

УДК 621.039

## КУЛЬТУРА БЕЗОПАСНОСТИ В ТЕХНОЛОГИЯХ ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ ЯДЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ

<sup>1)</sup> Горин Н.В., <sup>1)</sup> Краев В.С., <sup>1)</sup> Смирнов В.Г., <sup>2)</sup> Васильев А.П., <sup>3)</sup> Андреюк А.Н., <sup>3)</sup> Буренков С.В., <sup>4)</sup> Куценко В.М.

<sup>1)</sup> Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ технической физики им. академика Е.И. Забабахина», Снежинск, Россия

<sup>2)</sup> АО НИКИЭТ им. Н.А. Доллежалея, Москва, Россия

<sup>3)</sup> Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский Федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики», Саров, Россия

<sup>4)</sup> Госкорпорация «Росатом», Москва, Россия

Продемонстрирована культура безопасности при ликвидации ядерного наследия от оборонных и гражданских программ бывшего СССР на примерах трех разных технологий обращения с отходами ядерной деятельности и ядерным топливом, осуществленных РФЯЦ-ВНИИТФ совместно с РФЯЦ-ВНИИЭФ, ОАО РИ, АО НИКИЭТ и Национальным ядерным центром Республики Казахстан. Рассмотрен вывоз топлива исследовательских реакторов НЯЦ РК в Россию. Обсуждены особенности ликвидации доступа к отходам ядерной деятельности на бывшем Семипалатинском полигоне в интересах режима нераспространения. Показана организация работ по вывозу на ПО «Маяк» ОТВС реакторов АМБ-100 и АМБ-200, как ядерного наследия первых объектов гражданской атомной энергетики. Отмечено, что соблюдение национальных законодательств, нормативной документации и обеспечение культуры безопасности позволило успешно выполнить уникальные в техническом и организационном плане работы. В результате Республика Казахстан выполнила все требования, предъявляемые к неядерному государству при постановке исследовательских реакторных комплексов под гарантии МАГАТЭ; Российская Федерация, Республика Казахстан и США совместно ликвидировали угрозы режиму нераспространения на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне; ГК «Росатом» ликвидировала «взлотекущую аварию» на одном из объектов ядерного наследия гражданской атомной энергетики.

**Ключевые слова:** культура безопасности, отходы ядерной деятельности, режим нераспространения, ядерное наследие.

Авторы приняли на себя ответственность изложить основные результаты многолетних работ от имени большого коллектива специалистов многих предприятий, каждый из которых, на том или ином этапе работ, внес существенный вклад в создание и реализацию рассмотренных технологий.

Культура безопасности при ликвидации ядерного наследия от оборонных и гражданских программ бывшего СССР продемонстрирована на примерах трех разных технологий по обращению с отходами ядерной деятельности (ОЯД) и отработавшим ядерным топливом (ОЯТ). Они реализованы РФЯЦ-ВНИИТФ (далее ВНИИТФ) совместно с РФЯЦ-ВНИИЭФ (далее ВНИИЭФ), ОАО РИ, НИКИЭТ и Национальным ядерным центром Республики Казахстан (НЯЦ РК) на протяжении последних двух десятилетий.

Ядерное наследие СССР было велико [1–3], наиболее значимые «болевы точки» находились в России (оз.Карачай, Челябинская область) – там, где ядерное оружие изготавливали и в Казахстане на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне (СИП) – там, где его испытывали [4, т. III, с. 27–30].

Понятие «культура безопасности» впервые было сформулировано МАГАТЭ в 1986 году в процессе анализа причин и последствий аварии на Чернобыльской АЭС, когда было признано, что *отсутствие культуры безопасности* явилось одной из основных

причин этой аварии. В дальнейшем термин был уточнен в «Общих положениях обеспечения безопасности атомных станций» (ОПБ-88), но его значение было оставлено открытым для толкования. Через пять лет причина аварии на ЧАЭС была сформулирована более точно и лаконично «... из-за неправильных действий оператора реактор был приведен в аномальное состояние, в котором проявились недостатки как научной проработки реактора, так и конструкции...» [5]. Первым приоритетом назван «человеческий фактор», а затем в неявном виде обозначены требования нормативных документов, в создании которых, к сожалению, неизбежен тот же самый «человеческий фактор». Регламентировать его невозможно, но вполне возможно поддерживать постоянное внимание общества к ядерным технологиям, которые в последнее время все шире внедряются в практику.

Два десятилетия назад практика информирования общественности только начинала складываться, тем не менее, как показано ниже, кооперации крупнейших научных центров страны совместно с центральным аппаратом ГК «Росатом», в те непростые годы удалось решить несколько очень важных проблем и обеспечить при этом культуру безопасности, а именно:

– В 1995...1998 гг. организован и выполнен вывоз из Республики Казахстан (РК, Казахстан) в Российскую Федерацию (РФ, Россия) топлива исследо-

вательских ядерных реакторов [4] по межправительственному соглашению, что позволило РК поставить свои исследовательские комплексы под гарантии МАГАТЭ.

– в 1995...2012 гг. проведен комплекс работ по ликвидации инфраструктуры ядерных испытаний, повышению безопасности и исключению доступа к отходам ядерной деятельности СИП [4, 6–8]. Работы выполнялись на двухсторонней основе (Российская Федерация - Республика Казахстан и Республика Казахстан – США), а также на трехсторонней основе (Российская Федерация – Республика Казахстан – США). В результате ликвидированы основные угрозы режиму нераспространения. В настоящее время работы продолжаются на отдельных площадках СИП.

– В 2000...2017 гг. подготовлен и начат вывоз на ПО «Маяк» ОТВС реакторов АМБ-100 и АМБ-200, как ядерного наследия первых объектов гражданской атомной энергетики [9] и, тем самым, ликвидирована «вялотекущая авария» на бассейнах выдержки ОЯТ Белоярской АЭС.

Очевидно, что столь значимые работы, декларированные на уровне правительств государств, выполнялись в соответствии с действующим национальными законодательствами и с гарантированным обеспечением безопасности и культуры безопасности.

#### **ВЫВОЗ ВЫСОКООБОГАЩЕННОГО ТОПЛИВА ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РЕАКТОРОВ**

На территории СИП расположены комплексы исследовательских реакторов ИГР, ИВГ.1 (ИВГ.1М) и ИРГИТ (РА), созданные полвека назад с целью разработки космических ядерных ракетных двигателей [10]. После присоединения в 1993 году Казахстана как неядерного государства к Договору о нераспространении ядерного оружия началась их подготовка к обязательной постановке под гарантии МАГАТЭ. Однако, при этом возникли проблемы, связанные с наличием на комплексах российских ядерных материалов. Для разрешения проблем часть российских ядерных материалов была передана казахстанской стороне (топливо активных зон реакторов ИГР и ИВГ.1М), и принято решение о вывозе остальных российских ядерных материалов на предприятия Минатома России.

В соответствии с межправительственным соглашением РФ в 1996 году декларировала список российских ядерных материалов, в том числе высокообогащенного урана-235, общей массой 182 кг (облученного и необлученного), находящихся в Институте атомной энергии (ИАЭ) НЯЦ РК, и взяла на себя обязательство вывезти этот материал [4, т. III, с. 91–100]. Обычно перевозки ядерного материала проводились железнодорожным транспортом в специальных вагонах и контейнерах. Экономическая ситуация в России и действовавшие в то время тарифы сделали железнодорожную перевозку очень дорогой. РФЯЦ-ВНИИТФ, которому была поручена транспортировка

российских ядерных материалов, принял решение провести перевозку автомобильным транспортом. Это существенно удешевило перевозку и ликвидировало опасные этапы перегрузки ядерного материала на железнодорожных станциях: загрузка автотранспорта выполнялась на территории хранилища ИАЭ НЯЦ РК с последующим транспортированием груза непосредственно к хранилищу в месте назначения.

Решение об автомобильной перевозке потребовало разработки комплекса организационных и технических мероприятий по обеспечению безопасности на всех этапах перемещения ядерного материала, начиная от его разделки, загрузки в специальные пенылы и заканчивая помещением его в хранилище в одном из российских НИИ. Участники работ выполнили следующее:

– Провели работу в соответствии с межправительственным соглашением РФ и РК по техническому заданию ГосНИИ НПО «Луч» и НИКИЭТ.

– Из имеющихся в наличии сертифицированных контейнеров, предназначенных для перевозки делящегося материала и обладающих достаточными защитными свойствами, выбрали подходящий для перевозки ЯМ, чтобы не разрабатывать, изготавливать и затем сертифицировать новый контейнер. Такой подход существенно сократил стоимость и продолжительность работ.

– Обосновали ядерную и радиационную безопасность перевозки ЯМ в выбранном контейнере в штатных и аварийных ситуациях. Ядерная безопасность была обоснована расчетами ВНИИТФ и подтверждена заключением, выпущенным ОЛЯБ ВНИИЭФ и ФЭИ. Радиационная безопасность транспортировки облученного ядерного материала обоснована расчетами ВНИИТФ. На основании расчетов и заключений руководством Минатома РФ утверждены «Дополнение к сертификату...» и «Сертификат на упаковку и перевозку», а предприятием-разработчиком контейнеров (ВНИПИЭТ) была выдана разрешительная документация на право перевозки ЯМ.

– Выбрали, провели рекогносцировку и сдали в эксплуатацию автомобильный маршрут.

– Оформили таможенные декларации на перевозимый груз.

– Оформили документацию по взаимодействию российского воинского караула с органами власти Казахстана по маршруту движения, позволяющую ему выполнять боевую задачу по охране перевозимого груза.

– Обосновали безопасность хранения ЯМ и подготовили хранилища к приему ядерного материала.

– Разделали и упаковали ядерный материал в пенылы.

– Контейнеры с ядерным материалом перевозили отечественными большегрузными автомобилями МАЗ с прицепами и английскими броневым автомобилем FODEN (рисунок 1). В грузовых отсеках броневом

мобилей, имеющих дополнительную степень защиты, перевозили наиболее ответственный груз.

– Перевезли (октябрь 1996 г. – май 1998 г.) ядерный материал из ИАЭ НЯЦ РК в Россию пятью рейсами под охраной российского воинского караула.



Рисунок 1. Бронеавтомобиль FODEN

Все работы по организации и транспортировке российских ядерных материалов проводились под руководством Департамента разработки и проектирования атомных реакторов и лазерных установок Минатома России (название Департамента в 1996...1998 гг.) с российской стороны и НЯЦ РК с казахстанской стороны. В работе принимали участие следующие предприятия:

– В России: Минатом РФ, ВНИИТФ, ГосНИИ НПО «Луч», НИКИЭТ, СФ НИКИЭТ (ныне ИРМ – институт реакторных материалов, г. Заречный Свердловской области), ВНИПИЭТ, ОЛЯБ ВНИИЭФ, ФЭИ, ПО «Маяк», НПП «ЭнЭко».

– В Казахстане: ИАЭ НЯЦ РК.

**ЛИКВИДАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ЯДЕРНЫХ ИСПЫТАНИЙ, ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ И ИСКЛЮЧЕНИЕ ДОСТУПА К ОТХОДАМ ЯДЕРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СЕМИПАЛАТИНСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО ПОЛИГОНА**

Указом Президента Республики Казахстан от 29.08.1991 был закрыт СИП. В течение последующих лет были проведены мероприятия, направленные на ликвидацию инфраструктуры ядерных испытаний, в частности, на невозможность использования испытательных площадок, штолен и скважин по их первоначальному назначению.

При закрытии испытательных площадок масштабных работ по защите чувствительной информации и отходов ядерной деятельности (ОЯД) не проводилось. Закрытие штолен горного массива Дегелен выполнялось по соглашению между Департаментом обороны США и Министерством науки и новых технологий Республики Казахстан о ликвидации инфраструктуры ядерных испытаний (03.10.1995) и сводилось к осмотру состояния штолен, возведению бетонной защиты и обрушению припортовой части штольни, либо просто обрушению штольни на длину 15...20 м, что, по первоначальному замыслу, должно

было сделать их непригодными к дальнейшему использованию и исключать несанкционированный доступ в штольни [4]. На площадках и внутри штолен были оставлены ОЯД и некоторые конструкции, которые содержали чувствительную информацию.

Выяснилось, что принятые меры защиты оказались недостаточными и сразу же обнаружилось многочисленное несанкционированное проникновение к объектам испытаний на площадках и в штольни. Цель проникновения – вначале вынос для продажи цветного металла (кабели), затем – черного (рельсы и элементы конструкций). При этом лица, занимавшиеся противоправной деятельностью, пренебрегали правилами безопасности, выносили загрязнение на дневную поверхность и, что самое опасное, при противоправном целенаправленном руководстве и действиях могли получить доступ не только к чувствительной информации, но и к ОЯД, создав тем самым угрозу режиму нераспространения. Для противодействия этому, в течение последующих лет проводились работы по созданию дополнительных защитных барьеров, препятствующих несанкционированному доступу к ОЯД и к чувствительной информации.

Работы проводились в соответствии с соглашением между правительствами России и Казахстана «О контейнерах «Колба» и специальном технологическом оборудовании, находящимся на территории бывшего СИП» от 28.03.1997. Были предложены, спроектированы, согласованы, утверждены и реализованы беспрецедентные меры исключения доступа к ядерным материалам. Сферы деятельности Сторон были распределены следующим образом:

– Федеральные центры на основании анализа архивных материалов предоставляли исходную информацию для выпуска проекта работ по усилению защитных сооружений и осуществляли инженерно-консультативную поддержку при реализации проекта.

– НЯЦ РК разрабатывал проект работ в соответствии с законодательством, а затем проводил полевые работы по усилению защиты объектов СИП. В реализации проектов принимали участие казахстанские предприятия ТОО «Дегелен» и ТОО «Востокавтопром».

– Начиная с 2000 г. к работам по дополнительной защите инженерных сооружений и исключению доступа к ОЯД присоединилась американская сторона в части финансирования и контроля выполнения совместных работ.

Первоочередные работы были направлены на уничтожение чувствительной информации и исключения доступа к ОЯД в скважинах на относительно небольших глубинах. Для предотвращения доступа к ОЯД скважины были накрыты или мощными железобетонными колпаками, как показано на рисунке 2, либо окружены «забором» из железобетонных колонн по всей глубине, так что для их несанкциониро-

ванного преодоления потребовались бы строительные работы, масштаб которых должен быть соизмерим с их изготовлением. Такие работы незамедлительно могут быть обнаружены и пресечены.



Рисунок 2. Железобетонный колпак  $5 \times 5 \times 5 \text{ м}^3$  над одной из скважин

Для защиты штолен горного массива Дегелен силами Федеральных ядерных центров совместно с ГК Росатом были разработаны количественные и качественные критерии оценки их состояния. Они позволили классифицировать штольни по степени опасности распространения и уязвимости в выполнении Договора о нераспространении ядерного оружия. На их основании были выбраны объекты, для которых несанкционированный доступ к диспергированным ОЯД при игнорировании правил безопасности был бы связан с минимальными трудозатратами и сроками, а при удачном стечении обстоятельств для злоумышленников был бы возможным доступ к ОЯД.

Главная цель полевых работ заключалась в создании дополнительных барьеров защиты, которые вместе с существующими защитными барьерами штольни обеспечивали гарантированное исключение несанкционированного доступа к ОЯД. Работы выполнялись в следующей последовательности: бурение скважин в полость концевой боксы штольни, отбора мазка с поверхности боксы, проверки методами  $\gamma$ -спектрометрии наличия ОЯД в полости боксы и заполнении объема боксы цементно-песчаным раствором или магнетитовым раствором - цементно-песчаным раствором с добавлением магнетита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), который не только обеспечивал физическую защиту, но и химически связывал ОЯД. После заполнения боксы и создания дополнительных барьеров физической защиты штольня становилась безопасной. Действительно злоумышленнику, даже с учетом использования тяжелой строительной техники, невозможно было получить доступ к ОЯД и вынести радиоактивное загрязнение на дневную поверхность.

Работы выполнялись двумя принципиально разными способами [4, 11].

Если глубина залегания боксы с ОЯД была невелика, а рельеф местности над боксом позволял установить буровое оборудование, то применяли «вертикальную» технологию, при которой бурили скважину с дневной поверхности для обеспечения доступа в боксы (рисунок 3-а). В пробуренную в скважину опускали видеокамеру и специалисты Федеральных ядерных центров после осмотра полости убеждались, что попали именно в боксы с ОЯД. Для окончательного подтверждения наличия ОЯД в боксе через пробуренную скважину отбирали мазок с его поверхности, и совместно с представителями DTRA (Defense Threat Reduction Agency) США проводили верификационные  $\gamma$ -спектрометрические измерения, демонстрирующие наличие следов ОЯД в пробе (рисунок 4). После этого принималось совместное решение о заполнении полости боксы связующим материалом через пробуренную скважину.

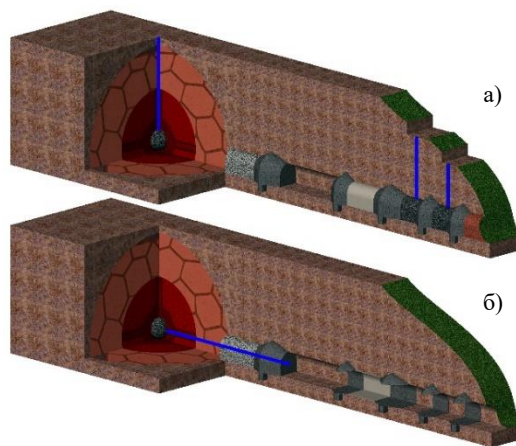


Рисунок 3. «Вертикальная» (а) и «горизонтальная» (б) технологии работ

На начальном этапе работ (2009 г.) вертикальную технологию применяли начиная с глубины залегания боксы  $\sim 30 \dots 35 \text{ м}$ , на заключительных этапах (2011...2012 гг.) была отработана технология попадания в боксы на глубинах  $\sim 80 \text{ м}$ .



Рисунок 4. Характерная линия в спектре от ОЯД на мазке из концевой боксы на экране спектрометра при подтверждающих измерениях

Если глубина залегания бокса была велика (>100 м), или рельеф местности над боксом не позволял установить буровое оборудование, то применяли «горизонтальную» технологию, при которой вскрывали портал штольни (рисунок 3-б), последовательно преодолевали все забивки, подходили к концевому боксу и бурили скважину в его полость. Так же, как и при «вертикальной» технологии, через пробуренную скважину с помощью видеокамеры специалисты Федеральных ядерных центров проводили осмотр бокса, отбирали мазок с его поверхности, и совместно с представителями DTRA США проводили верификационные  $\gamma$ -спектрометрические измерения, демонстрирующие наличие следов ОЯД в пробе. Через пробуренную скважину заполняли полость бокса связующим материалом. После этого восстанавливали элементы забивки штольни, закрывали портал и маскировали территорию под естественный горный ландшафт.

Более предпочтительной была «вертикальная» технология как более безопасная и менее затратная.

На всех этапах работ специалисты Федеральных ядерных центров оказывали инженерно-консультационные услуги – разрабатывали исходные данные по конструкции защиты штольни и предлагали мероприятия по усилению защитных барьеров, прогнозировали возможные аварийные ситуации, выдавали рекомендации по их предотвращению и действиям при их возникновении. При проведении полевых работ на любом из объектов бывшего СИП основной задачей специалистов Федеральных ядерных центров было обеспечение контроля нераспространения ОЯД и другой чувствительной информации во исполнение Договора о нераспространении ядерного оружия. Поэтому особое внимание при обследовании объектов обращалось на сохранность защитных барьеров штольни, а в случае их вскрытия на наличие следов извлечения ОЯД. Ни на одном из объектов выполнения работ таких следов целенаправленного извлечения ОЯД обнаружено не было и можно гарантировать, что при работах по усилению защитных барьеров распространения чувствительной информации не было.

Основные результаты совместных работ:

1. Исключен несанкционированный доступ к ОЯД и чувствительной информации на испытательных площадках и штольнях бывшего СИП. Президентом РФ, РК и США на ядерном саммите в Сеуле заявлено, что *«усилиями России, США и Казахстана ядерный полигон в Семипалатинске больше не представляет угрозы для безопасности»*;

2. Созданы дополнительные бетонные и железобетонные защитные барьеры на более четырех десятках объектах СИП, в том числе на штольнях горного массива Дегелен. Внутренние полости боксов, содержащих ОЯД, на этих объектах заполнены связующим материалом – цементно-песчаным и магнетитовым растворами;

3. Получен опыт международного сотрудничества в области чувствительных технологий и конфиденциальной информации.

### **ВЫВОЗ НА ПО «МАЯК» ОТВС РЕАКТОРОВ АМБ-100 и АМБ-200**

Сразу же после запуска Первой в мире АЭС (реактор АМ, «Атом мирный», г. Обнинск. Калужская обл.) в поселке Заречный Свердловской области в 1964...1967 гг. была построена Белоярская АЭС с реакторами АМБ-100 и АМБ-200 («Атом мирный большой»). Они были выведены из эксплуатации в 1981 и 1989 гг., соответственно, а их отработавшие теплоделяющие сборки (ОТВС) стали одним из элементов ядерного наследия первых объектов атомной энергетики. Они были размещены в двух бассейнах выдержки и предполагалась их отправка на радиохимическую переработку на ПО Маяк. Изначально планировалось кратковременное хранение чехлов в бассейнах, но в связи с распадом СССР процесс затянулся на два десятилетия.

Часть чехлов была изготовлена из черновой стали, они хранились в бассейнах в течение десятков лет, корродировали и теряли герметичность, вода заполняла пенал и ОТВС оказывались в воде, становились возможными просыпи топлива, содержащего уран. Бассейны выдержки были загружены практически полностью и это, в дополнение ко всему прочему, не позволяло проводить ремонт их облицовки, где появились протечки. Таким образом, проблемы непрерывно нарастали, так что спустя годы ситуация стала уже рассматриваться как «вялотекущая авария».

Технология безопасного вывоза ОТВС с БАЭС на ПО Маяк требовала специального транспортно-упаковочного комплекта (ТУК) для длинномерных ОТВС длиной ~14 м, специального вагона-контейнера, обоснование безопасности транспортирования и хранения коррозионно-поврежденного топлива реакторов АМБ и отработки обращения с длинномерными ОТВС. Весь комплекс работ продолжался около 15 лет, его организовывал и проводил ВНИИТФ.

Прежде всего, ВНИИТФ разработал ТУК именно для длинномерных ОТВС. «Изюминкой» конструкции стала оригинальная «рулонированная» технология (или технология «витого сосуда»), когда стальная полоса шириной 1400 мм и толщиной 5 мм свивается на уникальном оборудовании в рулон (царгу), затем царги состыковываются, образуют длинный цилиндр с осевой полостью и стыки свариваются по всей толщине автоматической сваркой. Так получают ТУК длиной ~16 м и массой чуть менее 100 т. Такие сосуды для высокого давления более 100 атм. в многослойно-рулонированном исполнении, изготавливаемые ОАО «Уралхиммаш», широко используются в химической и других отраслях промышленности.

Разработка ТУК включала в себя выбор конструкции, обоснование ее герметичности, температурного режима, оценку реакции на аварийные условия экс-

плуатации, обоснование ядерной и радиационной безопасности, проведение бросковых испытаний. Все это было выполнено.

Шесть унифицированных ТУК, позволяющих транспортировать всю номенклатуру хранящихся на БАЭС чехлов с топливом АМБ, были изготовлены на ОАО «Уралхиммаш», г. Екатеринбург (2014). Они были приспособлены как для транспортировки автомобилем, так и железнодорожным вагоном.

В соответствии с действующими правилами ТУК был испытан на все виды аварийного воздействия, в том числе на падение с высоты 9 м на плоскость и с 1 м на штырь. Все испытания на специализированном стенде ОАО КБСМ (г. Санкт-Петербург) контейнер выдержал и культура безопасности была обеспечена.

На рисунке 5 представлено исходное положение ТУК перед падением с высоты 9 м. Процесс взаимодействия ТУК с основанием стенда был предсказан математическим моделированием и полностью подтвердился при испытаниях. Он состоял из шести последовательных ударов крышкой и днищем, из которых наиболее значимыми были первые четыре. После каждого удара ТУК отскакивал от основания стенда, при этом направление угловой скорости его вращения относительно центра масс менялось на противоположное.



Рисунок 5. Исходное положение ТУК перед бросковыми испытаниями

Результаты испытаний показали, что:

– после воздействия механических нагрузок ТУК сохранил герметичность, прочность и работоспособность;

– транспортные демпферы обеспечили снижение амплитуд ударных нагрузок до расчетных величин, обеспечив работоспособность конструкции ТУК.

– при падении с высоты 9 м при первом ударе корпус ТУК испытывает упругие деформации, а при втором – пластические.

– при проведении испытаний ТУК на механическое повреждение при его падении на штырь с высоты 1 м силовая конструкция не получила заметных повреждений.

В интернете на сайте ВНИИТФ размещен зрелищный видеоролик по результатам испытаний транспортного контейнера для перевозки отработавших ТВС реакторов АМБ с Белоярской АЭС на ПО Маяк и показано, как 100-тонная конструкция падает с высоты 9 метров и остается невредимой. На рисунке 6 представлен QR-код для поиска фильма.



Рисунок 6. QR-код фильма в интернете

Оборудование систем контроля разработано ВНИИТФ, шесть вагон-контейнеров для перевозки ТУК изготовил вагоностроительный завод, г. Тверь (2008). Обращение со 100-тонной длинномерной конструкцией требовало специальной техники, аттестованных производственных помещений, оборудования и оснастки. Все это было сделано.

Таким образом, культура безопасности, сложившаяся в российских и казахстанских научных центрах и предприятиях, создавших и реализовавших технологии обращения с отходами ядерной деятельности и отработавшим ядерным топливом, позволили успешно выполнить поставленные задачи. В результате:

– Республика Казахстан выполнила все требования, предъявляемые к неядерному государству при постановке исследовательских реакторных комплексов под гарантии МАГАТЭ;

– Республика Казахстан, Российская Федерация и США – ликвидировали реальные угрозы СИП [3];

– ГК «Росатом» – ликвидировала «взлотекущую аварию» на одном из объектов ядерного наследия гражданской атомной энергетики.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Евстратов Е.В., Агапов А.М., Лаверов Н.П., Большов Л.А., Линге И.И. (редакторы) – Проблемы ядерного наследия и пути их решения // М.: ОАО «Энергопроманалитика», 2012, 356 стр., Т. 1.
2. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Под общей редакцией Л.А. Большова, Н.П. Лаверова, И.И. Линге. // М.: ОАО «Энергопроманалитика», 2013, 392 с., Т. 2.
3. Проблемы ядерного наследия и пути их решения. Вывод из эксплуатации.— Под общей редакцией Л.А. Большова, Н.П.Лаверова, И.И.Линге // Москва: 2015, 316 с., т. 3.
4. Назарбаев Н.А., Школьник В.С., Батырбеков Э.Г., Березин С.А., Лукашенко С.Н., Скаков М.К. Проведение комплекса научно-технических и инженерных работ по приведению бывшего Семипалатинского испытательного полигона в безопасное состояние // Трехтомник. г. Курчатов, 2016.
5. Большов Л.А. Ядерная безопасность как фактор экономики // Атомный эксперт, 2016, № 8, стр. 38–45.
6. Куценко В.М. Нам есть чем гордиться. Научно публицистический журнал «Человек. Энергия. Атом», № 1 (19), 2013, с. 14–23.
7. Степанюк В.С. Снятие угроз. Научно публицистический журнал «Человек. Энергия. Атом», № 1 (19), 2013, с. 24–31.
8. Совместное заявление президентов Республики Казахстан, Российской Федерации и Соединенных Штатов Америки относительно трехстороннего сотрудничества на бывшем Семипалатинском испытательном полигоне // Научно публицистический журнал «Человек. Энергия. Атом», № 1 (19), 2013, с. 6–7.
9. Анфалова О.В., Горин Н.В., Краев В.С. Вывоз ОЯТ реакторов АМБ-100 и АМБ-200 Белоярской АЭС на ПО Маяк // Вопросы радиационной безопасности. № 2. 2019. с. 47–52.
10. Васильев Ю.С., Колодешников А.А. Ядерный двигатель для освоения космоса. // Научно публицистический журнал «Человек. Энергия. Атом», № 1 (23), 2015, с. 38–53.
11. Коровикова Т.В., Мустафина Е.В., Осинцев А.Ю., Дмитропавленко В.Н., Яковенко Ю.Ю. Влияние проведенных работ по созданию дополнительной защиты инженерных сооружений штолен горного массива Дегелен на радиационную обстановку припортовых участков // Вестник НЯЦ РК, вып. 2 (46), 2011, с. 5–19.

## ЯДРОЛЫҚ ҚЫЗМЕТ ҚАЛДЫҚТАРЫМЕН ЖӘНЕ ЯДРОЛЫҚ ОТЫНМЕН ЖҰМЫС ІСТЕУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНДАҒЫ ҚАУІПСІЗДІК МӘДЕНИЕТІ

<sup>1)</sup> Н.В. Горин, <sup>1)</sup> В.С. Краев, <sup>1)</sup> В.Г. Смирнов, <sup>2)</sup> А.П. Васильев, <sup>3)</sup> А.Н. Андреюк, <sup>3)</sup> С.В. Буренков, <sup>4)</sup> В.М. Куценко

<sup>1)</sup> «Ресей федералдық ядролық орталығы – Академик Е.И. Забабахин атындағы Бүкілресейлік техникалық физика ғылыми-зерттеу институты» федералдық мемлекеттік унитарлық кәсіпорны, Снежинск, Ресей

<sup>2)</sup> Н.А. Доллежал атындағы ҒЗКЭТИ, Мәскеу, Ресей

<sup>3)</sup> «Ресей федералдық ядролық орталығы – Бүкілресейлік эксперименттік физика ғылыми-зерттеу институты» федералдық мемлекеттік унитарлық кәсіпорны, Саров, Ресей

<sup>4)</sup> «Росатом» мемлекеттік корпорациясы, Мәскеу, Ресей

РФЯО-БТФҒЗИ, РФЯО-БЭФҒЗИ, РИ ААҚ, ҒЗКЭТИ және Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығымен бірлесіп жүзеге асырған ядролық қызмет қалдықтарымен және ядролық отынмен жұмыс істеудің үш түрлі технологиясы үлгісінде бұрынғы КСРО-ның қорғаныс және азаматтық бағдарламаларынан қалған ядролық «мұраны» жою кезіндегі қауіпсіздік мәдениеті көрсетілді. ҚР ҰЯО зерттеу реакторларының отынын Ресейге әкету қарастырылды. Ядролық қаруды таратпау режимі мүддесінде бұрынғы Семей полигонындағы ядролық қызмет қалдықтарына қол жеткізуді жою ерекшеліктері талқыланды. Азаматтық атом энергетикасының алғашқы объектілерінің ядролық «мұрасы» ретінде АМБ-100 және АМБ-200 реакторларының пайдаланылған ЖБЖ-ларын «Маяк» өндірістік бірлестігіне әкету жұмыстарын ұйымдастыру көрсетілді. Ұлттық заңнамаларды, нормативтік құжаттамаларды сақтау және қауіпсіздік мәдениетін қамтамасыз ету техникалық және ұйымдастырушылық жағынан бірегей жұмыстарды ойдағыдай орындауға мүмкіндік бергендігі туралы айтылды. Нәтижесінде Қазақстан Республикасы реакторлық зерттеу кешендерін МАГАТЭ кепілдігіне қою кезінде ядролық емес мемлекетке қойылатын барлық талаптарды орындады; Ресей Федерациясы, Қазақстан Республикасы және АҚШ бірлесіп бұрынғы Семей сынақ полигонында таратпау режиміне төнген қауіп-қатерлерді жойды; «Росатом» мемкорпорациясы азаматтық атом энергетикасының ядролық «мұра» объектілерінің бірінде «баяу жүретін аварияны» жойды.

**Түйінді сөздер:** қауіпсіздік мәдениеті, ядролық қызмет қалдықтары, таратпау режимі, ядролық «мұра».

## SAFETY CULTURE IN TECHNOLOGIES FOR HANDLING NUCLEAR WASTE AND NUCLEAR FUEL

<sup>1)</sup> N.V. Gorin, <sup>1)</sup> V.S. Krayev, <sup>1)</sup> V.G. Smirnov, <sup>2)</sup> A.P. Vasilyev, <sup>3)</sup> A.N. Andreyuk<sup>3)</sup>, <sup>3)</sup> S.V. Burenkov, <sup>4)</sup> V.M. Kutsenko

<sup>1)</sup> *Federal State Unitary Enterprise «Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin All-Russia Research Institute of Technical Physics», Snezhinsk, Russia*

<sup>2)</sup> *JSC N.A. Dollezhal Research and Development Institute of Power Engineering (JSC NIKIET), Moscow, Russia*

<sup>3)</sup> *Federal State Unitary Enterprise “Russian Federal Nuclear Center –All-Russia Research Institute of Experimental Physics”, Sarov, Russia*

<sup>4)</sup> *State Atomic Energy Corporation “Rosatom”, Moscow, Russia*

The safety culture in the elimination of the nuclear legacy from the defense and civil programs of the former USSR is demonstrated by the example of three different technologies for handling nuclear waste and spent nuclear fuel. These technologies have been implemented by RFNC-VNIITF together with RFNC-VNIIEF, OJSC RI, JSC NIKIET, and the National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan (NCC RK). The export of nuclear fuel from the NCC RK research reactors to Russia is considered. The key aspects of eliminating access to nuclear waste at the former Semipalatinsk Test Site in the interests of the non-proliferation regime are discussed. The set of activities associated with the export of the spent fuel assemblies (SFAs) of reactors AMB-100 and AMB-200 as the nuclear legacy of the first civil nuclear power facilities to the “Mayak” PA is shown. It is noted that compliance with the national laws, regulatory documents, and safety culture has made it possible to successfully perform unique technical and organizational tasks. As a result, the Republic of Kazakhstan has met all the requirements for a non-nuclear state when staging research reactor complexes under the IAEA safeguards; the Russian Federation, the Republic of Kazakhstan, and the United States have jointly eliminated the threat to non-proliferation regime at the former Semipalatinsk Test Site, the State Atomic Energy Corporation “Rosatom” has eliminated the “sluggish accident” at one of the sites of the nuclear legacy of the civil nuclear power engineering.

**Keywords:** *safety culture, nuclear waste, non-proliferation regime, nuclear legacy.*