ROSATOM

КРИТЕРИИ ТАКСОНОМИИ ЕС ДЛЯ ПРОЕКТОВ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

ТЕХНОЛОГИИ ВВЭР И ИННОВАЦИОННЫЕ РАЗРАБОТКИ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ

Краткий обзор

Октябрь 2022

Преамбула

Межправительственная группа экспертов по изменению климата в своем докладе 2021 года сообщила, что выбросы парниковых газов на нынешнем уровне приведут к нарушению климатического баланса и необратимым изменениям в окружающей среде чуть более чем через 10 лет. Это определяет необходимость предпринимать практические действия по борьбе с изменением климата уже сейчас, не откладывая их на горизонт 2050-2060 годов. Важнейшим вопросом остается дефицит практических механизмов реализации заявляемых странами деклараций по климатическим целям, что результируется в призыве к «срочным климатическим действиям».

Несмотря на сохраняющуюся в определенных кругах критику относительно соответствия атомной энергетики «зеленым» критериям, атомная генерация является, по сути, безальтернативной для реализации климатической повестки. При рассмотрении проектов в области атомной энергии повышенное внимание в части соответствия требованиям в области устойчивого развития и «зеленой» повестки уделяется таким аспектам, как добыча природного урана, водопотребление, безопасная эксплуатация АЭС и обращение с радиоактивными отходами.

Эксперты по всему миру не оспаривают тот факт, что атомная энергетика является одним из наиболее низкоуглеродных источников генерации и необходима для обеспечения задач глобального энергоперехода и борьбы с изменениями климата. Эта риторика в явном виде артикулировалась в том числе в ходе очередной Конференции ООН по изменению климата в г. Глазго (Великобритания) в ноябре 2021 года.

С целью поддержки и мотивации деятельности, направленной на борьбу с изменением климата как на национальном, так и международном уровне, разрабатывается «зеленое» регулирование. Из международных стандартов, которые относят атомную энергетику к «зеленым» видам деятельности, можно отметить финансовую таксономию, разработанную под эгидой международной некоммерческой организации Climate Bonds Initiative (CBI).

С точки зрения «зеленой» квалификации атомной энергетики на национальном уровне следует упомянуть разработанный в Китае Каталог одобренных проектов для выпуска «зеленых» облигаций, впервые опубликованный в 2015 году. В сентябре 2021 года в России утверждена Таксономия «зеленых» проектов, которая также квалифицирует атомную энергетику в качестве «зеленой» без дополнительных критериев. Глава CBI Шон Кидни приветствовал российскую «зеленую» Таксономию и отметил, что преимуществом документа является признание атомной энергетики «зеленой».

В июле 2022 года, после многочисленных дискуссий, данные критерии были подтверждены официальными органами Брюсселя, документ подлежит применению с 1 января 2023 года.

Включение атома в Таксономию ЕС, безусловно, является позитивным сигналом и имеет положительный репутационный эффект для атомной энергетики и потенциально увеличивает интерес к ядерным технологиям со стороны лиц, вовлеченных в разработку стратегий энергоперехода – как в части строительства новых, так и в части продления срока эксплуатации существующих АЭС большой мощности, а также в перспективе – реализации проектов по строительству атомных станций малой мощности.

При этом в рамках реализации проектов атомной генерации и инновационных разработок атомной отрасли необходимо неукоснительно соблюдать международные и национальные требования и стандарты. В этой связи анализ критериев Дополнительного делегированного акта к Таксономии ЕС представляет практический интерес.

В апреле-июле 2022 года Госкорпорация «Росатом» провела анализ требований в части атомной энергетики применительно к технологиям ВВЭР и инновационным разработкам атомной отрасли. В отчете также представлены практические примеры проектов и технологических решений из практики работы Госкорпорации «Росатом».

Резюме и ключевые выводы

Таксономия ЕС и другие «зеленые» таксономии рассматривают «зеленую» деятельность прежде всего с позиции ее климатической и экологической эффективности – шире, чем исключительно климатическое воздействие (в том числе, учитывая требование по непричинению существенного вреда), но более узко, чем устойчивое развитие в классическом понимании ESG, которое дополнительно включает аспекты социального воздействия и корпоративного управления/отчётности.

В ДДА Таксономии ЕС определены критерии для квалификации проектов атомной энергетики в качестве устойчивых. Важно, что атомная генерация отнесена к переходным видам деятельности как низкоуглеродный стабильный источник энергии, способствующий эффективному переходу к возобновляемым источникам энергии (ВИЭ).

Подтверждение соответствия критериям Таксономии ЕС является существенным фактором, содействующим эффективности продвижения продуктов и услуг в области атомной энергии в разных странах мира. Важно отметить, что ДДА содержит большое количество детальных критериев для атомных технологий, часть из которых определена нечетко либо не имеет действующих механизмов подтверждения. Также часть критериев относится к зоне ответственности стран, эксплуатирующих АЭС, – вопрос подтверждения соответствия таким критериям остается открытым.

В Таксономии ЕС рассматривается следующая деятельность: сооружение АЭС (получение лицензии до 2045 г.), продление срока эксплуатации АЭС (получение лицензии до 2040 г.) и инновационные технологии (реакторы IV поколения). Установленные критерии можно условно разделить на общие технологические требования (ключевые для анализа), требования к конкретным проектам и требования к законодательству/инфраструктуре страны размещения (необходимо учитывать при оценке потенциальных проектов).

Экспертами Госкорпорации «Росатом» были проанализированы основные критерии Таксономии ЕС для атомной энергетики, которые для удобства анализа были распределены на четыре основные группы:

Подтверждение минимального уровня выбросов парниковых газов включает в себя следующие ключевые критерии:

- **Непревышение выбросов парниковых газов на всем жизненном цикле АЭ 100 г CO2-экв./кВт·ч;**
- **Выбросы парниковых газов на протяжении жизненного цикла должны быть рассчитаны в соответствии с рекомендациями ЕС или стандартами ISO.**

Требование по уровню выбросов парниковых газов не более 100 г CO2-экв./кВт·ч является универсальным для всех видов генерации электроэнергии в Таксономии ЕС и по умолчанию выполняется для атомной генерации, прямые выбросы которой являются нулевыми, аналогично выбросам при генерации возобновляемых источников энергии. В соответствии с отчетом межправительственной группы экспертов по изменению климата ООН (МГЭИК ООН) (2014 г.) уровень выбросов парниковых газов на жизненном цикле генерации для атомной энергетики составляет 12, для ветра – 11, для гидро – 24 и для солнца – 48 г CO2-экв./кВт·ч в среднем. Таким образом атом является одним из наиболее чистых видов генерации. Для сравнения, аналогичные показатели для газовой и угольной генерации составляют 490 и 820 г CO2-экв./кВт·ч соответственно.

Тезис относительно низкоуглеродной природы атома был в явном виде озвучен экспертами при подготовке первой редакции Таксономии ЕС в 2020 году в формулировке «подтверждение потенциального существенного вклада ядерной энергии в достижение целей по смягчению последствий изменения климата является достаточным и ясным»[1].

Критерии в части безопасности на этапе эксплуатации АЭС включают устойчивость к внешним экстремальным воздействиям, минимизацию негативного воздействия АЭС на окружающую среду.

Атомная отрасль имеет одну из наиболее жестких в мире систем стандартов безопасности, которые устанавливаются МАГАТЭ и закрепляются в национальном законодательстве стран размещения АЭС. Система регулирования ядерной безопасности определяет в том числе порядок сооружения, эксплуатации и других этапов жизненного цикла АЭС, обращения с ОЯТ и РАО.

Современные стандарты эксплуатационной безопасности АЭС сформированы в том числе на базе исторического опыта эксплуатации АЭС с тепловыми реакторами первых поколений. Эксплуатационная безопасность современной ядерной энергетики является приемлемой для существующих масштабов ее использования при условии постепенного

1. EU Technical Expert Group on Sustainable Finance, Taxonomy Report: Technical Annex, март 2020

замещения действующих энергоблоков на реакторы поколения III и следующих поколений.

Реакторы поколений I и II в настоящее время технологически устарели, их больше не строят и постепенно выводят из эксплуатации. Первые ректоры поколения III появились в Японии – реакторы ABWR на энергоблоках № 6 и 7 АЭС «Касивадзаки-Карива» в 1996 и 1997 годах.

В 2016 году в России был введен в эксплуатацию первый реактор поколения III+ (ВВЭР-1200 на Нововоронежской АЭС-2). Основным преимуществом реакторов поколения III+ является внедрение в конструкцию реактора систем пассивной безопасности, которые появились после событий на АЭС «Фукусима» в 2011 году.
В настоящее время активно ведется работа по созданию реакторов поколения IV. Основной задачей ректоров поколения IV – помимо обеспечения безопасности – является замыкание ЯТЦ.

Совершенствование системы безопасности и эффективности технологии ВВЭР происходит на всем протяжении их эксплуатации. Современные реакторы российского дизайна основаны на комбинации активных и пассивных систем безопасности, применение которых сводит к минимуму вероятность аварии и исключает риски повреждений в случае урагана, наводнений, землетрясения и других экстремальных внешних воздействий.

Международное сотрудничество играет важную роль для обмена опытом и совершенствования безопасности атомных технологий и соответствующего регулирования. В нормативных документах МАГАТЭ отмечается значимость партнерских миссий в области безопасности. Основными экспертными миссиями в области безопасности являются: миссия по анализу эксплуатационной безопасности (ОСАРТ) и миссия по рассмотрению технических вопросов безопасности (ТСР). Ключевые страны, эксплуатирующие АЭС, включая Францию, Китай и Россию, наиболее регулярно принимают миссии ОСАРТ и контрольные посещения с 1983 года.

Страны-члены МАГАТЭ регулярно представляют национальные доклады о выполнении обязательств в соответствии со ст. 5 Конвенции о ядерной безопасности 1994 года. Доклады содержат актуальную информацию по обеспечению ядерной безопасности и проходят рассмотрение независимых международных экспертов.

Помимо МАГАТЭ существуют и другие площадки для обмена лучшими практиками и оценки безопасности проектов АЭС – сертификация международного Клуба европейских эксплуатирующих организаций (European Utility Requirements, EUR) и многонациональная программа оценки новых проектов АЭС на площадке Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ ОЭСР).

Критерии безопасности в ДДА сформулированы достаточно подробно и в большинстве своем сделаны в виде отсылок к действующим директивам Евросоюза, стандартам безопасности МАГАТЭ и WENRA. Соблюдение данных критериев при реализации атомных проектов обеспечивается за счет детального регулирования порядка сооружения и эксплуатации АЭС, включая требования по соблюдению международных стандартов и соответствующую отчетность в надзорные национальные и международные органы (в том числе Российская Федерация регулярно представляет в МАГАТЭ национальные доклады о выполнении обязательств в соответствии со ст. 5 Конвенции о ядерной безопасности 1994 года).

Критерии в части ядерного топливного цикла (ЯТЦ) включают требования в части толерантного топлива, стремление к замыканию ЯТЦ и минимальному образованию РАО в ЯТЦ (переход к реакторам IV поколения и замкнутому ЯТЦ).

Критерии, касающиеся ЯТЦ, с одной стороны, направлены на проекты по сооружению новых АЭС и по продлению срока эксплуатации АЭС, с другой – могут применяться и к отдельным поставкам топлива.

Критерии в части топливных решений, которые закреплены в ДДА Таксономии ЕС, включают в себя требование по использованию толерантного топлива с 2025 года с его обязательной сертификацией и одобрением национальным регулирующим органом. При этом на сегодняшний день в мире отсутствует общепринятое понятие толерантного топлива и его конкретные технические параметры.

Термин «толерантное топливо» (Accident Tolerant Fuel) прочно закрепился в повестке атомной энергетики после аварии на АЭС «Фукусима» (Япония) в марте 2011 года. Тогда в результате разогрева активной зоны реактора значительно выросла температура оболочек твэлов из циркониевого сплава. Это привело к химической реакции между цирконием и водяным паром (пароциркониевая реакция), что в итоге повлекло за собой взрыв. С тех пор толерантным топливом принято называть ядерное топливо, устойчивое к авариям. Такое топливо должно оставаться работоспособным не только в нормальных условиях, но и в условиях аварий с потерей теплоносителя.

Разработки толерантного топлива ведутся в нескольких странах и по нескольким направлениям. Поскольку четкие критерии такого топлива отсутствуют, специалисты тестируют различные концептуальные подходы к разработке топлива, устойчивого к авариям. Эксперты сходятся в том, что полномасштабная технологическая и даже регуляторная готовность к использованию толерантного топлива не достижима к 2025 году ни по одному из подходов, имеющихся на сегодняшний день.

Кроме того, в зоне неопределенности остается вопрос о том, что считать выполнением требования

по использованию толерантного топлива с 2025 года, получение лицензии на опытную/ частичную/ полную загрузку, частичная/ полная фактическая загрузка такого топлива или прохождение полного изненного цикла квалификации топлива в соответствии с требованиями каждого национального регулирующего органа.

Четкая процедура признания топлива толерантным также отсутствует. По аналогии с любым изменением параметров ядерного топлива, по всей видимости, такое признание должно осуществляться через процедуру сертификации (лицензирования) в соответствии с требованиями законодательства страны-заказчика.

Дополнительный критерий, указанный в ДДА и имеющий непосредственное отношение к ядерному топливному циклу, – переход к экономике замкнутого цикла, т.е. обязательный учёт (организационный, финансовый, технологический) обращения с ОЯТ, в том числе с отработавшим толерантным топливом. В связи с этим при отработке технологий толерантного топлива важными представляются вопросы его переработки и утилизации, что в будущем должно найти отражение в детализации требований к толерантному топливу и порядку его лицензирования.

Также, в связи с данным блоком критериев ДДА необходимо рассматривать реакторы IV поколения, предполагающие полное замыкание ЯТЦ (в том числе реакторы на быстрых нейтронах). Учитывая, что текущая редакция ДДА относит атомною энергетику к переходным видам деятельности с горизонтом реализации проектов сооружения новых АЭС и продления скора эксплуатации действующих АЭС в срок до 2045 и 2040 гг. соответственно, логично предположить возможность принятия очередного дополнительного делегированного акта с «зелеными» критериями по мере развития и коммерциализации технологий реакторов IV поколения для разворачивания масштабного строительства данных АЭС за горизонтом 2045 года.

Госкорпорация «Росатом» уделяет серьезное внимание развитию технологий полного замыкания ЯТЦ, в том числе разработке всех элементов необходимой для этого инфраструктуры. В рамках данного направления Госкорпорация «Росатом» занимается реализацией проекта «Прорыв», а также предлагает концепцию «Сбалансированного ЯТЦ» (СбЯТЦ), которая объединяет в настоящее время продукты и решения, направленные на замыкание топливного цикла легководных реакторов.

Госкорпорация «Росатом» достигает целей СбЯТЦ путем включения в ЯТЦ реакторов нового, IV-го поколения, на быстрых нейтронах, наряду с традиционными реакторами на тепловых нейтронах. СбЯТЦ представляет собой сочетание четырех основных составляющих: переработка ОЯТ с фракционированием ВАО; системы длительного хранения ОЯТ и ВАО; топливо из регенерированных ядерных материалов (уран-плутониевое топливо и регенерированное урановое топливо); дожигание минорных актинидов в быстрых реакторах. Переход на двухкомпонентную атомную энергетику позволит повысить эффективность использования уранового сырья и минимизировать образование РАО.

В части критериев ДДА Таксономии ЕС в области замыкания ЯТЦ имеются определенные трудности с трактовкой, что связано с размытостью определений ОЯТ и РАО. Так, в части стран – членов Евросоюза ОЯТ считается ресурсом, что, соответственно, предполагает возможность его переработки. В ряде стран – в силу отсутствия технологий переработки – ОЯТ квалифицируется в качестве РАО и подлежит исключительно хранению. То есть действующие нормативные документы ЕС допускают отнесение ОЯТ как к рециклируемым продуктам, так и к РАО, что затрудняет применение положений ДДА Таксономии ЕС. Российское регулирование, в силу наличия у Госкорпорации «Росатом» технологий переработки ОЯТ, однозначно квалифицирует ОЯТ как ресурс, что по смыслу соотносится с требованием ДДА Таксономии ЕС о стремлении к переходу к экономике замкнутого цикла.

Критерии в части заключительной стадии жизненного цикла относятся к обращению с РАО и решениям по выводу АЭС из эксплуатации.

Ответственное обеспечение заключительной стадии жизненного цикла является необходимым условием безопасности и непричинения существенного вреда окружающей среде, жизни и здоровью человека.

Большая часть критериев ДДА в части заключительной стадии жизненного цикла относится к законодательству/ инфраструктуре страны размещения АЭС. В ДДА отсутствуют определения, конкретные значения и технические параметры, в основном критерии содержат отсылки к требованиям действующих директив ЕС и стандартам безопасности МАГАТЭ.

В некоторых странах ОЯТ считается ценным ресурсом и предполагает его переработку, а в других – ОЯТ квалифицируется как РАО из-за отсутствия технологий по переработке. Разница в подходах существенно влияет на трактовку критериев ДДА.

Обращение с РАО имеет два вектора – минимальное образование РАО и безопасное обращение с РАО. Четкие требования в части обращения с РАО в ДДА также отсутствуют, такие требования могут в дальнейшем быть уточнены в нормах ЕС или найти отражение в национальном законодательстве. Госкорпорация «Росатом» развивает технологии по замыканию ЯТЦ, что позволяет минимизировать образование РАО посредством переработки и дальнейшего использования ОЯТ. В России государство признает себя собственником накопленных РАО, и тем самым свою исключительную ответственность, включая финансовую, за дальнейшее обращение с такими отходами.

Отдельным направлением работ является снижение опасности РАО. Технология по выделению и трансмутации (дожиганию) минорных актинидов – переход наиболее долгоживущей фракции радиоактивных отходов в короткоживущие или стабильные элементы – позволяет значительно

повысить эффективность захоронения. Это способствует существенному снижению периода потенциальной опасности и избеганию необходимости сооружения пунктов глубинного захоронения путем размещения короткоживущих фракций РАО в приповерхностных и среднеглубинных пунктах захоронения. Такой подход дает возможность управлять рисками, связанными с отсутствием благоприятных геологических условий, а также снизить совокупные затраты на обращение с РАО от ОЯТ.

Вывод из эксплуатации, как и обращение с РАО, требует создания комплексной системы. Во-первых, необходимо создать регулирующую базу, закрепляющую основные принципы и конкретные нормы и показатели. Во-вторых, требуется технологическая инфраструктура – пункты приема, кондиционирования и захоронения РАО, вспомогательное оборудование. В-третьих, должно быть предусмотрено финансовое обеспечение вывода из эксплуатации и обращения с РАО. В-четвертых, должны быть созданы или наделены соответствующими полномочиями регулирующие органы, которые будут отвечать за выдачу лицензии (других официальных разрешений) и осуществление контроля (инспектирование, санкции).

Что касается обращения с РАО, то критерии ДДА в этой части относятся в основном к национальной инфраструктуре, то есть инфраструктуре страны – заказчика проекта АЭС, включая требования по формированию финансовых резервов для эффективного вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии.

Отдельно в этой группе можно отметить критерий, устанавливающий минимальное образование РАО при использовании наилучших доступных технологий – то есть по сути переход к замкнутому ядерному топливному циклу.

Выводы

Можно утверждать, что существующие подходы и технологические решения в области атомной энергетики в целом отвечают «зеленым» критериям и общей логике требований к безопасности и надежности технологических решений. В то же время от представителей атомной отрасли по всему миру потребуются определенные усилия по подтверждению соответствия «зеленым» критериям устойчивого развития.

С учетом исторической регуляторной и технологической автономности атомной отрасли данная задача представляет определенный вызов в связи с необходимостью анализа новых для атомной отрасли «зеленых» требований, проведения расчетов и обоснований, подготовки детальных отчетов для представления «зеленым» верификаторам и компетентным органам.

При этом, данные усилия весьма вероятно приведут к положительному эффекту для атомной отрасли как в виде повышения спроса на атомные технологии, так и в части получения доступа к традиционно ограниченным финансовым ресурсам для техперевооружения действующих и строительства новых АЭС – благодаря инструментам «зеленого» финансирования.

> “Генерацию атомной энергии необходимо удвоить, чтобы достичь целей в области энергетики и климатической повестки”

Фатих Бироль,
Исполнительный директор МЭА

Госкорпорация РОСАТОМ
Полина Лион,
Директор департамента устойчивого развития
E-mail: PYLion@rosatom.ru
www.rosatom.ru