

РЕАБИЛИТАЦИЯ СРЕДЫ

СТРАТЕГИИ И МЕТОДЫ ОЧИСТКИ РАДИОАКТИВНО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПЛОЩАДОК

В. ЭБЕРХАРД ФАЛЬК

Деятельность по обеспечению более чистой и безопасной среды в последние годы занимает более заметное место в социальных и политических повестках дня. К такой деятельности относятся усилия по реабилитации загрязненных площадок, представляющих радиологическую опасность для человека и окружающей среды.

Радиологические риски могут быть результатом самых разных видов ядерной и неядерной деятельности, в том числе:

- ядерных аварий или радиологических аварийных ситуаций;
- производства и испытаний ядерного оружия;
- неадекватных методов обращения с радиоактивными отходами и их захоронения;
- промышленного производства, связанного с использованием радиоактивных материалов;
- добычи и переработки руд неядерных материалов и других производственных процессов, например производства газа и нефти, ведущих к повышению концентраций природных радиоактивных веществ (ПРВ).

МАГАТЭ разработало комплексную программу дезактивации радиоактивно загрязненных площадок. В рамках этой программы осуществляются сбор и распространение информации о загрязненных площадках, соответствующих методах их классификации, оценке их потенциального экологического и радиологического воздействия и применимых методах их очистки в соответствии с рекомендуемыми на международном уровне критериями безопасности. Общая цель программы – предоставить регионам мира, распо-

лагающим ограниченными ресурсами и менее развитым в технологическом отношении, возможность сосредоточить свои усилия и выбрать соответствующие стратегии для смягчения воздействия или устранения радиационного облучения. Важным аспектом является намерение “замкнуть цепь” в ядерном топливном цикле в интересах устойчивого энергетического развития, в том числе ядерной энергетики.

Эта деятельность связана со многими взаимозависимыми факторами, включая правовые и организационные рамки, преобладающие социально-экономические условия и необходимость соблюдения равновесия технических параметров и требований по снижению риска в жестких рамках ограниченных бюджетных ресурсов. Одним из ее ключевых аспектов является то, что прежде всего важна совокупная эффективность восстановительного проекта, а не само по себе воздействие физической реабилитации.

При разработке проекта первостепенную важность может приобрести то, как общество воспринимает процесс восстановления и его результаты, поскольку это неизменно влияет на принятие стратегических и технических решений. Решающее воздействие оказывает оценка соотношения затрат и выгод в сопоставлении с наличием ресурсов на период реализации проекта. В проект необходимо включить обоснование и стимулы для реабилитации, которые могут иметь экономический характер, например будущее землепользование, или быть связаны с этическими соображениями.

Факторы, влияющие на решения о практических восстановительных мерах.

Деятельность по реабилитации площадок, подвергшихся радиологически значимому загрязнению, регламентируется руководящими указаниями и критериями, установленными МАГАТЭ и Международной комиссией по радиологической защите (МКРЗ). В этих рамках возможен широкий выбор технических вариантов – от подхода по принципу “ничего не предпринимать” до полномасштабного удаления загрязняющего вещества, в зависимости от степени загрязнения.

Надлежащий учет всех факторов, влияющих на результаты проекта экологической реабилитации, позволяет найти на базе имеющихся знаний оптимальное решение, которое будет способствовать достижению социальных целей и повысит значимость самого проекта. Официальный подход к оценке существующих технологий и их применимости – с учетом переменных и факторов, влияющих на процесс принятия решений при выборе технологии, – повысит прозрачность и, следовательно, вероятность принятия того или иного выбора всеми заинтересованными сторонами. Этот процесс также незаменим для разработки современных процедур контроля и обеспечения качества. В результате выбранные технология и стратегия не обязательно будут оптимальными в чисто техническом смысле, но зато будут

Г-н Фальк – сотрудник Секции технологии обращения с отходами Отдела ядерного топливного цикла и технологии обращения с отходами (МАГАТЭ).

ДОКУМЕНТЫ И МЕРОПРИЯТИЯ МАГАТЭ ПО РЕАБИЛИТАЦИИ СРЕДЫ

| БЕЗОПАСНОСТЬ | УПРАВЛЕНИЕ | БАЗЫ ДАННЫХ | ТЕХНОЛОГИЯ | СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕМЫ |
|---|---|---|---|--|
| Очистка участков, загрязненных в результате прошлой деятельности и аварий (Документ о требованиях по безопасности, готовится к печати) | <i>Факторы, учитываемые при формулировании стратегии восстановления окружающей среды</i> TECDOC-1032 | <i>Справочник информационных ресурсов по восстановлению среды</i> TECDOC-841 | <i>Технологии реабилитации радиоактивно загрязненных площадок</i> TECDOC-1086 | Технологии долгосрочной стабилизации и изоляции хвостов урановой обогатительной фабрики TECDOC, готовится к печати |
| Обращение с радиоактивными отходами от добычи и переработки руд (Руководство по безопасности, готовится к печати) | <i>Классификация радиоактивно загрязненных площадок в целях реабилитации</i> TECDOC-1017 | Справочник по радиоактивным загрязненным площадкам TECDOC, готовится к печати | <i>Технические варианты реабилитации грунтовых вод</i> TECDOC-1088 | Загрязнение окружающей среды ПРВ и соответствующие меры для его снижения TECDOC, готовится к печати |
| Мониторинг и надзор для обеспечения радиологической безопасности остатков добычи и переработки урана/тория (Доклад по безопасности, готовится к печати) | <i>Мониторинг соблюдения соответствующих требований на прошедших реабилитацию площадках</i> TECDOC-1118 | Расходы на восстановление TECDOC, готовится к печати | <i>Методы характеристики площадок, используемые при восстановлении окружающей среды</i> TECDOC-1148 | Реабилитация площадок, загрязненных опасными и радиоактивными веществами TECDOC, планируется |
| | Факторы, влияющие на практику восстановления окружающей среды TECDOC, готовится к печати | | Реабилитация площадок с низким уровнем радиоактивного загрязнения TECDOC, планируется | |

Публикации МАГАТЭ можно получить в Отделе обслуживания конференций и документации. E-mail: sales.publications@iaea.org. См. также Web-сайт WorldAtom: <http://www.iaea.org/programmes/ne/nefw/nefwpubl.htm>

учитываться и социальные, и экономические соображения.

Тем не менее налицо существенные разногласия относительно методов официального учета всех этих факторов. Используемые методы варьируются от простого учета экспертных оценок до качественного ранжирования и комплексных многовариантных оценок на базе количественного подхода. Количественные оценки зачастую нуждаются в общем знаменателе и переводе не имеющих числового выражения свойств в количественные категории в целях сравнения. Существуют значительные разногласия относительно приемлемых методов такого перевода, главным образом из-за нередко неизбежной "монетаризации" этических ценностей.

Основное внимание в проекте МАГАТЭ уделяется факторам, влияющим на процесс принятия решений при выборе технологий для реабилитации окружающей среды, и в планируемом техническом документе будут кратко

изложены возможные подходы и концепции.

Определение масштаба проблемы загрязненных площадок. Несмотря на то что эту задачу можно уподобить подвигу Геракла, МАГАТЭ стремится создать всемирный справочник по радиоактивно загрязненным площадкам (СРЗП). СРЗП должен стать основным средством сбора и распространения информации через Всемирную сеть. На основании вкладов государств-членов в СРЗП будет представлена информация о принимаемых восстановительных мерах в дополнение к основному данным по широкому кругу различных радиоактивно загрязненных площадок.

Одним из основных препятствий в разработке такого справочника остается необходимость дать определение того, что следует считать "загрязнением". В силу существенных различий в национальных законодательствах трудно прийти к единому определению того, что означает "загрязненный".

Помимо научных определений, основывающихся на данных о концентрации/активности или мощности дозы, определения могут даваться, а классификации — составляться в административных целях, причем учитываются более широкие понятия, включая социально-экономические и политические соображения. Иногда государства-члены неохотно идут на включение своей площадки в тот или иной международный справочник, поскольку это может повлечь серьезные последствия. Для дальнейшей разработки СРЗП был взят на вооружение механизм, в соответствии с которым в справочнике перечисляются только те площадки, о которых государства-члены представили официальную информацию.

Справочник должен не только быть перечислением загрязненных площадок, но и служить источником информации по соответствующим реабилитационным мерам. Он мог бы также служить образцом для аналогич-

ных справочников на национальном уровне.

Содействие применению экономически эффективных методов. Государства – члены МАГАТЭ имеют весьма разные уровни опыта и знаний в отношении реабилитации радиологически загрязненных площадок. За последнее десятилетие наблюдался значительный прогресс в области экологической реабилитации, что увеличивает важность распространения знаний о соответствующих действенных и экономически эффективных методах дезактивации.

Ввиду разнообразия причин и форм загрязнения окружающей среды радионуклидами технические решения также различаются. Каждый загрязненный компонент среды требует отдельного подхода. Соответственно, МАГАТЭ рассматривало проблемы загрязненных почв и грунтовых вод, а также мониторинга соблюдения установленных норм и принятых уровней остаточного загрязнения в посвященных этим вопросам технических документах (см. вставку на стр. 21).

В настоящее время детально разработаны методы реабилитации для площадок с четко определенным загрязнением при относительно высоких уровнях концентрации. Однако очистка и реабилитация при дисперсных и относительно низких уровнях загрязнения еще остается задачей, требующей решения, если учесть такие факторы, как затраты и минимальное дополнительное нарушение целостности окружающей среды.

Аналогичные соображения применимы к дальнейшему снижению остаточного загрязнения вслед за осуществлением других восстановительных мер, поскольку эффективность большинства методов снижается по экспоненте по мере уменьшения остающегося загрязнения. Вероятные ответы заключаются в применении менее интенсивных, технически

ШАГИ ПО ПОДДЕРЖКЕ ПРОВОДИМЫХ В БОЛГАРИИ МЕРОПРИЯТИЙ

Во многих странах Центральной и Восточной Европы ведется разная по масштабам и значимости разработка урановых месторождений. Хотя во многих странах эта деятельность ограничивалась разведывательными скважинами, в Болгарии качество и объем запасов урана позволили построить несколько шахт и две обогатительные фабрики. Однако вследствие политических перемен и падения рыночных цен на уран добыча и переработка руды были прекращены в середине 90-х гг. Проект технического сотрудничества МАГАТЭ помог органам власти создать инфраструктуру радиационного мониторинга и получить консультации по выводу из эксплуатации и экологической реабилитации площадок, где велись добыча и переработка. Большинство работ велось в Буховских хранилищах хвостов переработки, состояние которых было нестабильно, что приводило к выбросу загрязняющих веществ в лежащую ниже пойму. Профессиональная подготовка и консультации включали направление групп экспертов по конкретным темам, таким как очистка сточных вод, а также проведение двухнедельного практикума по методологии оценки рисков в связи с различными аспектами добычи и переработки урана, в котором участвовали не только сотрудники соответствующих департаментов министерства, но и персонал бывшей горнодобывающей компании, которой поручена практическая реализация мер по реабилитации. Поддержка МАГАТЭ и проведенная им профессиональная подготовка помогли национальным органам власти лучше понять ситуацию и целенаправленно использовать помощь, предоставляемую под эгидой таких организаций, как программа ФАРЕ Комиссии Европейских сообществ, в рамках которой оказывается поддержка значительной части практических работ по реабилитации.



На фото сверху: отвалы отходов добычи в Бухове, 1995 г.
Внизу: сорбционная установка в Бухове, 1995 г.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УРОКОВ ГЕРМАНИИ

Бывшая Восточная Германия до 1990 г. была одним из основных поставщиков урана и занимала второе место в мире по объемам его производства. После распада Советского Союза и объединения Германии было принято политическое решение остановить всю деятельность компании “Висмут”. Поскольку МАГАТЭ занимается оказанием технической помощи развивающимся странам, опыт Германии пошел на пользу проектам технического сотрудничества Агентства в отношении аспектов закрытия, снятия с эксплуатации и реабилитации многих площадок “Висмут” по добыче и переработке руды. Например, “Висмут” предоставила персонал для работы в экспертных миссиях МАГАТЭ и принимает у себя стажеров из государств – членов Агентства, имеющих схожие проблемы. Таким образом, программы МАГАТЭ помогают распространению знаний и опыта, накопленных при реабилитации многочисленных открытых разработок и глубоких шахт, а также установок для захоронения остатков добычи и переработки.



Реабилитация отвалов породы в Хаммербергхальде. На фото сверху: вид в 1960 г. В середине: вид в 1993 г. Внизу: вид в 1997 г. (Предоставлено Wismut GmbH).

более простых и, соответственно, более дешевых методов. Готовится к выпуску технический документ по этой теме, в котором будут собраны и проанализированы информация и технические данные по соответствующим методам и стратегическим подходам, таким как фито- и биовосстановление или контролируемое естественное снижение уровней загрязнения. В документе будут рассматриваться вопросы применимости и целесообразности

этих технологий, а также предпосылки их использования.

Многие площадки одновременно страдают от последствий загрязнения как опасными ядерными, так и радиоактивными элементами. Обычно это характерно для определенных бывших промплощадок (речь идет, например, о ПРВ в виде побочных продуктов и в остатках), гражданских и оборонных учреждений, связанных с ядерными исследованиями (например, растворите-

ли для процессов обработки), площадок для добычи и переработки руды (например, тяжелые металлы и мышьяк) и бывших могильников для захоронения низкоактивных отходов (например, в результате практики одновременного захоронения опасных отходов вместе с радиоактивными отходами низкой активности). Возникающие в связи с этим специфические экологические проблемы являются в основном результатом взаимо-

действия различных загрязнителей с разными химической структурой и поведением, таких как тяжелые металлы и радионуклиды, как при существующих условиях среды, так и после мер по реабилитации.

Избранный метод реабилитации может привести к фиксации *in situ* или удалению одного загрязнителя и в то же время вызвать активизацию другого. Дополнительной технической и административной проблемой может стать появление в результате мер по реабилитации смешанных отходов. Либо должен быть найден единый способ захоронения, пригодный для различных загрязнителей и удовлетворяющий юридическим требованиям в отношении каждого из них, либо станет необходимым разделить эти загрязнители.

На этих проблемах будет сосредоточено внимание в предстоящем проекте МАГАТЭ по представлению примеров соответствующих вариантов загрязнения и описанию принятых мер по реабилитации. Эти примеры будут анализироваться с целью выявления основных факторов и процессов. Будет разработана процедура, которая поможет определить потенциальные проблемные сочетания загрязнителей, с целью указать направление для решения этих проблем.

Помощь национальным усилиям. МАГАТЭ различными путями помогает государствам-членам в их усилиях по оценке проблем радиологического загрязнения и очистки загрязненных площадок. В начале 90-х гг. МАГАТЭ приступило к осуществлению проекта технического сотрудничества, охватывающего большинство стран Центральной и Восточной Европы, с целью оценить размер и масштаб связанных с радиацией экологических проблем. Это позволило выявить проблемные области и лучше понять конкретные потребности государств.

Существуют две основные проблемные области, которые были и остаются в центре внимания, а именно местности, испытывавшие

воздействие чернобыльской аварии, и площади, затронутые воздействием работ по добыче и переработке урановой руды.

Непосредственная помощь государствам-членам оказывается через проекты технического сотрудничества. Например, таким образом Чешской Республике, Словении и Болгарии была оказана помощь в решении проблем, связанных с проводившейся ранее разработкой урановых месторождений. В эти страны были направлены группы экспертов, там проводились курсы профессиональной подготовки и было предоставлено оборудование для мониторинга и анализа (см. вставку на стр. 22). По новому проекту подобная помощь оказывается Португалии.

Государства-члены участвуют также в проектах координированных исследований (ПКИ), в рамках осуществления которых вместе работают исследователи, занимающиеся аналогичными проблемами. Недавно был завершен ПКИ по методике составления характеристик площадок, а в 2000 г. начат новый проект по методам стабилизации хвостов переработки урановых руд.

Широко применяющимся методом захоронения хвостов переработки урановой руды является заполнение приповерхностных отстойников вблизи соответствующей шахты или фабрики. Такие отстойники часто располагались хаотически, при этом использовались геоморфологические углубления. В результате мер по изоляции этих материалов от окружающей их среды принималось мало или не принималось вовсе. Опасность этих хвостов связана с остаточным содержанием в них долгоживущих радионуклидов и других опасных компонентов, например тяжелых металлов и мышьяка.

Стандартные инженерные проблемы связаны с геомеханическими аспектами, такими как стабильность склонов отвальной породы, дамб и сдерживающих плотин, и большинство государств-членов вносят соответствующие положе-

ния в инструкции по строительству и горным работам.

Тем не менее экологические и радиологические последствия зачастую игнорируются. Типичными экологическими проблемами являются эманация радона и попадание продуктов выщелачивания загрязнителей в поверхностные и грунтовые воды. С целью сведения к минимуму долговременных экологических последствий задача ПКИ состоит в том, чтобы внести вклад в концептуальные и технические решения, результатом которых станут превращение на протяжении длительного периода времени хвостов в более инертный материал и придание стабильности захороненным остаткам и инженерным сооружениям, а также минимизация необходимости в активных мерах поддержания качества окружающей среды при обеспечении технической и экономической обоснованности этих решений.

Сети сотрудничества. Результаты деятельности МАГАТЭ по экологической реабилитации опубликованы в различных технических документах и представлены на международных конференциях и совещаниях. Эта деятельность направлена в первую очередь на удовлетворение нужд менее развитых государств-членов, которые, как правило, располагают меньшими ресурсами и зачастую обладают незначительным опытом обращения с наследием, доставшимся им от политических и административных структур прошлого.

Усилия, направленные на привлечение экспертов всего мира к совместной исследовательской работе и участию в проектах технического сотрудничества, способствуют обмену знаниями, обеспечивая тем самым применение лежащих методов и стратегических подходов. В равной степени важно то, что передача знаний способна помочь развивающимся странам лучше понимать и критически оценивать содействие, оказываемое донорскими организациями и правительствами. □