход к решению сложных задач. Несмотря на то, что пост-индустриальное мышление всё ещё руководствуется принципом функционального разделения, проектный подход завоевал глобальную популярность благодаря скорости и адаптивности метода.

Ожидается, что к 2020 году в мире будет создано 1,57 млн. рабочих мест, связанных с проектным управлением. Вместе с тем, требования к кандидатам на этом месте постоянно меняются. «Умные» организации отслеживают эти тренды, чтобы опережать своих конкурентов.

Развитие дисциплины проектного управления создаёт потребность в новых навыках, позволяющих адаптироваться к быстро меняющемуся рабочему окружению. «Умные» организации снабжают своих руководителей набором умений и инструментов, позволяющих управлять проектами и изменениями более гибко, и вместе с тем, более определенно. Такие руководители управляют проектами руководствуясь стратегическим видением организации и видят целостную картину деятельности компании, при этом разбираясь в деталях проектов.

Проектное управление – больше не изолированная дисциплина для решения узкого спектра проблем. Сейчас проектный подход вышел на первый план бизнес-практик, его адаптируют для различных областей, включая непрофессиональные, создаются стандарты и методики. Компании, которые стремятся стать лидерами в своих областях, понимают это и развивают проектное управление у себя любыми способами.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. **Матвеева Л.Г.** Управление проектами. – Ростов н/Д.: Феникс, 2017. - 423 с.
2. **Попов Ю.И.** Управление проектами. – М.: ИНФРА-М, 2016. - 208 с.
3. **Романова М.В.** Управление проектами. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2017. - 253 с.
4. **Тебекин А.В., Сурат И.Л.** К вопросу о развитии методологии проектного

управления инновационной деятельностью в системе высшего профессионального образования // Инновационная экономика № 6, 2012.

5. **Туккель И.Л.** Управление инновационными проектами. – СПб.: БХВ-Петербург, 2015. - 396 с.
6. **Фунтов В.Н.** Основы управления проектами в компании. – СПб.: Питер, 2017. – 394 с.

## ВНЕДРЕНИЕ АНГЛО-АМЕРИКАНСКОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ В КВАЗИГОСУДАРСТВЕННОМ СЕКТОРЕ КАЗАХСТАНА, НА ПРИМЕРЕ КАЗАТОМПРОМ

**Абдрахманов Т.К.**

ТОО «Самрук-Казына Контракт», г. Астана, Казахстан

Статья посвящена изучению опыта внедрения англо-американской модели корпоративного управления в квазигосударственном секторе Казахстана.

**Ключевые слова:** *корпоративное управление, развивающиеся страны, эффективность, главный исполнительный директор, национальные компании, корпорация.*

Мақала Қазақстанның квазимемлекеттік секторында корпоративтік басқарудың ағылшын-американдық моделін енгізу тәжірибесін зерттеуге арналған.

**Маңызды сөздер:** *корпоративтік басқару, дамушы елдер, тиімділік, бас атқарушы директор, ұлттық компаниялар, корпорация.*

The article is devoted to studying the experience of introducing the Anglo-American model of corporate governance in the quasi-public sector of Kazakhstan.

**Keywords:** *corporate governance, developing countries, efficiency, chief executive officer, national companies, corporation.*

В октябре 2014 года Президент Республики Казахстан, выступая на форуме по запуску программы трансформации АО «Фонд национального благосостояния «Самрук-Казына», отметил, что «Программа трансформации Фонда основана на опыте реализации аналогичных преобразований ведущих фондов мира. Она предусматривает несколько целей. Во-первых, это увеличение стоимости компаний Фонда, во-вторых, повышение эффективности управления портфелем, в-третьих, четкое распределение ответственности между Правительством, Советом директоров, Правлением Фонда, а также между Фондом и его портфельными компаниями». [1]

Достижение этих целей требовало пересмотр текущей системы корпоративного управления как в самом Фонде Самрук-Казына, так и в портфельных компаниях. С целью соответствия лучшим мировыми практикам были привлечены консультанты из Большой четверки (Big 4), консалтинговые компании McKinsey, BCG и другие, которые инициировали множество проектов, в том числе по совершенствованию системы корпоративного управления и внедрению англо-американской модели с учетом особенностей развивающихся рынков.

Считается, что англо-американская модель, направленная на рост акционерной собственности, неприменима в развивающихся странах из-за особенностей структуры собственников. Например, в Казахстане акционером Фонда Самрук-Казына

является Правительство Республики Казахстан. В некоторых азиатских странах причинами называют большую долю компаний, контролируемых семьями или кланами, в постсоветских странах в пример приводят крупные компании, контролируемые одним собственником, который и занимается оперативным руководством. Вместе с тем, результаты проведенного консалтинговой компанией McKinsey исследования корпоративного управления на развивающихся рынках показали, что создание системы корпоративного управления прямо пропорционально финансовой выгоде. Глобальные и локальные акционеры инвесторы готовы платить значительно больше за акции компаний, в которых всетаки выдерживаются жесткие стандарты корпоративного управления. [2]

**Потенциал увеличения капитализации в результате совершенствования одного из элементов корпоративного управления, %**

| Страна      | Отрасль                                     | Эффект |
|-------------|---|--------|
| Индия       | Химическая                                  | 10,6   |
|             | Текстильная                                 | 12,4   |
| Южная Корея | Автомобильное оборудование и запасные части | 10,0   |
|             | Текстильная                                 | 9,8    |
| Малайзия    | Строительные материалы                      | 10,4   |
|             | Машиностроение и строительство              | 10,0   |
| Мексика     | Пищевая                                     | 11,8   |
|             | Розничная торговля                          | 11,8   |
| Тайвань     | Электроника                                 | 10,7   |
|             | Пищевая                                     | 10,7   |
| Турция      | Строительные материалы                      | 12,0   |
|             | Пищевая                                     | 12,2   |
|             | Текстильная                                 | 11,8   |

Источник: McKinsey & Company.

Основными владельцами денежных ресурсов компаний этих стран являются частные и институциональные инвесторы. Они готовы к принятию рисков и ориентированы на краткосрочные цели получения дохода за счет курсовой разницы. Инвесторы мониторят систему корпоративного управления, и, что очень важно, стоимость акций в конечном итоге зависит от качества данного управления. Фондовый рынок является высоколиквидным, и через него происходит переход контроля над крупными компаниями.

Следует отметить, что согласно программе Трансформации Фонда Самрук-Казына, приоритетным направлением было: изменить структуру портфеля и подход к инвестициям; упростить структуру владения в Группе компаний Фонда; привлечь внешних инвесторов и вывести непрофильные активы из портфеля; внедрить активный подход и новую стратегию инвестирования [4].

Высшим органом управления компанией в англо-американской системе является

Согласно анализу McKinsey (рис.1), внедрение современной системы корпоративного управления в развивающихся странах приносит значительный эффект с точки зрения увеличения стоимости компании.

Основной целью трансформации Фонда Самрук-Казына и её портфельных компаний является увеличение экономической стоимости компаний [3], поэтому консалтинговыми компаниями были разработаны программы, предусматривающие переход на эффективную корпоративную структуру, принимая за основу англо-американскую модель.

Англо-американская система корпоративного управления характерна для таких стран, как США, Великобритания, Австралия, Канада.

общее собрание акционеров, которое проводится, как правило, один раз в год. Акционеры осуществляют управление через участие в голосовании по вопросам выбора директоров или принятия важных для деятельности корпорации решений. Однако данные собрания в связи с большой распыленностью акций носят больше формальный характер, поскольку основным органом в данной модели корпоративного управления является орган управления - Совет директоров. Он выполняет функции управления, распоряжается всей деятельностью акционерного общества, защищает интересы акционеров, обеспечивает качество корпоративного управления и несет ответственность за нее перед собранием акционеров и контролирующими государственными органами. Члены Совета директоров несут ответственность по всем делам корпорации, а в случае банкротства могут даже привлекаться к административной и уголовной ответственности. Количественный состав совета директоров определяется потребностями эффективного управления.

Как показывает лучшая мировая практика управления компаниями, в состав совета директоров должны входить внутренние и независимые (внешние) директора. Внутренние члены совета директоров одновременно являются исполнительными директорами и менеджерами компании. Независимые директора – это лица, не имеющие интересов в компании и которые могут влиять на объективное принятие решений для развития компании, а также имеющие большой опыт управления в той или иной отрасли. Независимых (внешних) директоров должно быть больше одного. Но их должно быть не больше половины, поскольку руководство компанией должно быть в руках тех, кто ею управляет. Все директора (внутренние и внешние) несут равную ответственность по делам компании, за что и получают соответствующее вознаграждение.

Практика показывает, что проблемой однозвенной структуры с преобладанием большинства местных внутренних директоров является контроль собственного бизнеса. Решением данного вопроса является расширение состава независимых директоров. Таким образом, внутренний директор как бы «играет две роли»: одна – менеджера определенного направления бизнеса, другая - директора, ответственного за руководство компаний. Самое главное для них – не чувствовать себя менеджером на заседании Совета директоров, а наоборот, быть настоящим ответственным руководителем - менеджером.

В компетенцию Совета директоров входит подбор и назначение президента Компании, главного администратора, вице-президентов, казначея и других топ-менеджеров компании, которые предусмотрены в уставе компании. Главный администратор (CEO), как правило, имеет больше полномочий и подотчетен непосредственно совету директоров и собственникам-акционерам компании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

В Фонде Самрук-Казына и портфельных компаниях, таких как КазМунайГаз, КазАтомПром, КТЖ, Самрук-Энерго, приняты новые структуры корпоративного управления. Новые структуры соответствуют лучшим мировым практикам. Например, в компании Казатомпром обновленная структура выглядит следующим образом [5]:

## ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЗНАНИЙ

Жданова Н.А.

Ассоциация «Ядерное общество Казахстана», г. Астана, Казахстан

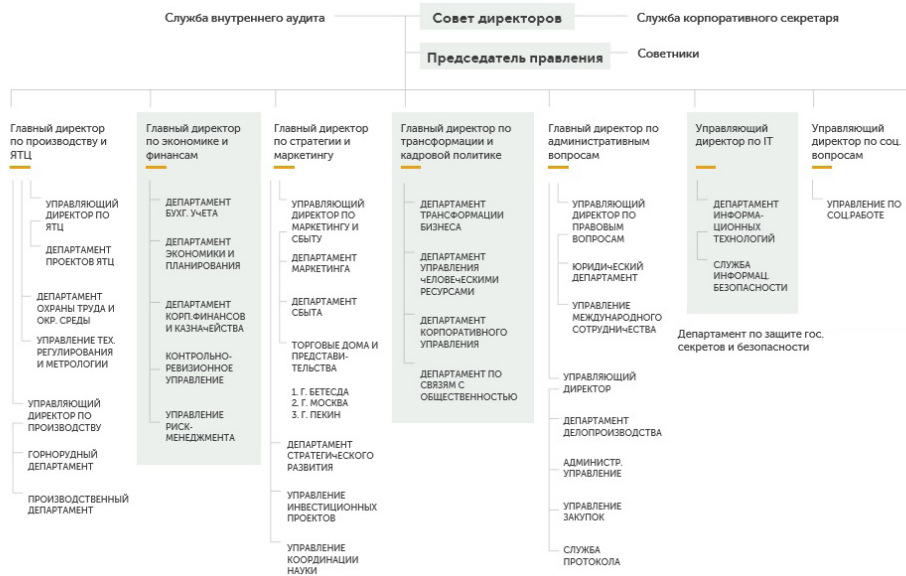
Очевидно, что каждая стадия жизненного цикла для своего информационного обеспечения требует применения специальных средств описания и идентификации понятий. Одним из концептуально важных объектов сложной системы является примененная в его реализации технология. В современном представлении «...технология - это кодифицированные знания о технофактах и способах их создания. Технология представляет собой сложный объект, который может включать в себя другие технологии». В общем случае, любая технология – это реализованные знания. Таким образом, можно говорить, что управление явными знаниями – это средство повышения эффективности реализации технологий. Ядерные технологии, очевидно, включают в себя знания из предметной области «ядерные знания». В 2002 г. Генеральная конференция МАГАТЭ приняла резолюцию «Ядерные знания», которая была повторена на Генеральной конференции 2003 г. В отличие от неявных знаний (интеллектуального потенциала), технологические знания должны иметь средства, позволяющие их зафиксировать, описать, идентифицировать и надежно передать от одного субъекта производства – другому (например, от правообладателя на их применение – к исполнителю или эксплуатирующему субъекту).

Практика реализации функций управления знаниями для сложных технических систем показывает, что носителями явных знаний могут выступать следующие объекты:

- традиционные «бумажные» документы (их аутентичные электронные копии), такие как нормативные тексты, «плоские» чертежи, принципиальные схемы управляющих систем и т.п., т.е. «коллекции символов, несущих определенный смысл только для человека, знакомого с алфавитами из которых они составлены»;
- файлы данных, сформированные компьютерными системами, содержащие информацию, которая может быть либо использована непосредственно компьютерными системами для управления или реализации predetermined процедур (числовые таблицы, электронные описания конструкций, числовые базы данных, и т.п.), либо специально преобразована для восприятия человеком;
- мультимедийные файлы, обрабатываемые компьютерными системами, но предназначенные специально для восприятия человеком.

Общим для этой разнородной совокупности данных с точки зрения задач управления знаниями является необходимость их уникальной кодификации, то есть специальному приписыванию каждому отдельному объекту уникального машиночитаемого идентификатора, позволяющего информационно-поисковым системам однозначно выбрать отдельный объект среди совокупности похожих.

Принципиальным отличием такого «знаниевого» подхода от традиционных информационно-поисковых средств, распространенных в интернете, является:



В части корпоративного управления в Фонде Самрук-Казына реализуется 6 проектов: новый кодекс корпоративного управления, новая методика диагностики корпоративного управления, повышение эффективности Советов директоров, внедрение принципов устойчивого развития, политика и стандарты раскрытия информации, улучшение подготовки годовых отчетов [6].

Таким образом, проводимая по поручению Президента Республики Казахстан Трансформация Фонда «Самрук-Казына» включает в себя глубокое изучение и реализацию на практике лучшего передового опыта корпоративного управления. В свою очередь, проводимая политика в данном направлении способствует повышению эффективности деятельности квазигосударственного сектора.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Текст выступления Президента Казахстана Н.Назарбаева на форуме по запуску программы трансформации АО «Фонд национального благосостояния «Самрук-Казына» [www.akorda.kz](http://www.akorda.kz)
2. Отчет компании McKinsey, investors review 2015.
3. Программа трансформации АО «ФНБ «Самрук-Казына».
4. Презентация программы трансформации Фонда Самрук-Казына <https://sk.kz/investors/transformation/>.
5. <http://www.kazatomprom.kz/ru/structure>.
6. Отчет по результатам программы трансформации АО «ФНБ «Самрук-Казына».

Во-первых, требование обеспечения уникальности идентификации (т.е. исключения возможности выдачи поисковым механизмом сообщений типа «по запросу найдено 22 352 документа»),

Во-вторых, система кодификации должна обеспечивать идентификацию сущностей хранимых в системе знаний, а не их символического отображения (т.е., например, слова «изотоп» и «нуклид» должны быть кодифицированы таким образом, чтобы при поиске они могли восприниматься как синонимы, а, например, слово «напряжение» в электротехническом контексте должно быть отличимо от того же слова в контексте, описывающем механические свойства конструкционных материалов, чего в принципе не могут позволить традиционные информационно-поисковые системы);

В-третьих, средства кодификации должны обеспечивать возможность некоторого «содержательного» единства кодификации фактографических и нетекстовых объектов, например, кодифицировать чертеж или таблицу таким образом, чтобы они могли быть либо явно использованы в дальнейшем компьютерной программой (например, она могла бы сложить два числа таблицы, что в принципе невозможно в случае символического представления числа в традиционном документе). Либо эти объекты должны быть представлены человеку таким образом, чтобы он мог сделать аналогичную процедуру самостоятельно.

Перечисленные выше требования к функциям управления знаниями позволяют специалистам сформулировать облик соответствующих систем.

«Специфика» предметной области проявляется в том, что объект знаний для ядерно-технологической области знаний должен обладать, в соответствии с экспериментальными работами, следующими свойствами:

- быть компактным – т.е. не требовать дополнительного контекста для своего дальнейшего использования;
- быть достоверными – т.е. должен содержать в себе все необходимые сведения для потенциального пользователя, которые позволят ему применить объект в своей практической деятельности;
- быть верифицируемым – т.е. потенциальный пользователь должен иметь возможность проверить его достоверность в любой текущий момент;
- быть достаточно и необходимо специфицированным, т.е. информация, содержащаяся в объекте, должна быть описана таким образом, чтобы потенциальный пользователь мог безошибочно использовать компоненты объекта в своей практической деятельности (например, явно и правильно использовать числовые таблицы, если они содержатся в объекте);
- быть актуализируемым – т.е. допускать модификации, отражающие уточнение представляемых знаний, которые могут возникнуть в результате появления новых знаний;
- быть защищенным – т.е. допускать возможность охраны авторских прав и прав интеллектуальной собственности;
- быть идентифицируемым по принадлежности к отечественной системе тематической рубрикации (ГРНТИ) и международной системе ядерных знаний, - т.е. идентифицирующие его атрибуты должны отражать практику мирового про-

фессионального сообщества, в первую очередь – системы ИНИС МАГАТЭ и рекомендаций секции «Управление ядерными знаниями» МАГАТЭ, так же как это принято, например, в отношении рекомендаций МАГАТЭ по безопасности использования ядерных технологий [1].

Свойства объекта, в котором эти требования были бы реализованы, как и сам их состав, необходимо обсуждать и искать пути оптимальной реализации в информационных системах. Безусловно первостепенным, однако, является обеспечение уникальной идентификации каждого такого объекта, на таком же уровне, как это делается в системах архивного документооборота.

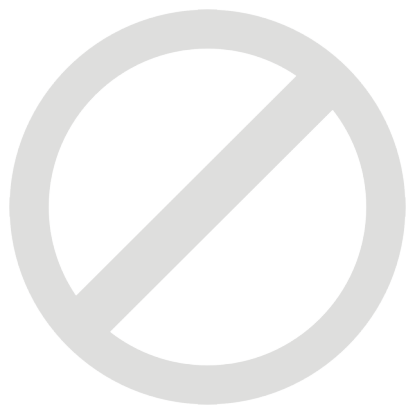
## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. IAEA-TECDOC-1305, 2002, Safe and effective nuclear power plant life cycle management towards decommissioning.
2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ УСТАНОВОК И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ № GS-R-3, Требования безопасности МАГАТЭ, ВЕНА, 2008, STI/PUB/1252
3. Управление рисками, связанными с потерей знаний в организациях ядерной промышленности (RISK MANAGEMENT OF KNOWLEDGE LOSS IN NUCLEAR INDUSTRY ORGANIZATIONS), STI/PUB/1248, IAEA, Vienna, 2006
4. ГОСТ 7.25-2001 «Тезаурус информационно-поисковый одно-язычный. Правила разработки, структура, состав и форма представления»
5. IAEA-ETDE/INIS-1 (Rev. 1) (ISBN:92-0-105604-4) 1162 pp.
6. **Виктор Мурогов.** Инновационные технологии и риск ядерного распространения, AtomInfo.Ru, 24.09.2012
7. Promotion of Efficiency and Effectiveness of the IAEA Decision Making Process
8. Report by the Director General, GC(60)/DEC/11
9. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005, СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ, Процессы жизненного цикла систем ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ISO/IEC TR 19760 Проектирование систем — Руководство по применению ISO/IEC 15288 (Процессы жизненного цикла системы).

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| РАЗВИТИЕ УРАНОДОБЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ<br><i>Арапов А.М., Бектурсынов К.Т.</i> .....   | 3  |
| РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО<br>ЩЕЛЕВОГО ФИЛЬТРА С РАЗЛИЧНОЙ ГРАВИЙНОЙ ОБСЫПКОЙ<br>В КОЖУХЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН<br><i>Ниязов Т.А.</i> .....   | 11 |
| ПЕРСПЕКТИВЫ УРАНОНОСНОСТИ АККУМ-ЯНЫКУРГАНСКОЙ ПЛОЩАДИ<br><i>Уезбаев Т.Н., Рахметова А.</i> .....  | 15 |
| ДИФФЕРЕНЦИРОВАННАЯ ПОДАЧА КИСЛОТЫ В ЯЧЕЙКИ БЛОКА<br><i>Яценко А.А.</i> .....  | 22 |
| РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧИСЛА<br>ДЕЛЕНИЙ ЯДЕР <sup>235</sup> U НЕЙТРОНАМИ ПО ИЗМЕРЕННОЙ АКТИВНОСТИ<br>РАДИОНУКЛИДОВ - ПРОДУКТОВ ДЕЛЕНИЯ<br><i>Медетбеков Б.С., Алейников Ю.В., Попов Ю.А.</i> .....          | 25 |
| ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПОДЗЕМНОГО<br>СКВАЖИННОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ<br>«МОИНКУМ» УЧАСТКОВ № 1 «ЮЖНЫЙ» И № 2 «ТОРТКУДУК»<br><i>Накатаев М.</i> .....   | 33 |
| ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ<br>ИЗ ГРУНТОВ РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ<br>СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА<br><i>Богатырёва Т.Ю., Айдарханова А.К., Лукашенко С.Н.</i> .....                            | 39 |
| ПО СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЛОКИРОВКАМИ<br>УЗЛА АФФИНАЖА НА БАЗЕ ПТК<br><i>Мурзахметов С.Б.</i> .....  | 44 |
| ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ<br>СОДЕРЖАНИЯ ПРИМЕСЕЙ В ОБРАЗЦАХ ГРАФИТА, БЕРИЛЛИЯ<br>И ЦИРКОНИЯ МЕТОДОМ ИНАА НА РЕАКТОРЕ ИВГ.1М<br><i>Медетбеков Б.С., Алейников Ю.В., Попов Ю.А., Кожыханов С.Б.</i> ..... | 48 |
| РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КОРИУМА И ОГНЕУПОРНЫХ<br>БЛОКОВ ЛОВУШКИ РАСПЛАВА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ<br><i>Рамазанова К.М., Зуев В.А., Гановичев Д.А., Хажидинов А.С., Акаев А.С.</i> .....                               | 56 |
| ОЦЕНКА РАДИОНУКЛИДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ<br>ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ТЕРРИТОРИИ БЫВШЕГО<br>СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА<br><i>Мамырбаева А.С., Айдарханова А.К., Актаев М.Р., Лукашенко С.Н.</i> .....                      | 64 |

|  |     |
|--|-----|
| ВЫЯВЛЕНИЕ УЧАСТКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ГРУНТОВЫХ ВОД<br>ТЕХНОГЕННЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ В МЕСТАХ ПРОВЕДЕНИЯ<br>ПОДЗЕМНЫХ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ<br>(НА ПРИМЕРЕ ПЛОЩАДКИ «БАЛАПАН» СИП»)<br><i>Пронин С.С.</i> .....                 | 70  |
| ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ<br>ТЕХНОЛОГИИ ТОО «КЫЗЫЛКУМ»<br><i>Оралбек Ж.О.</i> .....   | 80  |
| УРОВНИ СОДЕРЖАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ РАДИОНУКЛИДОВ В<br>ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ НА СЕМИПАЛАТИНСКОМ<br>ИСПЫТАТЕЛЬНОМ ПОЛИГОНЕ<br><i>Круглыхин А.А., Лукашенко С.Н., Ляхова О.Н., Турченко Д.В.</i> .....                         | 84  |
| РАДИОАКТИВНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ СОСНОВОГО БОРА ПРИИРТЫШЬЯ<br>В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ НА СИП<br><i>Каменова И.Н., Лукашенко С.Н., Ларионова Н.В., Айдарханов А.О.</i> .....                           | 90  |
| НАПРАВЛЕНИЕ РАБОТ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ<br>ПРОИЗВОДСТВА ТОО «РУ-6»<br><i>Байназаров Б.</i> .....   | 98  |
| РАЗРАБОТКА УСТАНОВКИ «КОРИНА-2»<br><i>Қизатов А.С., Сапатаев Е.Е., Каражигитов Д.Б.</i> .....  | 106 |
| МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ<br>МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДОБЫЧИ<br>УРАНА<br><i>Мирзабек Г.А., Матаев М.М., Калтаев А.Ж., Мырзабек Қ.Ә.</i> .....  | 112 |
| ТИПИЗАЦИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ БЛОКОВ УЧАСТКА 2 МЕСТОРОЖДЕНИЯ<br>«БУДЕНОВСКОЕ» ПО ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИХ ОТРАБОТКИ ДЛЯ<br>ВЫХОДА НА ПРОИЗВОДСТВЕННУЮ МОЩНОСТЬ 3200 Т/ГОД<br><i>Азимхан К.А., Русанов С.А., Шин В.М.</i> ..... | 119 |
| СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОЕКТНОГО МЕНЕДЖМЕНТА<br><i>Асенова З.Т.</i> .....  | 125 |
| ВНЕДРЕНИЕ АНГЛО-АМЕРИКАНСКОЙ МОДЕЛИ КОРПОРАТИВНОГО<br>УПРАВЛЕНИЯ В КВАЗИГОСУДАРСТВЕННОМ СЕКТОРЕ<br>КАЗАХСТАНА, НА ПРИМЕРЕ КАЗАТОМПРОМ<br><i>Абдрахманов Т.К.</i> .....   | 131 |
| ПРОБЛЕМЫ ОПИСАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ<br>ЯДЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ЗНАНИЙ<br><i>Жданова Н.А.</i> .....  | 135 |



Формат 148x210 мм  
Гарнитура Arial, кегль 9  
Тираж 300.

Дизайн и верстка: Алиев С.А.

Отпечатано в типографии:  
ТОО «Типография Форма Плюс», г. Караганда,  
ул. Молокова, дом №106, корпус 2. КНП 710.