

ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ НОВОСТЕЙ

Бельгия

Бельгия является одной из пяти ведущих стран мира по объемам производства и продаж радиоизотопов медицинского назначения. Каждый год почти 7 миллионов пациентов во всем мире проходят обследования, в ходе которых применяется ^{99}Mo бельгийского производства. Сегодня более 25 % таких изотопов, используемых в медицине, производится на исследовательском реакторе BR2 (рис. 1), расположенном в Моле и эксплуатируемом исследовательским центром SCK-CEN. Прежде чем попасть в медицинские учреждения, изотопы проходят химическую обработку на установках Института радиоэлементов (фр. L'Institut National des Radioéléments, IRE). Вторичные продукты, образовавшиеся в ходе такой обработки и содержащие целый ряд пригодных для переработки веществ, на данный момент хранятся в специальных контейнерах на площадке IRE во Флёре.

Изначально, согласно оценкам IRE, к концу этого года полезная емкость пункта хранения могла оказаться полностью исчерпанной. Однако был принят ряд мер, включая приобретение нескольких дополнительных контейнеров для хранения, которые позволили продлить срок размещения отходов на этой площадке до 2021 года.

В настоящее время SCK-CEN и IRE работают над совместным проектом под названием RECUMO — «Вторичное использование урана от производства ^{99}Mo » (англ. Recovery of Uranium from Mo-99 Production), который позволит переработать такие отходы «при условии самого



Рис. 1. BR2 — один из трех действующих исследовательских реакторов в Моле (Бельгия), находящийся в эксплуатации с 1963 года и являющийся одним из старейших реакторов в Западной Европе

строгo соблюдения требований ядерной и радиационной безопасности». Отходы предполагается растворять вместе с ураном низкого обогащения с последующей очисткой на установках SCK-CEN с целью получения низкообогащенных высококачественных материалов, пригодных для повторного использования.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Belgium-to-recycle-residues-from-isotope-productio?feed=feed>

США

С 1943 по 1987 гг. на площадке Хэнфорд, расположенной на юго-востоке штата Вашингтон, велось производство оружейного плутония в рамках ядерной программы США. За эти годы было изготовлено более 20 миллионов единиц металлического уранового топлива для девяти ядерных реакторов и переработано около 110 000 тонн ОЯТ. В результате образовались миллиарды литров ЖРО, которые были помещены в подземные резервуары-хранилища — всего 177 резервуаров. Недавно на этой площадке был введен в эксплуатацию 150-тонный кран повышенной проходимости (рис. 2), который позволит осуществлять работы в труднодоступных местах. Конструкция крана была модернизирована Mission Support Alliance (MSA) — подрядчиком Департамента природопользования Министерства энергетики США, работающим на этой площадке. Он уже прошел холодные испытания на полигоне для тестирования технологий извлечения ВАО и химических отходов



Рис. 2. 150-тонный кран повышенной проходимости, опускающий лифтеров и электриков в шахту тестовой установки для проведения холодных испытаний

из подземных резервуарных хранилищ. Для обеспечения выполнения заданных операций потребовалось, чтобы общая протяженность стрелы крана вместе с удлиняющим сегментом составила 78 м. Разработчики оборудования отмечают, что, благодаря более высокой производительности, более широкому рабочему радиусу и охвату, перемещаться сквозь различные участки и препятствия при ведении работ по удалению ЖРО из подземных резервуарных хранилищ станет намного проще.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/New-crane-supports-Hanford-clean-up?feed=feed>

США

Захоронение в глубоких скважинах — узких вертикальных выработках, уходящих на большую глубину, — еще с 1950-х годов рассматривалось в качестве одного из возможных вариантов реализации концепции геологической изоляции РАО. Эта концепция изучалась в таких странах, как Дания, Швеция, Швейцария и США, но до сих пор нигде в мире реализована не была.

В 2016 году группа специалистов из Института Battelle Memorial была выбрана DOE (Министерством энергетики США) в качестве подрядчика для проведения работ по бурению испытательной скважины. Скважина глубиной почти 5 км была пробурена в кристаллических породах Северной Дакоты с целью проведения исследований в рамках технико-экономического обоснования концепции скважинного захоронения. В том же году МАГАТЭ заявило об окончании серии исследований по проверке обоснованности данной концепции в контексте захоронения небольших объемов РАО. Вместе с тем, согласно полученным результатам, рассматриваемая концепция оказалась достаточно затратной для варианта захоронения больших объемов отходов, если сравнивать с обычным пунктом геологического захоронения. Кроме того, до сих пор концепция скважинного захоронения не предусматривала возможности повторного извлечения уже захороненных отходов.

Сооружение пунктов глубинного скважинного захоронения предполагает широкое использование технологий, инструментов и оборудования, традиционно применяемых при бурении нефтегазовых скважин. В ноябре 2018 года Battelle Memorial выполнил ряд испытаний подобного оборудования, инструментов и методов на коммерческой испытательной установке для бурения нефтегазовых скважин.

Технология скважинного захоронения предусматривает размещение РАО в нержавеющей контейнерах стандартным диаметром от 22 до 33 см и высотой около 4 м и их захоронение в глубоких скважинах, пробуренных в стабильных породах возрастом от десятков до сотен миллионов лет. Такая скважина захоронения, изнутри обсаженная сталью, начинается с вертикальной секции доступа, постепенно изгибающейся до достижения практически горизонтального положения с незначительным отклонением вверх. Протяженность горизонтальной секции захоронения, как предполагается, будет достигать до 3,2 км. В зависимости от особенностей геологического строения конкретной площадки располагаться она будет на глубине от нескольких сотен метров до 3,3 км от поверхности земли.

После размещения отходов, вертикальная секция скважины и начало горизонтальной выработки будут герметизированы с использованием горных пород, бентонита и других материалов. Главными преимуществами этой концепции является глубина захоронения, а также тот факт, что отходы будут размещены в стабильной геологической формации, расположенной намного ниже уровня грунтовых вод в породах, насыщенных соевым раствором, не имеющих ценности с точки зрения их использования в будущем и остающихся практически неподвижными в течение миллионов лет. Кроме того, бурение скважин захоронения меньшего диаметра в меньшей степени нарушит вмещающую среду.

Зимой 2019 года прототип контейнера со стальным стержнем, имитирующим вес РАО, был с помощью проволочного кабеля опущен в уже сооруженную скважину глубиной 610 м, а затем задвинут на 122 м в горизонтальную выработку с использованием «буксировщика» (рис. 3). После этого контейнер был освобожден



Рис. 3. Подготовительные работы по погружению контейнера-прототипа с имитатором РАО в скважину захоронения с его последующей установкой в горизонтальную секцию пункта захоронения

от захвата и кабеля. Спустя несколько часов буксировщик был заведен обратно в выработку для захвата контейнера и его поднятия на поверхность. За ходом этого испытания следило более 40 наблюдателей, в том числе сотрудники Министерства энергетики США, специалисты, работающие в нефтегазовой отрасли, представители природозащитных организаций и обычные граждане. Это были первые в истории испытания прототипа контейнера для глубинного скважинного захоронения, проведенные на глазах широкой общественности.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-company-demonstrates-innovative-waste-disposal?feed=feed>

Швеция

Пункт захоронения SFR в Форсмарке (муниципалитет Эстаммар), находящийся в эксплуатации с 1988 года, расположен на глубине 50 м под дном Балтийского моря. Он состоит из четырех подземных сводчатых тоннелей протяженностью 160 м и отдельной камеры, представляющей собой бетонный бункер высотой 50 м, для размещения наиболее радиоактивных отходов. Два параллельно идущих транспортных тоннеля протяженностью 1 км связывают подземные секции установки с поверхностью земли. Большая часть короткоживущих РАО, захороненных в SFR, была произведена шведскими АЭС. Кроме этого, SFR принимает РАО, образующиеся в медицинских учреждениях, в исследовательских организациях и на промышленных предприятиях. Сегодня полезный объем этого пункта захоронения составляет 63 000 м³.

В декабре 2014 года компания SKB, ответственная за хранение РАО в Швеции, подала заявку на трехкратное увеличение размера данного пункта захоронения — т. е. его вместимость должна



Рис. 4. Пункт захоронения SFR (Форсмарк): серым цветом показаны уже сооруженные выработки, синим — планируемые к сооружению

увеличиться до 200 000 м³ (рис. 4). Расширить SFR планируется путем сооружения шести новых тоннелей захоронения. Заявка на получение лицензии одновременно рассматривалась шведским ядерным регулятором SSM и Судом по вопросам землепользования и защиты окружающей среды. Так, ядерный регулятор рассматривал заявку с позиций обеспечения ядерной и радиационной безопасности, согласно положениям Закона о ядерной деятельности. При этом Суд по вопросам землепользования и защиты окружающей среды в своей работе руководствовался требованиями, изложенными в Кодексе по охране окружающей среды. При рассмотрении вопросов, касающихся радиационной безопасности, Суд опирался на позицию SSM.

В январе 2019 года SSM направил в Суд официальное заявление с рекомендацией о выдаче SKB разрешения на расширение пункта захоронения в соответствии с положениями Кодекса по защите окружающей среды. Так, ядерный регулятор SSM подтвердил правильность выбора SKB как с точки зрения метода реализации захоронения РАО данной категории, так и самого места расположения установки, что отвечает требованиям Кодекса по защите окружающей среды. Основные слушания по вопросу получения данного разрешения, как ожидается, будут проведены позднее в этом году. После чего Суд передаст свое заключение с решением по данному вопросу на рассмотрение правительству. SSM также передаст на рассмотрение правительству собственное заключение, составленное на основании оценки соблюдения требований Закона о ядерной деятельности. Окончательное решение будет принято правительством Швеции.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Swedish-regulator-supports-repository-expansion?feed=feed>

США

В настоящее время Департамент природопользования Министерства энергетики США (EM-DOE) реализует программу по конверсии находящегося на хранении обедненного гексафторида урана в обедненный оксид урана с получением более стабильной для последующего хранения, повторного использования или захоронения формы этого вещества. В результате такой переработки также образуется плавиковая кислота, пригодная для использования в промышленных целях.

На сегодняшний день, согласно оценкам Министерства энергетики США, в стране накоплено

около 800 000 тонн обедненного гексафторида урана, образовавшегося за более чем полувековую историю эксплуатации газодиффузионных заводов по обогащению урана в Портсмуте (штат Огайо) и в Падьюке (штат Кентукки). Данные предприятия поставляли обогащенный уран на площадки ядерного-оружейного комплекса США, принимавшие участие в реализации программы по созданию ядерного оружия, а затем на площадки коммерческих ядерных установок. Завод в Портсмуте был закрыт в 2001 году, а в Падьюке — в 2013 году.

Согласно оценкам специалистов, с октября по декабрь 2018 года в рамках американского проекта по конверсии урана, было переработано около 5 110 тонн обедненного гексафторида урана, что составляет более половины от запланированного на 2019 финансовый год объема переработки (всего с 1 октября 2018 года по 30 сентября 2019 года планируется переработать 9 000 тонн этого материала). Достичь такой высокой производительности удалось благодаря одновременному функционированию всех семи технологических линий на предприятиях в Кентукки и Огайо. Эти линии были вновь запущены после проведения серии работ по техническому обслуживанию оборудования и его модернизации, включая установку новых более надежных систем для производства водорода на обеих площадках. С момента ввода перерабатывающих заводов в эксплуатацию в 2010 году, в рамках проекта была осуществлена конверсия более 70 000 тонн этого материала. Ожидается, что весь объем материала, накопленного в Портсмуте, будет полностью переработан за 18 лет, а в Падьюке — за 30 лет.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/US-DUF6-conversion-ahead-of-schedule?feed=feed>

США

В Хэнфорде завершены работы по укреплению конструкции и герметизации одного из пунктов захоронения РАО. Данное ПЗРО представляет собой два подземных тоннеля, сооруженных еще в 1950—1960-х гг. вблизи Завода по экстракции урана (PUREX), расположенного в самом центре Хэнфордского ядерного комплекса. Участок получил название Зоны «Восток-200» (англ. 200 East Area). В тоннелях под слоем грунта были размещены железнодорожные вагоны, заполненные загрязненным оборудованием. Тоннель 1, протяженностью около 110 м, вмещает 8 вагонов и открывает доступ к еще более

протяженному Тоннелю 2, в котором находятся еще 28 вагонов. Данные тоннели были закупорены в середине 90-х гг. прошлого века. После чего выполнялись периодические проверки их состояния.

В мае 2017 года кровля Тоннеля 1 обрушилась. В ходе этого инцидента выброса радиоактивных материалов зафиксировано не было. Тогда место обрушения было заполнено песком и за 48 часов было установлено временное покрытие. Однако случившееся побудило Министерство экологии США направить особый запрос DOE о принятии мер по укреплению конструкций обоих тоннелей с целью минимизации вероятности повторения подобной ситуации в будущем.

Осенью 2017 года были проведены работы по укреплению Тоннеля 1 с использованием цементного раствора. Также DOE была выполнена оценка несущей способности конструкций Тоннеля 2, результаты которой показали, что несмотря на то, что он был сооружен согласно всем требованиям, часть его элементов в настоящее время подвержена нагрузкам, превышающим проектные значения, а также процессам коррозии, что обуславливает соответствующие риски нарушения целостности его конструкции. В сентябре 2018 года Министерством экологии США было выдано разрешение на проведение работ по цементированию Тоннеля 2, чему предшествовал этап публичных слушаний. В итоге специалисты пришли к выводу, что цементирование (рис. 5) является оптимальным способом обеспечения безопасности тоннеля и его элементов, до момента принятия окончательного решения о дальнейшей судьбе размещенных в нем РАО. Всего для завершения работ по укреплению Тоннеля 2 (март 2019 года) потребовалось более 30 500 м³ цементного раствора.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Stabilisation-work-on-second-Hanford-tunnel-nears?feed=feed>



Рис. 5. Выполнение работ по цементированию тоннеля захоронения РАО в Хэнфорде

Бельгия

Проект по созданию пункта захоронения НАО и САО в Бельгии стартовал еще в 90-е гг. прошлого века. В январе 2013 года Ondraf/Niras (Национальное агентство по обращению с РАО и действующими материалами Бельгии) направило на рассмотрение FANC (Федеральное агентство по ядерному контролю) материалы заявки на получение соответствующей лицензии. По итогам рассмотрения, FANC заявило о том, что предоставленной в заявке информации недостаточно для принятия окончательного решения и запросило от Ondraf/Niras дополнительные данные. Специалистами FANC был составлен перечень, включающий в общей сложности более 300 вопросов.

К концу 2017 года Ondraf/Niras завершило работу над подготовкой ответов на данные вопросы, а в 2018 году полученные в ходе этой работы материалы были сведены в единый отчет. В феврале 2019 года Агентство направило на рассмотрение FANC материалы новой заявки. На данный момент материалы обоснования безопасности планируемого к сооружению в Бельгии ПЗРО насчитывают уже более 20 000 страниц.

Что касается FANC, то регулятор посчитал предоставленные материалы заявки достаточно полными и на данный момент занимается подготовкой соответствующего отчета, который затем будет направлен вместе с отчетом Ondraf/Niras на рассмотрение Ученому совету, независимому органу, включающему ведущих экспертов в области ядерной энергетики. В случае если Ученый совет вынесет предварительное положительное заключение по данной заявке, будут реализованы дальнейшие этапы процедуры получения лицензии, включая проведение консультаций с жителями соседних муниципалитетов. Они, в свою очередь, получают возможность ознакомиться с материалами обоснования безопасности по проекту и высказать свои замечания. Также замечания по проекту будут подготовлены Европейской Комиссией и представителями провинции Антверпен. FANC систематизирует полученные замечания и направит их в форме отчета на рассмотрение Ученому совету, который по результатам проведенного анализа огласит свое предварительное мнение и условия для получения разрешения. Затем у Ondraf/Niras будет всего 30 дней для предоставления ответов на полученные замечания, после чего Ученый совет примет окончательное решение по данному вопросу. В случае успеха, разрешение на сооружение ПЗРО (рис. 6) будет выдано в форме королевского указа. В планах

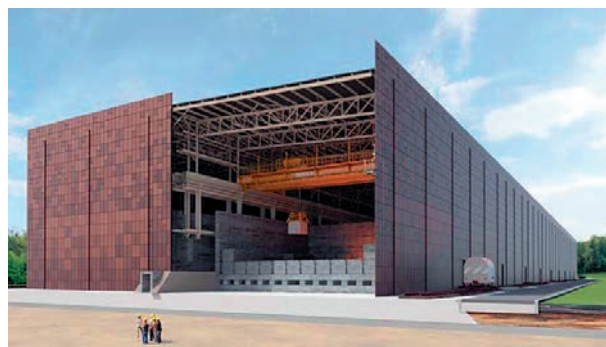


Рис. 6. Пункт поверхностного захоронения РАО, планируемый к сооружению в Бельгии

Ondraf/Niras получить такое разрешение к середине 2020 году с началом захоронения РАО в 2024 году.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Licence-resubmitted-for-Belgian-repository?feed=feed>

Великобритания

В Великобритании стартовали практические работы по выводу из эксплуатации двух крупнейших установок Селлафилдского ядерного комплекса — пункта подводного хранения металлических отходов, образовывавшихся при разделке оболочек твэлов с реакторов Магнокс (англ. Magnox Swarf Storage Silo (MSSS)), и сухого хранилища оболочек твэлов Уиндскейл Пайл (англ. Pile Fuel Cladding Silo (PFCS)).

PFCS было построено в 1952 году. Внутри установки располагается шесть глубоких камер с отходами, которые также называют «шахтами». Установка эксплуатировалась в течение 12 лет, и на сегодняшний день в камерах хранилища находится порядка 3 200 м³ САО. Здесь размещены оболочки твэлов из двух старейших реакторов Великобритании — Уиндскейл и Чаплкросс. Данные оболочки требовалось удалить перед переработкой самого ОЯТ в целях извлечения содержащихся в нем плутония и урана, которые планировалось использовать в рамках ядерной оружейной и энергетической программы Великобритании в 1950—1960-е гг.

В середине 1990-х гг., когда срок службы объекта подошел к концу, стартовали работы по его ремонту и техническому обслуживанию. Реализация данной программы позволила продлить срок безопасного хранения отходов до запуска новой программы по их извлечению и стабилизации.

В марте 2019 года завершились работы по установке оборудования, необходимого для

извлечения ядерного материала из PFCS. Данное оборудование размещено в девяти металлических модулях, которые позволят извлечь ТРО из герметичных колонн высотой 21 м при условии соблюдения всех требований безопасности. Модули были произведены и предварительно испытаны компанией Babcock в Росайте (Шотландия). Затем транспортированы в Селлафилд, где с помощью 500-тонного крана их установили на специально спроектированную платформу на высоте 15 м над поверхностью земли. Первый из модулей, именуемый «участком для передачи контейнеров», был установлен вблизи пятой шахты, где и будет произведена первая операция по извлечению РАО. Шесть дверей из нержавеющей стали весом по 12,4 тонны были установлены в дверные проемы шириной 9 м и весом 40 тонн, расположенные в торце здания (рис. 7). Эти двери предназначены для вскрытия «загерметизированных шахт» — через них будет осуществляться поднятие отходов из шахт хранилища посредством специального оборудования: стрела крана зайдет внутрь шахты сбоку, специальное захватывающее устройство будет опускаться в шахту для захвата и поднятия РАО с их последующей загрузкой в специальные металлические контейнеры. Эти контейнеры будут затем использованы для хранения отходов в сооружаемой на данной площадке установке. Пробные операции по извлечению РАО должны стартовать в течение этого года с переходом к полномасштабным работам к 2020 году.

Второй объект на территории Селлафилда, также вошедший в активную фазу проведения работ по выводу из эксплуатации, — хранилище MSSS. Строительство этого объекта было завершено в конце 60-х гг. прошлого века: камеры глубиной 16 м использовались для хранения металлической магниевой стружки, образовавшейся от разделки Магнокс топлива перед его передачей на переработку. Хранение таких РАО



Рис. 7. Шесть стальных дверей, установленных в сухом хранилище оболочек твэлов Уиндскейл Пайл в Селлафилде (Великобритания)

осуществилось под водой: первые шесть камер были введены в эксплуатацию еще в 1964 году. К 1983 году таких камер насчитывалось уже 22. Однако в начале 1990-х гг. от практики мокрого хранения было решено отказаться.

MSSS было закрыто в 2000 году и сейчас на площадке проводятся работы по выводу из эксплуатации. В итоге данное здание планируется полностью демонтировать, однако прежде потребуется удалить все РАО, находящиеся в его камерах, а также извлечь воду, в которой непосредственно размещены сами металлические отходы.

Источники: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Waste-retrieval-equipment-in-place-at-Sellafield-s?feed=feed>

<http://www.world-nuclear-news.org/Articles/New-UK-facility-ready-to-tackle-legacy-wastes?feed=feed>

Япония

Японская корпорация Toshiba Energy Systems & Solutions объявила о разработке окислительно-восстановительной технологии (REDOX), которая позволит извлечь целый ряд полезных элементов из уже остеклованных ВАО. Речь идет о таких элементах, как палладий, селен, цезий и цирконий, которые содержатся в ВАО наряду с другими долгоживущими продуктами деления с периодом полураспада, приближающимся к одному миллиону лет. Технология REDOX, разработанная корпорацией Toshiba, предполагает применение расплава солей для выделения четырех элементов из остеклованных РАО и производства материала, пригодного для повторного использования. Таким образом, объем ВАО, направляемых на захоронение, может быть сокращен.

Данные исследования были проведены в рамках программы ImPACT (англ. Impulsing Paradigm Change through Disruptive Technologies), осуществляемой под эгидой Совета по науке, технологиям и инновациям Кабинета министров Японии (рис. 8). Главная задача этой программы заключается в изучении методов снижения содержания долгоживущих продуктов деления в РАО и их повторного использования, а также конверсии таких радионуклидов в стабильные и короткоживущие.

Группа исследователей, включающая в том числе специалистов из Японского агентства по науке и технологиям, доказала возможности выделения пригодных для повторного использования элементов из захороненных остеклованных РАО посредством расплава солей. Эксперты пришли к выводу, что использование данной технологии в комбинации с другими,



Рис. 8. Задачи исследовательского проекта ImPACT

разрабатываемыми в рамках проекта ImPACT, например трансмутацией, позволит уменьшить как размеры пунктов захоронения, так и глубину размещения РАО.

В рамках проведенных испытаний, исследовательская группа успешно извлекла из ВАО нуклиды, имитирующие долгоживущие, в форме твердых веществ, растворов солей и газов. Для этого была проведена реакция восстановления вещества-имитатора остеклованных отходов в растворе соли с сетчатыми структурами диоксида кремния. Японские специалисты намерены продолжить данные исследования с целью разработки пригодной для практического использования системы переработки и минимизации объемов ВАО.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Japanese-team-extracts-elements-from-vitrified-was?feed=feed>

США

Специалисты Департамента природопользования Министерства энергетики США, работающие в Национальной лаборатории Айдахо (Idaho National Laboratory, INL), приступили к работам по характеристике сотен контейнеров с РАО перед их отправкой на окончательное захоронение в WIPP (Опытная установка по изоляции трансурановых РАО в штате Нью-Мексико). Анализ содержимого контейнеров, в том числе доставленных с площадок ядерного оружейного комплекса США, таких как Роки

Флетс (штат Колорадо) и Маунт (штат Айдахо), проводится «на месте» с использованием новой технологии портативной гамма-спектрометрии (англ. in-situ object counting system, ISOCS). Эту технологию планируется применить для характеристики содержимого 320 бочек, ящиков и других объектов, размещенных на территории INL, которые невозможно характеризовать с помощью иных методов неразрушающего контроля ввиду их конструктивных особенностей или геометрической формы. Данная технология была разработана Fluor Idaho, подрядчиком Департамента природопользования DOE, работающим на этой площадке в сотрудничестве с компанией Mirion Technologies. В ходе выполнения характеристики происходит измерение размеров контейнеров с РАО, а затем при помощи гамма-камеры фиксируется гамма-излучение, исходящее от контейнеров, с выделением секций, отличающихся повышенным уровнем радиоактивного излучения. Затем эти данные используются системой для характеристики гамма-спектра, выделения отдельных изотопов и определения значений радиоактивности. Данная система была одобрена Агентством по защите окружающей среды США и признана совместимой с системой критериев приемлемости РАО для захоронения, используемой в WIPP.

Источник: <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/New-technology-allows-in-situ-waste-characterisati?feed=feed>

Обзор подготовила Н. С. Цебаковская