

ПРОШЕДШИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕРОПРИЯТИЯ

Третий квартал 2018 г. был отмечен рядом международных научных мероприятий в области обращения с радиоактивными отходами. Отметим, на наш взгляд, наиболее существенные из них.

Второе пленарное совещание в рамках Международного проекта по демонстрации операционной и долговременной безопасности пунктов геологического захоронения радиоактивных отходов (The International Project on Demonstration of the Operational and Long-Term Safety of Geological Disposal Facilities for Radioactive Waste GEOSAF Part III) состоялось 3–8 июня 2018 г. в Международном агентстве по атомной энергии, Вена, Австрия.

Проект направлен на сопоставление и обобщение международного опыта обоснования долговременной безопасности пунктов геологического захоронения РАО. В проекте задействованы представители национальных операторов по обращению с РАО, регулирующих органов и организаций технической поддержки как операторов, так и регуляторов.

Проект GEOSAF был начат в 2008 году (GEOSAF Part I) с гармонизации взглядов и мнений на разработку и последующее рассмотрение регулирующими органами обоснования долговременной безопасности (safety case). В 2012 году проект был продлен (GEOSAF Part II) с целью выработать общее мнение заинтересованных сторон на рассмотрение в контексте досье обоснования безопасности вопросов безопасности эксплуатационного периода ПЗРО. В основу работы легли результаты GEOSAF Part I, а также такие документы МАГАТЭ, как SSR-5, SSG-14 и SSG-23. Цель текущей стадии проекта (GEOSAF Part III) — анализ опыта формирования и рассмотрения safety case в различных странах и разработка на основе этого опыта практических рекомендаций к обоснованию эксплуатационной и долговременной безопасности ПЗРО.

В настоящее время заседания GEOSAF III проводятся в трех группах: Группа WG1 фокусируется на нормативных требованиях к эксплуатационной безопасности. В ходе работы группы анализировались различного типа документы: как документы МАГАТЭ, так и научные публикации по тематике геологического захоронения радиоактивных отходов. Был выделен ряд тем, недостаточно отраженных в существующих руководящих и нормативных документах и тематических публикациях. Это, например, вопросы

пожарной безопасности, требования к вентиляции и укреплению горных пород, вопросы охраны труда в условиях ПЗРО и т. д. На текущем этапе продолжается рассмотрение проблемных тематик и формирование соответствующего документа.

Группа WG-2 занимается терминологической совместимостью понятий, описывающих состояние системы захоронения на разных этапах жизненного цикла, которые возникли на практике в процессе формирования обоснования долговременной безопасности, а также их терминологической совместимостью с понятиями руководящих документов МАГАТЭ. Многие вопросы, поднятые в данной группе, являются в определенной степени дискуссионными, в частности, вопрос необходимости новых сущностей, тогда как в документах МАГАТЭ уже есть понятия требований и аргументов безопасности, технических спецификаций элементов системы и так далее.

Группа WG3 рассматривает аспекты управления неопределенностями, отклонений действительного состояния ПЗРО от проектного, осуществления корректирующих действий и обновления safety case. На предыдущих этапах был выделен ряд конкретных практических вопросов, возникающих по данным аспектам в процессе разработки safety case. Из ряда релевантных руководящих документов были выделены отдельные утверждения по интересующим тематикам. На данном этапе проводится сопоставление практических вопросов и выделенных утверждений.

Сообщение подготовлено В. С. Свительман

13-е совещание рабочей группы Комитета по безопасности объектов ядерного топливного цикла (WGFC) при Организации экономического сотрудничества и развития (NEA/OECD) состоялось 13–14 сентября 2018 года в Международном агентстве по атомной энергии (МАГАТЭ). В совещании приняли участие 17 представителей из 7 государств (Канада, Франция, Германия, Япония, Российская Федерация, Испания и США), сотрудники МАГАТЭ и представитель ОЭСР — секретарь группы.

Членами рабочей группы Комитета являются представители регулирующих органов, научно-исследовательских организаций, операторов

ядерных установок и предприятий атомно-энергетической отрасли.

Основная миссия комитета — оказание содействия в поддержании и развитии научно-технической базы знаний, необходимой для оценки безопасности ядерных реакторов и объектов топливного цикла.

В ходе совещания членами рабочей группы были представлены доклады, посвященные состоянию объектов ядерного топливного цикла в их странах с акцентом на последние изменения, произошедшие с момента предыдущего совещания, включая вопросы законодательного и нормативного регулирования. Обсуждены аспекты, связанные с деятельностью совместной системы МАГАТЭ/АЯЭ FINAS, как площадки для обмена опытом эксплуатации установок ЯТЦ. Затронут вопрос о химической опасности установок топливного цикла. Отмечено, что широкий спектр химических опасностей должен обязательно учитываться при проектировании, строительстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов ЯТЦ. Рассмотрена проблематика накопленных РАО и устаревшего оборудования на предприятиях.

По итогам совещания обсужден и сформирован и обсужден предварительный план мероприятий на следующий год, основными из них являются:

- 2—4 октября 2019 г. — совещание по обзору и расследованию событий в рамках системы МАГАТЭ/АЯЭ FINAS.
- 7—9 октября 2019 г. — совещание по развитию подходов к оценке безопасности и практике управления безопасностью объектов топливного цикла.
- 10 октября 2019 г. — 14-е совещание рабочей группы по безопасности топливного цикла.

Сообщение подготовлено Д. В. Бирюковым

2-е совещание рабочей группы при Агентстве по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ ОЭСР) Кристаллический клуб состоялось 13—14 июня 2018 г. в Японии, г. Мицунами. В совещании приняли участие 16 представителей из 6 государств (Канада, Германия, Япония, Российская Федерация, Чешская республика и США) и представитель ОЭСР — секретарь группы.

Кристаллический клуб (Crystalline Club — CRC) был создан в 2017 году при объединенной группе по обоснованию безопасности (Integration Group for the Safety Case — IGSC) АЯЭ ОЭСР (Nuclear Energy Agency Organisation for Economic Co-operation and Development — NEA OECD. Целью создания Клуба было объединение усилий в планировании и выполнении исследований, а также получение взаимной выгоды при анализе и интерпретации результатов исследований по

изучению свойств кристаллических горных пород как среды для создания объектов захоронения радиоактивных отходов. Основной задачей деятельности Кристаллического Клуба является организация обмена информацией, включая развитие подходов/методов для экспериментальных и численных исследований, призванных улучшить понимание свойств кристаллических пород. Для решения этой задачи готовится к публикации сборник «Отчет о состоянии исследований и разработок по изучению глубоких геологических захоронений в кристаллических породах в странах — участниках Кристаллического Клуба» («Report on Status of R&D in CRC Countries Investigating Deep Geologic Disposal in Crystalline Rock»).

Кроме подготовки материалов отчета, во время совещания были проведены два тематических заседания, одно из которых было посвящено японской подземной исследовательской лаборатории (ПИЛ), расположенной в гранитном массиве близ г. Мицунами, а второе — проблемам, связанным с изучением и моделированием процессов в трещиноватых массивах.

ПИЛ размещается на площадке, где до ее создания уже проводились исследования местным геофизическим центром и имелись 4 неглубокие (300 м) исследовательские скважины. Она является ПИЛ общего назначения, то есть на месте ее не предполагается создание захоронения РАО. Цели создания ПИЛ:

- проведение исследований и разработка методики для проверки пригодности технологий геологического захоронения в кристаллической породе (гранитах);
- развитие метода оценки и обоснования безопасности глубинного захоронения на основе исследований в ПИЛ;
- демонстрация населению обоснованности выводов относительно реализуемости геологического захоронения РАО.

Геонаучные исследования, направленные на решение основных задач проекта ПИЛ, выполнялись в 3 этапа, отражающих также этапы ее жизненного цикла. Кроме того, следует отметить, что в ПИЛ Мицунами на практике применен итеративный подход к изучению геологической среды. На каждом этапе повторяется одна и та же последовательность действий, только на разном уровне: концепция — планирование — исследования — анализ и моделирование — оценка.

Этап 1. Наземная стадия исследования, она же стадия подготовки к строительным работам. На этом этапе основные задачи состояли, во-первых, в создании геологической, гидрогеологической, геохимической и механической моделей вмещающей геологической среды на основе результатов различных поверхностных методов исследования.

Этап 2. Стадия строительства ПИЛ. На этом этапе модели геологической среды, разработанные

ранее, модифицировались с использованием результатов исследований, сопровождающих горнопроходческие работы. При проведении строительных работ оценивалось их влияние на прилегающие геологические породы, а также эффективность используемых инженерных технологий. И, кроме того, разрабатывался план экспериментов в ПИЛ.

Этап 3. Фаза проведения экспериментов в ПИЛ или эксплуатационная стадия. На этом этапе продолжается тестирование и модификация моделей вмещающей геологической среды с использованием результатов проведенных исследований, оценивается влияние расширения исследовательских галерей на напряжения в массиве, а также эффективность инженерных технологий, использующихся на большой глубине.

В результате строительных работ сооружены: 2 вертикальных ствола глубиной 500 м, в одном из них функционирует лифт, а в другом расположена лестница; галерея длиной 300 м на глубине 500 м; исследовательские камеры на глубине 100 и 300 м; системы геодинамического, геохимического и гидравлического мониторинга. На сооружение ПИЛ Мицунами затрачено 3 млн долларов.

Выполненные исследования оформлены в проект обоснования безопасности, как если бы это было захоронение, и вынесены на международную экспертизу.

По вопросу моделирования миграции в трещиноватых массивах были представлены стохастические модели, разработанные специалистами Японии (NUMO) и США (SNL). Для моделирования фильтрации и миграции в трещиноватой среде обеими командами была разработана дискретная сеть трещин (ДСТ) (discrete fracture network — DFN) для области размером 100×150×100 м с тоннелем в центре. Параметры для модели основывались на реальных данных, полученных в ПИЛ. Для наблюдаемых на стенах трещин измерялись: положение, длина, падение, сдвиг, диапазон расхода. На стенах тоннеля было обнаружено 2023 трещины, у 146 из них наблюдался расход воды. Было сделано предположение, что трещины, которые не демонстрируют расход, являются или закрытыми, или изолированными от сети трещин.

Подходы к формированию модели несколько различались. Американцы выделили 2 набора трещин с наблюдаемым расходом: с расходом больше или меньше 1 л/мин. Радиус трещин определялся на основе анализа длины следа. Распределение длин следов на всех наборах, включая не проводящие воду трещины, лучше всего описывается логнормальным распределением.

Японцы выделили 3 типа трещин: проточные — расход более 1 л/мин, капаящие — расход более 0,1 л/мин и мокрые — расход менее 0,1 л/мин. Для каждого типа были определены статистические характеристики параметров: направления, длины, проницаемости.

Расположение трещин генерировалось случайно, но затем трещины, пересекающие скважину и тоннель, передвигались так, чтобы совпадать с наблюдаемыми, а проницаемость трещин пересчитывалась так, чтобы соответствовать расходам трещин и гидравлической проводимости скважины.

В модели дискретной сети трещин (ДСТ) предполагается, что движение воды и миграция происходят только через сеть трещин без участия матрицы массива. При этом каждая трещина является двумерным линейным объектом со специфическими формой, размером, гидравлическими свойствами (проницаемость и апертура).

Для моделирования фильтрации и миграции также может быть использована эквивалентная непрерывная модель (ЭНМ). В ней индивидуальные свойства трещин транслируются в свойство эквивалентной пористости среды. Основная цель ЭНМ — воспроизвести поведение, то есть поток и миграцию, соответствующей сети трещин.

Американской и японской группами был осуществлен переход к модели ЭНМ посредством апскейлинга модели ДСТ для моделирования фильтрации и миграции. Сравнение результатов моделирования миграции показывает, что в масштабе эксперимента модель ДСТ дает лучшее совпадение с миграционными тестами, но модель ЭНМ, полученная на основе ДСТ, позволяет получить адекватные результаты.

Сообщение подготовлено Е. А. Савельевой