

IAEA BULLETIN

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Флагманская публикация МАГАТЭ | Октябрь 2024 года | www.iaea.org/ru/bulletin

ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

залог достижения

УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ

Путь к миру без выбросов начинается здесь

Интервью с премьер-министром Бельгии Александером де Кро, стр. 4

Энергетический переход и декарбонизация промышленности, стр. 10

Инициатива МАГАТЭ Atoms4NetZero помогает странам использовать возможности ядерной энергетики для достижения углеродной нейтральности, стр. 16



БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ

издается

**Бюро общественной информации
и коммуникации**

Международное агентство по атомной энергии

Венский международный центр

а/я 100, 1400 Вена, Австрия

Тел.: (43-1) 2600-0

iaebulletin@iaea.org

Редактор: Кирсти Грегориц Хансен

Ответственный редактор: Патрисия Пум

Дизайн и верстка: Риту Кенн

БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ доступен в интернете

по адресу:

www.iaea.org/ru/bulletin

Выдержки из материалов МАГАТЭ, содержащихся

в Бюллетене МАГАТЭ, могут свободно

использоваться при условии указания на их

источник. Если указано, что автор материалов не

является сотрудником МАГАТЭ, то разрешение на

повторную публикацию материала с иной целью,

чем простое ознакомление, следует испрашивать

у автора или предоставившей данный материал

организации.

Мнения, которые выражены в любой

подписанной статье, опубликованной в

Бюллетене МАГАТЭ, необязательно отражают

точку зрения Международного агентства по

атомной энергии, и МАГАТЭ не несет за них

никакой ответственности.

Фотография на обложке:

AdobeStock

Следите за новостями на страницах МАГАТЭ:



Атом для мира
и развития

Миссия **Международного агентства по атомной энергии** (МАГАТЭ) состоит в том, чтобы содействовать предотвращению распространения ядерного оружия и помогать всем странам — особенно развивающимся — в налаживании мирного, безопасного и надежного использования ядерной науки и технологий.

Созданная в 1957 году как автономная организация под эгидой Организации Объединенных Наций, МАГАТЭ — единственная организация системы ООН, обладающая экспертным потенциалом в сфере ядерных технологий. Уникальные специализированные лаборатории МАГАТЭ способствуют передаче государствам — членам МАГАТЭ знаний и экспертного опыта в таких областях, как здоровье человека, продовольствие, водные ресурсы, экономика и окружающая среда.

МАГАТЭ также служит глобальной платформой для укрепления физической ядерной безопасности. МАГАТЭ выпускает Серию изданий по физической ядерной безопасности, в которой выходят одобренные на международном уровне руководящие материалы по физической ядерной безопасности. МАГАТЭ также ставит своей задачей содействие минимизации риска того, что ядерные и другие радиоактивные материалы попадут в руки террористов и преступников и что ядерные установки окажутся объектом злоумышленных действий.

В нормах безопасности МАГАТЭ изложены фундаментальные принципы, требования и рекомендации, касающиеся обеспечения ядерной безопасности, и они отражают международный консенсус в отношении того, что можно считать высоким уровнем безопасности для защиты людей и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Нормы безопасности МАГАТЭ разрабатывались для всех типов ядерных установок и деятельности, преследующих мирные цели, а также для защитных мер, необходимых для снижения существующих рисков облучения.

Кроме того, при помощи своей системы инспекций МАГАТЭ проверяет соблюдение государствами-членами их обязательств, касающихся использования ядерного материала и установок исключительно в мирных целях, в соответствии с Договором о нераспространении ядерного оружия и другими соглашениями о нераспространении.

Работа МАГАТЭ многогранна, и в ней участвует широкий круг партнеров на национальном, региональном и международном уровнях. Программы и бюджет МАГАТЭ формируются на основе решений его директивных органов — Совета управляющих, насчитывающего 35 членов, и Генеральной конференции всех государств-членов.

Центральные учреждения МАГАТЭ находятся в Венском международном центре в Вене, Австрия. Полевые бюро и бюро по связи расположены в Женеве, Нью-Йорке, Токио и Торонто. В Вене, Зайберсдорфе и Монако работают научные лаборатории МАГАТЭ. Кроме того, МАГАТЭ оказывает содействие и предоставляет финансирование Международному центру теоретической физики им. Абдуса Салама в Триесте, Италия.

Время пришло

Ядерная энергетика – путь к безуглеродному будущему

Рафаэль Мариано Гросси, Генеральный директор МАГАТЭ

Последствия изменения климата становятся все более очевидными. Засухи, наводнения и пожары указывают нам на необходимость действовать решительно и масштабно.

Имеется определенный прогресс в глобальных усилиях по декарбонизации секторов энергетики, промышленности и транспорта, в частности в том, что касается признания важной роли ядерной энергии.

Поистине историческим событием стало включение ядерной энергетики в глобальное подведение итогов — документ, выпущенный в ходе проходившей в прошлом году в Дубае сессии Конференции ООН по изменению климата (КС-28). Впервые с момента проведения первого подобного климатического саммита в 1995 году 198 стран, подписавших Рамочную конвенцию ООН об изменении климата (РКИК ООН), официально призвали ускорить процесс развития ядерной энергетики. Кроме того, более 20 стран заявили о стремлении утроить мощности ядерной энергетики в мире с целью достичь углеродной нейтральности к 2050 году.

В марте 2024 года МАГАТЭ и правительство Бельгии организовали первый в мире Саммит по ядерной энергии, в рамках которого лидеры более 30 стран и Европейского союза собрались в Брюсселе, чтобы обсудить конкретные шаги по ускорению развития ядерной энергетики для обеспечения энергетической безопасности, достижения целей в области климата и содействия устойчивому развитию. В ходе этого первого — и ставшего поворотным — саммита по ядерной энергии были четко обозначены необходимые шаги: от создания условий, необходимых для привлечения инвестиций,

до обеспечения того, что ни одна страна не окажется на обочине этого процесса.

На фоне этой положительной динамики МАГАТЭ уже четвертый год подряд повышает свои прогнозы в отношении выработки электроэнергии на АЭС. Согласно оптимистическому прогнозу к 2050 году мощности мировой ядерной энергетики вырастут в 2,5 раза по сравнению с сегодняшним днем, причем четверть этого прироста обеспечат малые модульные реакторы (ММР).

По всему миру страны-новички изучают возможность создания ядерной энергетики, а страны с уже действующими программами продлевают срок службы своих атомных электростанций и сооружают новые. Технологическим компаниям необходимо без увеличения вредных выбросов обеспечить питание энергоемкие дата-центры: для этого они сотрудничают с игроками ядерной отрасли, включая как существующих поставщиков вырабатываемой на АЭС электроэнергии, так и стартапы в сфере ММР.

В этом выпуске Бюллетеня рассматривается текущее положение дел в области ядерной энергетики, рассказывается о недавних успехах и о том, что еще предстоит сделать, чтобы ядерная энергетика оправдала возложенные на нее надежды. От увеличения численности работников отрасли до оптимизации процессов и ускорения темпов сооружения реакторов — наш путь вперед четко обозначен. Для достижения наших целей мы должны действовать решительно и воплощать в жизнь заявленные на глобальном уровне намерения. Миру нужно больше ядерной энергетики — пришло время ее создавать.



«Имеется определенный прогресс в глобальных усилиях по декарбонизации секторов энергетики, промышленности и транспорта, в частности в том, что касается признания важной роли ядерной энергии».

– Рафаэль Мариано Гросси
Генеральный директор,
МАГАТЭ



Фото: МАГАТЭ



1 Время пришло

Ядерная энергетика — путь к безуглеродному будущему

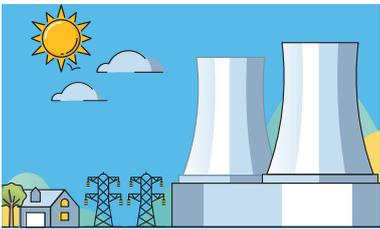


4 Путь к миру без выбросов начинается здесь

Интервью с премьер-министром Бельгии Александером де Кро



6 КС-29 в Баку призвана развить успех конференции в Дубае



8 Реакторы большой мощности станут основной движущей силой расширения ядерной энергетики, несмотря на развитие малых модульных реакторов



10 Энергетический переход и декарбонизация промышленности



12 Центры обработки данных, проекты в сфере ИИ и криптовалют видят в передовых ядерных технологиях решение для удовлетворения растущих энергетических потребностей



14 Универсальный характер вехового подхода МАГАТЭ способствует развитию ядерной отрасли



16 Инициатива МАГАТЭ Atoms4NetZero помогает странам использовать возможности ядерной энергетики для достижения углеродной нейтральности



18 Стандарты, ведущие к успеху: инициатива МАГАТЭ способствует ускоренному внедрению ММП



20 Развитие людских ресурсов в ядерной энергетике для достижения будущего без выбросов



22 Какое значение для деятельности МАГАТЭ по проверке имеет принятая на КС-28 «ядерная» декларация?

СЕГОДНЯ В МАГАТЭ

24 Новости

28 Публикации

Путь к миру без выбросов начинается здесь

Премьер-министр Бельгии Александер Де Кро и Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Мариано Гросси стали сопредседателями первого в истории саммита по ядерной энергии.

Атомная энергия вызывает все больший интерес во многих странах, поскольку она позволяет сократить потребление ископаемого топлива и одновременно удовлетворить растущую потребность в низкоуглеродной электроэнергии, подачу которой можно регулировать в зависимости от спроса, что приближает нас к достижению глобальных целей углеродной нейтральности. На сегодняшний день этот саммит стал мероприятием самого высокого уровня, посвященным исключительно теме ядерной энергии.

Премьер-министр Александер Де Кро рассказал нам о значении саммита и роли ядерной энергии в достижении углеродной нейтральности.



В: Каковы были основные цели саммита по ядерной энергии, и как, по вашему мнению, он повлиял на глобальную дискуссию и меры в области ядерной энергии и развития технологий?

О: 21 марта 2024 года в Брюсселе впервые состоялся глобальный саммит по ядерной энергии с участием глав государств, что свидетельствует о важности этого мероприятия. На саммите у всех участников — глав государств была возможность поделиться мнениями о роли, которую ядерные технологии должны играть — и будут играть в ближайшие годы — в достижении общих целей декарбонизации. Саммит направил четкий политический сигнал о признании важности ядерной энергетики для многих стран мира, стремящихся достичь углеродной нейтральности.

Обсуждать что-то — хорошо. Но гораздо лучше — воплощать решения в жизнь. Именно поэтому мы решили объединить эти политические обсуждения с научным симпозиумом, на котором собрались ключевые представители отрасли, с целью дать им возможность продемонстрировать последние инновации и помочь построить связи и партнерские отношения, которые позволят им разрабатывать проекты в будущем.

В: В чем, на ваш взгляд, заключается вклад ядерной энергии в глобальный переход к более экологически чистым и устойчивым источникам энергии, особенно в контексте перехода к углеродной нейтральности?

О: Ядерная энергетика — это часть решения проблемы. Во-первых, война в Украине открыла нам в Европе глаза на то, что в обеспечении наших энергетических потребностей мы больше не можем зависеть от других. Нам необходимо вернуть контроль над ситуацией и максимально диверсифицировать наши источники энергии. Европа заново открыла для себя геополитическую реальность энергетической политики. В то же время нам необходимо ускорить темпы энергетического

перехода, если мы хотим достичь климатических целей, намеченных на 2050 год.

В: Как вы думаете, почему необходимость в проведении этого саммита возникла именно сейчас?

О: Только посмотрите, сколько внимания уделялось ядерной энергетике в ходе дискуссий на КС-28 в Дубае. Теперь нам нужно перейти от создания идей и проектов к их осуществлению. А в этом и заключается настоящая сложность. Мы должны воспользоваться этим импульсом, чтобы создать политические и экономические условия, которые позволят нам перейти от презентаций к осуществленным проектам, будь то малые модульные реакторы (ММР) или другие инновационные решения, которые станут стабильным базисным источником электроэнергии для нашей промышленности по всему миру.

В: Зачастую общественность относится к ядерной энергии скептически. Какие стратегии, по вашему мнению, лучше всего помогают людям понять и принять ядерную энергетiku, способствующую борьбе с изменением климата?

О: В некотором смысле этот сдвиг уже произошел. Уровень осведомленности общественности о ядерной энергии не был таким высоким уже много десятилетий. Даже у меня на родине, где предполагалось постепенно полностью отказаться от использования ядерной энергии, видно резкое изменение в общественном мнении, и теперь роль ядерной энергии в структуре энергопроизводства воспринимается положительно. Эта тенденция наблюдается и в других странах. Мы должны воспользоваться этой новой поддержкой, чтобы обеспечить максимально возможную прозрачность и заручиться доверием нашей общественности. Мы не можем позволить себе преуменьшать вклад ядерной энергетики, но давайте не будем и преувеличивать его. Мы должны реалистично оценивать роль ядерной энергии в общей структуре энергопроизводства стран и обсуждать возможности и проблемы, руководствуясь принципом транспарентности.

«На саммите у всех участников — глав государств была возможность поделиться мнениями о роли, которую ядерные технологии должны играть — и будут играть в ближайшие годы — в достижении общих целей декарбонизации».

— премьер-министр Бельгии Александер Де Кро



В ходе КС-28 в Дубае премьер-министр Александер Де Кро и Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Мариано Гросси объявляют о проведении первого в мире саммита по ядерной энергии

(фото: Д. Кальма/МАГАТЭ).

В: Какие проблемы и возможности, на ваш взгляд, связаны с повсеместным распространением ядерной энергии в мире, и как эти проблемы можно решить?

О: Я считаю важным говорить о возможностях — они огромны. Серьезнейшей проблемой тысячелетия является изменение климата. Но мы можем обратить его себе на пользу, создавая рабочие места, повышая качество жизни и устойчивость нашего общества и обеспечивая реальное будущее для инноваций и нашей промышленности. Задача состоит в том, чтобы объединить наши усилия, консолидировав ожидания граждан, политиков, представителей нашей промышленности и всех заинтересованных сторон, чтобы вместе претворить в жизнь это решение, которое предполагает использование ядерной энергии. Наша цель — сделать этот саммит по-настоящему глобальным, привлечь к участию в нем партнеров со всего мира. Изменение климата не признает национальных границ, и постепенного отказа от ископаемого топлива только в одном регионе планеты будет недостаточно. Нужен коллективный ответ на глобальном уровне, в котором учитываются различия между странами и континентами. Первый саммит по ядерной энергии прошел успешно, и он точно не станет последним.

В: Как, по вашему мнению, ядерная энергия может усилить энергетическую безопасность и способствовать экономическому развитию на национальном и на глобальном уровне?

О: Посмотрите, чего мы смогли добиться в Бельгии. Мы отказались от мер политики 20-летней давности и пересмотрели нашу позицию по постепенному отказу от ядерной энергетики. И одновременно с этим мы как никогда много инвестировали в возобновляемые источники энергии. Бельгия намерена к 2040 году увеличить производство электроэнергии на ветроустановках в Северном море в четыре раза, до 8 гигаватт (ГВт), и соединить нашу морскую инфраструктуру с другими странами, имеющими выход к Северному морю, путем создания первого в мире «энергетического острова». К 2040 году

это позволит удовлетворить потребности в электроэнергии 50 процентов всех бельгийских домохозяйств. Неплохо для страны, имеющей чуть более 60 километров береговой линии! Но это необходимо дополнить другими низкоуглеродными источниками энергии, например ядерной энергетикой. Помимо решения о долгосрочной эксплуатации реакторов «Дул-4» и «Тяньж-3», мы приняли решение об инвестициях в разработку ядерных инноваций в Бельгийском центре ядерных исследований (SCK-CEN) в Моле. Бельгия рассчитывает участвовать в инновационных исследованиях в области демонтажа ядерных установок, применения радионуклидов в медицине и разработки ММР четвертого поколения.

В: Учитывая достижения в области ядерных технологий, включая ММР, реакторы большой мощности и технологию термоядерного синтеза, как, по вашему мнению, эти инновации формируют будущее ядерной энергии и способствуют повышению устойчивости энергетики?

О: Ключом к будущему любой отрасли являются инновации. Чтобы войти в будущее с нулевыми уровнем выбросов, требуется глубокая модернизация наших энергетических систем. Нашим обществам будут по-прежнему нужны базисные источники электроэнергии, и в этом отношении во многих странах ядерная энергия будет продолжать играть критически важную роль. Но для достижения успеха нам также понадобятся более гибкие и интеллектуальные энергетические системы. В будущем они должны стать невосприимчивыми к внешним воздействиям, обеспечивать надежность снабжения, быть углеродно-нейтральными и влечь за собой минимально возможные операционные расходы. Большая часть инноваций в ядерной отрасли направлена на решение этих проблем. Это говорит о том, что отрасль движется в правильном направлении.

КС-29 в Баку призвана развить успех конференции в Дубае

Мэтт Фишер

По прошествии года, ознаменовавшегося значительным прогрессом для ядерной энергетики, центр международных усилий, направленных на то, чтобы помочь решить самые острые климатические и энергетические проблемы в мире с помощью этой экологически чистой и надежной технологии, смещается от 28-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (КС-28) в Дубае в сторону КС-29 в Баку, где Азербайджан примет ежегодный глобальный климатический саммит.

Конференция КС-28 стала знаменательным событием для ядерно-энергетической отрасли. После примерно трех десятков лет забвения на полях ежегодной Конференции в прошлом году ядерная энергетика наконец получила заслуженное признание в Дубае. В ходе КС-28 было ясно заявлено: расширение использования ядерной энергии должно стать центральной составляющей глобальных усилий по достижению углеродной нейтральности.

Поступательное развитие получило еще один импульс в ходе первого Саммита по ядерной энергии, который был организован МАГАТЭ и правительством Бельгии и состоялся в марте

2024 года в Брюсселе. Лидеры из более чем 30 стран и Европейского союза подчеркнули важную роль ядерной энергетики для обеспечения энергетической безопасности, достижения климатических целей и устойчивого развития.

В ходе КС-29 ядерная энергетика вновь сможет оказаться в центре внимания, в то время как страны намечают пути реализации всего ее потенциала. И пока лидеры собираются в Баку, в этом выпуске Бюллетеня МАГАТЭ рассказывается о все более заметной роли ядерной энергии в переходе к экологически чистой энергетике.

Диверсификация решений в области ядерной энергетики

Чтобы к 2050 году втрое увеличить мощности АЭС, мировому сообществу необходимо использовать все доступные решения. Почти все из приблизительно 60 строящихся в настоящее время реакторов являются реакторами большой мощности с водой под давлением. И хотя эти технологии будут основным двигателем роста отрасли, важную роль будут играть

В ходе КС-28 было ясно заявлено: расширение использования ядерной энергии должно стать центральной составляющей глобальных усилий по достижению углеродной нейтральности.

تجارات العربية المتحدة، ديسمبر 2023

TRIPLING NUCLEAR ENERGY BY 2050

United Arab Emirates, December 2023



также перспективные технологии, такие как технологии малых модульных реакторов (ММР) и микрореакторов, включая новые конструкции с инновационными видами топлива и теплоносителя.

Ядерная энергетика многообразна. Помимо покрытия базовой нагрузки в электросетях всего мира она может использоваться в целях быстрой декарбонизации и снижения влияния промышленного сектора, ответственного почти за 40% выбросов парникового газа.

В ближайшие годы будут быстро расти потребности в электроэнергии со стороны центров обработки и хранения данных, а также со стороны проектов в сфере искусственного интеллекта. В связи с этим такие компании, как «Гугл» и «Майкрософт», активно изучают возможности использования передовых ядерных технологий в качестве экологически чистых, надежных и гибких источников электроэнергии, способных удовлетворить их возрастающие потребности. Это может открыть новый оригинальный путь для коммерческого внедрения передовой ядерной энергетике на рынках, которые ей было сложно занять на фоне проблем, связанных с финансированием новаторских технологий.

Основные вехи становятся ближе

Все большее число стран стремится добавить ядерную энергетiku в свою структуру энергопроизводства. В ответ на эти потребности МАГАТЭ в рамках разработанного им вехового подхода (который недавно был обновлен с учетом специфики ММР) предлагает ясную схему развития инфраструктуры, необходимой для реализации ядерной программы с соблюдением требований ядерной безопасности, физической безопасности и защиты окружающей среды. В ситуации растущей заинтересованности в ядерной энергетике в развивающихся странах все страны-новички имеют возможность пользоваться рекомендациями МАГАТЭ.

Страны нуждаются в поддержке при разработке своих уникальных программ по достижению углеродной нейтральности. Отправной точкой часто является моделирование энергетических сценариев. Оно позволяет получить всеобъемлющую и основанную на анализе данных картину проблем и возможностей, с которыми предстоит столкнуться. Благодаря инициативе МАГАТЭ Atoms4NetZero руководители и организации получают данные, необходимые для принятия взвешенных и научно обоснованных решений, позволяющих в полной мере использовать возможности ядерной энергетике, в том числе в сферах, не связанных с производством электроэнергии, и осуществить декарбонизацию экономики своих стран.

Успехи в различных направлениях

В рамках оптимизации планов расширения энергетической системы необходимы инновационные подходы к строительству новых АЭС с соблюдением временных и бюджетных ограничений. Инициатива МАГАТЭ по гармонизации и стандартизации в ядерной области помогает странам разработать согласованные подходы к регулированию и обеспечить промышленную стандартизацию, чтобы способствовать внедрению ММР и других усовершенствованных реакторов, отвечающих требованиям ядерной и физической безопасности.

Сейчас как никогда велика потребность в квалифицированных сотрудниках, представляющих различные этносоциальные группы, которые будут способны ответить на вызовы нашего времени и обеспечить долгосрочную устойчивость ядерной энергетике. МАГАТЭ оказывает поддержку странам в этой сфере в рамках таких инициатив, как Школа управления в области ядерной энергии, Программа стипендий МАГАТЭ имени Марии Склодовской-Кюри, Программа имени Лизе Майтнер, и целого ряда других учебных программ, семинаров-практикумов и услуг независимой экспертизы.

МАГАТЭ осуществляет проверки на предмет мирного использования ядерного материала. Продолжающееся наращивание ядерно-энергетических мощностей приводит к постоянному увеличению количества используемых ядерных материалов и числа ядерных установок, находящихся под гарантиями МАГАТЭ. МАГАТЭ использует передовые технологии и сотрудничает как со странами, наращивающими мощности своей ядерной энергетике, так и со странами-новичками, желающими включить ядерную энергетiku в структуру своего энергопроизводства. Благодаря этому Агентство всегда готово распространить свои гарантии на новые материалы и установки, тем самым удовлетворяя потребности международного сообщества в этой сфере, растущие по мере движения мира к углеродной нейтральности.

Как показали итоги КС-28, мировая потребность в экологически чистой ядерной энергии, источники которой отличаются высоким уровнем надежности, продолжает расти. В рамках КС-29 страны смогут вести работу с целью обеспечить максимально эффективное использование возможностей ядерной энергии — важнейшей составляющей безуглеродного будущего.

КС-29

Реакторы большой мощности станут основной движущей силой расширения ядерной энергетики, несмотря на развитие малых модульных реакторов

Джоан Лю

Наращивание ядерных мощностей до уровня, необходимого для достижения углеродной нейтральности, — это важный и многогранный процесс, заметную роль в котором могут сыграть реакторы множества различных типов. Однако наиболее значимыми при этом должны стать реакторы большой мощности. Водоохлаждаемые реакторы большой мощности были основным направлением развития ядерной энергетики в XX веке. Ожидается, что основной объем новых ядерных мощностей будет приходиться на проектируемые или строящиеся в настоящее время усовершенствованные реакторы, многие из которых рассчитаны на 1,0–1,7 гигаватта (электрической мощности) (ГВт (эл.)).

«В странах, в которых уже имеются действующие атомные электростанции, рост ядерных мощностей будет происходить скорее за счет легководных реакторов большой мощности, а не за счет малых модульных реакторов (ММР), — говорит Алин де Клуазо, директор Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ. — Реакторы большой мощности — это хорошо зарекомендовавшая себя технология, являющаяся надежным источником больших объемов дешевой электроэнергии для покрытия базовой нагрузки. Однако мы ожидаем, что различные страны и отрасли не будут пренебрегать и возможностями ММР».

Необходимо расширять ядерную энергетику, чтобы достичь углеродной нейтральности в мировом масштабе — с таким призывом Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Мариано Гросси выступил в декабре на 28-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (КС-28) в заявлении, получившем поддержку десятков стран. Эта позиция была подкреплена включением

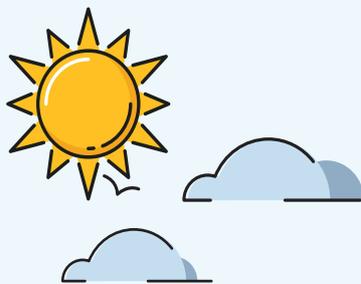
ядерной энергетики в глобальное подведение итогов — впервые за почти тридцатилетнюю историю Конференции.

В рамках оптимистического сценария, представленного в прогнозе МАГАТЭ, в период с 2022 по 2050 год мощность мировой ядерной энергетики более чем удвоится — с 371 до 890 ГВт (эл.). При этом на ММР придется лишь около 10% этого роста. Это означает ежегодный ввод в эксплуатацию по меньшей мере 20 ГВт (эл.). «Задача амбициозная, но технически реализуемая», — считает Анри Пайер, руководитель Секции планирования и экономических исследований МАГАТЭ.

Реакторы меньшей мощности, такие как ММР и микрореакторы, могут с некоторыми ограничениями применяться для снабжения электроэнергией промышленных потребителей и удаленных населенных пунктов с небольшими электросетями, а также для производства водорода и опреснение морской воды. Однако перед началом широкого внедрения ММР необходимо провести демонстрацию их работы. В ближайшие годы в ядерной отрасли все также будут доминировать реакторы большой мощности.

Почти все из 58 строящихся в настоящее время реакторов являются реакторами большой мощности. При этом планы расширения, разработанные странами, уже имеющими ядерную энергетику, и странами-новичками, также в основном касаются реакторов мощностью 1 ГВт и выше, хотя многие из этих стран рассматривают и возможность внедрения ММР. Например, такая страна-новичок, как Польша, планирует к середине 30-х годов создать собственную ядерную энергетику мощностью 6–9 ГВт (эл.) путем

В рамках оптимистического сценария, представленного в прогнозе МАГАТЭ, в период с 2022 по 2050 год мощность мировой ядерной энергетики более чем удвоится — с 371 до 890 ГВт (эл.). При этом на ММР придется лишь около 10% этого роста.



строительства реакторов большой мощности. Китай, в настоящее время эксплуатирующий 55 реакторов, собирается к 2060 году увеличить мощность своей ядерной энергетики в восемь раз — примерно до 400 ГВт, и опять же в основном за счет реакторов большой мощности.

Препятствия на пути расширения

По словам г-на Пайера, основные проблемы, тормозящие расширение ядерной энергетики, связаны с финансами и людскими ресурсами: «Необходимы механизмы привлечения капитала инвесторов и частного сектора для финансирования новых ядерно-энергетических проектов. Средства для перехода к экологически чистой энергетике имеются. Но в случае ядерной энергетики инвесторы опасаются рисков, таких как срыв сроков строительства».

После замораживания строительства новых АЭС на десятилетия строительство крупномасштабных и инновационных ядерных объектов в западных странах часто оказывается сопряженным с перерасходом средств и срывом сроков, которые обусловлены необходимостью перезапустить промышленные процессы и восстанавливать утраченную квалификацию. «В некоторых из этих стран строительство не велось уже 20 лет. Необходимо вновь обучать персонал и восстанавливать систему поставок», — рассказывает г-н Пайер. — Расширение ядерной энергетики предполагает рост темпов строительства и подключения к электросетям, а для этого нужно больше инженеров, техников, сварщиков и других специалистов. Проблема людских ресурсов не является особенностью ядерной отрасли, она характерна для всех направлений экологически чистой энергетики». Для своевременной сдачи в эксплуатацию новых АЭС чрезвычайно важен опыт, полученный в ходе реализации предыдущих проектов, включая опыт управления проектами и привлечения заинтересованных сторон.

В ряде стран, таких как Беларусь, Китай, Республика Корея, Российская Федерация

и Объединенные Арабские Эмираты, большинство новых АЭС сдаются в срок и без превышения сметы, при этом они в основном базируются на усовершенствованных водоохлаждаемых реакторах. «Стандартизация конструкции усовершенствованных реакторов позволяет ускорить лицензирование, а также сократить затраты и сроки строительства», — говорит г-жа Клуазо.

История и перспективы

Бум развития ядерной энергетики пришелся на 70-е годы прошлого века и был обусловлен главным образом строительством АЭС в Северной Америке и Европе. В 1970 году в 15 странах эксплуатировалось 90 реакторов общей мощностью 16,5 ГВт (эл.). В 70-е годы ежегодно начиналось строительство 25–30 новых энергоблоков. К 1980 году в 22 странах эксплуатировались 253 ядерных реактора общей мощностью 135 ГВт (эл.). К концу 90-х годов мировая ядерная энергетика выросла еще более чем вдвое, достигнув 326 ГВт (эл.).

«Ядерная промышленность и система поставок были хорошо отлажены и могли обеспечивать ежегодный рост в объеме 30 ГВт», — говорил г-н Пайер. — Это обнадеживает, потому что в то время рост происходил за счет небольшого числа стран, таких как Франция, Япония и Соединенные Штаты Америки. Сегодня крупными игроками стали Китай и Российская Федерация, при этом у них имеются промышленность и системы поставок, способные обеспечить расширение ядерной энергетики».

Для возрождения и расширения ядерной энергетики в рамках достижения общемировых целей, будь то с помощью реакторов большой мощности или с помощью ММР, необходимы поддержка на политическом уровне и строгий контроль расходов. «Импульс в нужном направлении имеется, но необходимо больше политических усилий», — говорит г-жа Клуазо.

расширение использования ядерной энергетики



Энергетический переход и декарбонизация промышленности

Эрик Ингерсол и Чирайю Батра

Мы хотим, чтобы в будущем нашей высокоэнергетичной планете с избытком хватало экологически чистых источников энергии. Для полной декарбонизации мировой энергетической системы и обеспечения каждого жителя планеты возможностью пользоваться современными энергетическими услугами, эквивалентными среднему показателю Организации экономического сотрудничества и развития, понадобится более 30 тераватт (эл.) (ТВт (эл.)) экологически чистой энергии. Как отрасли промышленности и экономика стран могут продолжать расти, стремясь к декарбонизации? В 2022 году на промышленный сектор приходилось 37 процентов мирового потребления энергии, и он был непосредственным источником выбросов 9 гигатонн углекислого газа, что составляет 25 процентов от выбросов углекислого газа в мировой энергосистеме (не считая косвенных выбросов от использования электроэнергии в промышленных процессах). Несмотря на обязательства по декарбонизации, технологические выбросы ведущих промышленных стран неуклонно растут.

Как удовлетворить потребности в технологическом тепле и электроэнергии в условиях энергетического перехода

Главной тенденцией энергетического перехода является стремление к полномасштабной электрификации, даже в промышленности. Однако такая стратегия «полной электрификации» сопряжена со значительными трудностями, особенно когда речь идет об удовлетворении потребностей в технологическом тепле и электроэнергии. Эти потребности отличаются от потребностей в ресурсах, поступающих только из энергосети, так как в этом случае они зависят от загрузки системы комбинированной выработки тепла и электроэнергии, расположенной «за счетчиком». Первая проблема заключается в том, что тепло и электроэнергия потребляются одновременно, а вторая — в том, что необходимо обеспечить надежность, доступность и безопасность этого процесса. Есть и другие препятствия, такие как наличие новых линий электропередачи, а также эффективность и надежность вновь электрифицированных технологических процессов.

Согласно результатам анализа, приведенным в недавнем отчете Министерства энергетики Соединенных Штатов Америки (США), основная часть выбросов в промышленных секторах связана с выработкой тепла: этим, а также необходимостью производить электроэнергию на площадке, обусловлено почти 60 процентов выбросов. Если учесть удельный выброс углерода энергосети, то промышленные выбросы вполне могут

превысить 70 процентов от общего объема выбросов.

На 28-й сессии Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (КС-28) ядерная энергия была впервые включена в число экологически чистых источников энергии, требующих ускоренного развития. Более 22 стран обязались прилагать усилия, чтобы утроить мощность мировой ядерной энергетики к 2050 году. Однако это означает, что будет произведено около 9000 тераватт-часов (ТВт·ч) электроэнергии, а в 2022 году столько электроэнергии потреблялось только лишь отраслью черной металлургии. Полная декарбонизация энергоемких отраслей промышленности, таких как химическая, нефтехимическая, цементная и целлюлозно-бумажная, потребует значительного увеличения объемов вырабатываемого экологически чистого тепла и электроэнергии.

Для использования непостоянных источников энергии требуется значительное расширение энергосети, что отражается на ее стабильности и приводит к увеличению системных издержек и расходов на обеспечение надежности источников энергии. Эти обстоятельства не способствуют удовлетворению потребности промышленности в электроэнергии и могут серьезно ограничить промышленный рост. Однако децентрализованный источник ядерной энергии — например, малый модульный реактор (ММР) или микрореактор, работающий на промышленной площадке или в промышленном кластере, — может обеспечить достаточное количество тепла и электроэнергии для удовлетворения потребности в них. Компания «Дуо кемикал», среди прочих, уже намеревается испытать эту модель, планируя разместить высокотемпературные газоохлаждаемые ММР на одной из своих производственных площадок в США, чтобы использовать этот экологически чистый источник тепла и электроэнергии вместо природного газа и декарбонизировать производство.

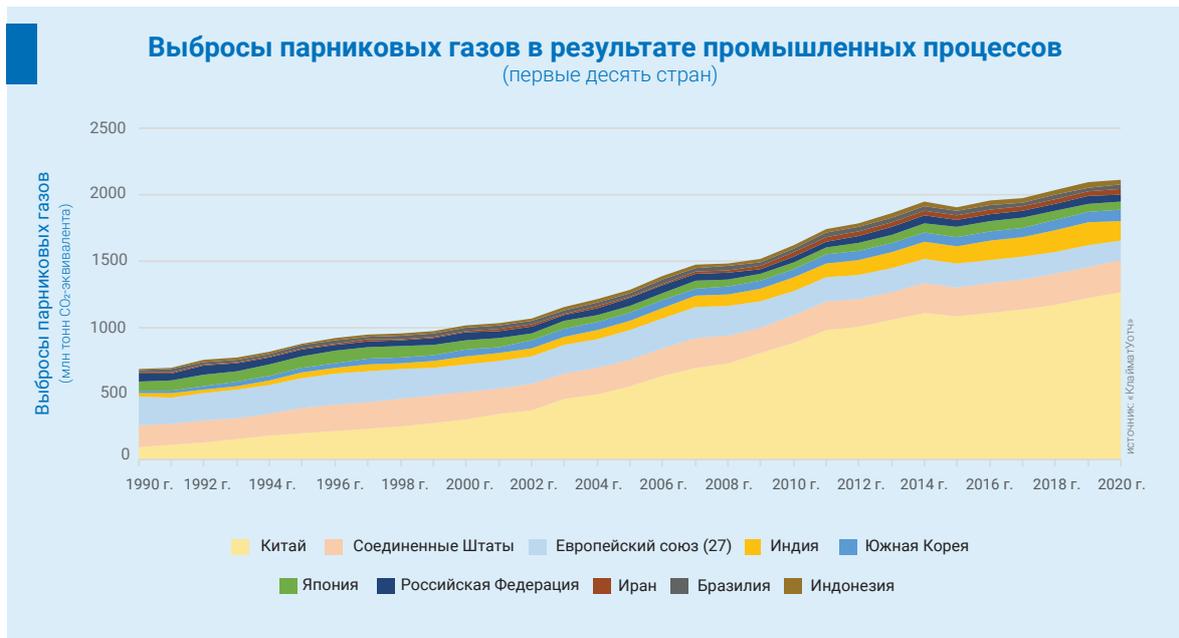
Устойчивое будущее энергетики

Химическая отрасль является важнейшим источником материалов, которые используются в самой разной продукции, например в пластмассах, удобрениях и фармацевтических препаратах. Выбросы в этой отрасли в основном приходится на выработку тепла (приблизительно 40 процентов), потребление электроэнергии (приблизительно 29 процентов) и прямые технологические выбросы (приблизительно 24 процента). Более того, 80 процентов эксплуатационных выбросов производится точечными источниками на площадке. Использование атомной энергии на площадке может обеспечить эти важнейшие химические процессы экологически чистым теплом и электроэнергией.



В 2022 году на промышленный сектор приходилось 37 процентов мирового потребления энергии, и он был непосредственным источником выбросов 9 гигатонн углекислого газа, что составляет 25 процентов от выбросов углекислого газа в мировой энергосистеме.

декарбонизация



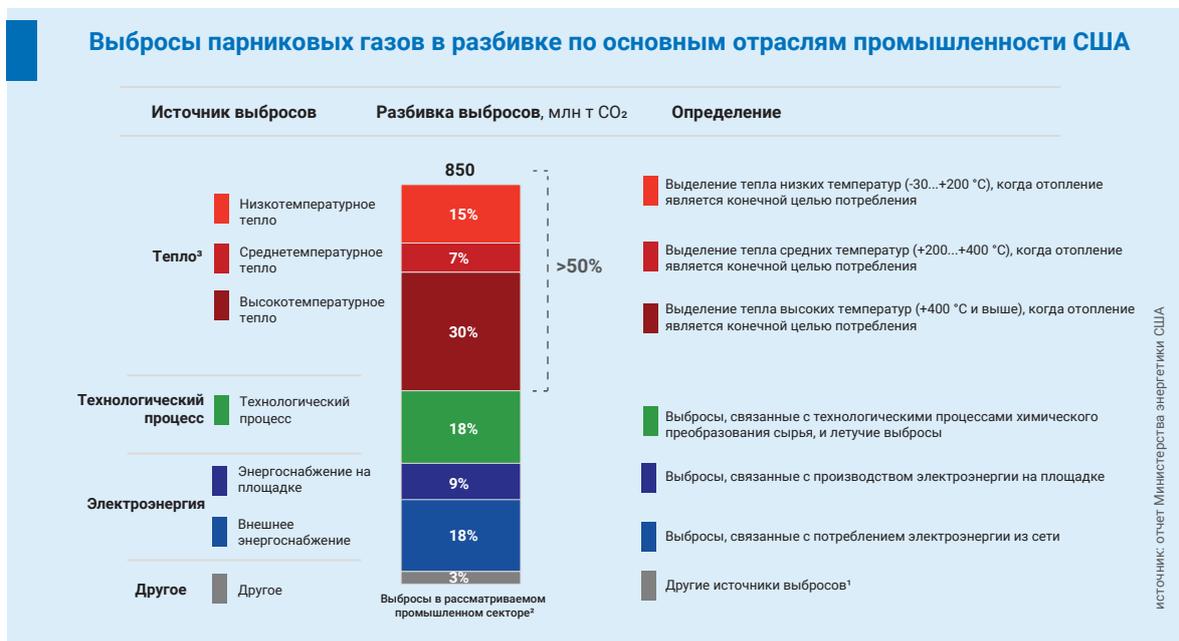
Еще одна растущая отрасль — это центры обработки данных, из-за которых увеличивается мировой спрос на электроэнергию. В 2017–2021 годах совокупное потребление электроэнергии компаниями «Амазон», «Майкрософт», «Гугл» и «Мета» выросло более чем вдвое. Согласно прогнозам, потребление электроэнергии центрами обработки данных к 2026 году превысит 1000 ТВт·ч и будет продолжать расти с развитием искусственного интеллекта (ИИ). В этой связи ряд крупных технологических компаний рассматривают возможность применения усовершенствованных ядерных энергетических источников, таких как ММР, для получения в будущем экологической чистой электроэнергии.

ММР могут помочь удовлетворить потребности промышленности благодаря своей модели внедрения, в основе которой лежит не осуществление масштабного индивидуального проекта, а изготовление на заводе реакторов типовой конструкции с использованием существующих логистических цепей и процесса доставки. Такой подход позволяет сократить расходы, повысить эффективность и обеспечить предсказуемость сроков

строительства. Благодаря этому создается коммерчески надежное, экономически эффективное, воспроизводимое и масштабируемое решение, которое соответствует целям отрасли и способствует достижению глобальных целей по декарбонизации.

Невозможно достичь цели декарбонизации промышленности только лишь при помощи традиционных атомных электростанций. Необходимы новые модели предоставления услуг, которые будут соответствовать используемому компаниями в настоящее время быстрому и предсказуемому процессу развертывания активов.

Передовые ядерные технологии смогут помочь построить устойчивое, равноправное и надежное будущее энергетики благодаря принципиально новым подходам к проектированию, лицензированию и внедрению технологий в области экологически чистой энергетики, а также использованию новых цифровых инструментов.



Центры обработки и хранения данных, проекты в сфере искусственного интеллекта и проекты, связанные с криптовалютами, видят в передовых ядерных технологиях возможное решение для удовлетворения своих растущих энергетических потребностей

Джеффри Донован

В ближайшие годы потребление электроэнергии центрами обработки и хранения данных, а также проектами в сфере искусственного интеллекта (ИИ) и криптовалют будет расти. В связи с этим крупные технические компании активно изучают возможность использования передовых ядерных технологий, таких как технология малых модульных реакторов (ММР), в качестве экологически чистых, надежных и гибких источников электроэнергии. Это может открыть возможности для коммерческого применения ММР и других усовершенствованных реакторов на новых для них рынках.

Центры обработки и хранения данных (в которых размещаются серверы и компьютерное оборудование, необходимые для хранения цифровой информации), ИИ и криптовалюты способствуют росту спроса на электроэнергию в ряде регионов. В общей сложности в 2022 году на них пришлось 2% мирового потребления электроэнергии. Согласно Международному энергетическому агентству (МЭА) к 2026 году эта цифра может удвоиться. Общее потребление электроэнергии четырьмя компаниями — «Амазон», «Майкрософт», «Гугл» и «Мета» — в период с 2017 по 2021 год выросло более чем в два раза и достигло 72 тераватт·час (ТВт·ч).

Помимо удовлетворения своих растущих потребностей в электроэнергии крупные технические компании также стремятся декарбонизировать свою деятельность — либо в связи с соответствующими требованиями законодательства, либо в рамках реализации собственных целей в области устойчивого развития. При этом компании заинтересованы не только в возобновляемых источниках электроэнергии с переменным характером генерации, таких как солнечные и ветровые электростанции, но и передовых ядерных технологиях, в частности в ММР. Аналогичная тенденция наблюдается и в других отраслях, нуждающихся в стабильной и экологичной генерации электроэнергии и тепла, например в нефтехимии.

«В ряде регионов передовая ядерная энергетика может успешно внедряться крупными промышленными потребителями, — говорит Алин де Клуазо, директор Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ. — ММР и другие усовершенствованные ядерные реакторы прекрасно подходят на роль основных источников электроэнергии для таких компаний ввиду своей гибкости и надежности, а также отсутствия выбросов парниковых газов».

Согласно оценке МЭА в 2022 году потребление электроэнергии центрами обработки и хранения данных достигло 460 ТВт·ч.

К 2026 году эта цифра может превысить 1000 ТВт·ч, что составляет более трети от общего объема электроэнергии, произведенной в прошлом году атомными электростанциями всего мира и примерно равно потреблению электроэнергии такой страной, как Япония.

Согласно оценке МЭА в 2022 году потребление электроэнергии центрами обработки и хранения данных достигло 460 ТВт·ч. К 2026 году эта цифра может превысить 1000 ТВт·ч, что составляет более трети от общего объема электроэнергии, произведенной в прошлом году атомными электростанциями всего мира и примерно равно потреблению электроэнергии такой страной, как Япония.

В Китае в период с 2020 по 2030 год ожидается удвоение спроса на электроэнергию со стороны центров обработки и хранения данных — до 400 ТВт·ч. На северо-востоке Соединенных Штатов Америки ожидают, что центры обработки и хранения данных будут являться фактором, способствующим все большему повышению спроса на электроэнергию. Европейский рынок центров обработки и хранения данных также демонстрирует быстрый рост. Например, в Ирландии в 2022 году спрос на электроэнергию со стороны таких центров достиг 5,3 ТВт·ч, что составило 17% от общего потребления электроэнергии в стране. Согласно МЭА «такими темпами к 2026 году потребление электроэнергии ирландскими центрами обработки и хранения данных может удвоиться, а с учетом быстро проникающих на рынок технологий искусственного интеллекта можно ожидать, что к этому времени доля отрасли в общем потреблении электроэнергии в стране достигнет 32%».

В поисках решений для удовлетворения этих новых потребностей компании «Гугл» и «Майкрософт» недавно выпустили доклады, посвященные перспективе использования передовых ядерных технологий и других экологичных источников электроэнергии в рамках своей деятельности и для достижения поставленных ими целей в области устойчивого развития. «Мы понимаем, что важнейшими факторами декарбонизации нашего энергопотребления станут ветер, солнце и электрические батареи. Но для этой же цели нам необходимы высокорентабельные, стабильные и управляемые безуглеродные источники электроэнергии», — говорит Девон Свезей, старший менеджер отдела глобальной энергетики и климата компании «Гугл».

По мере того как центры обработки и хранения данных, а также компании в сфере ИИ и криптовалют ищут экологичные и надежные источники электроэнергии для покрытия базовой нагрузки, способные удовлетворить их потребности и обеспечить декарбонизацию, поставщики передовых ядерных технологий также начинают проявлять заинтересованность. «Очевидно, что ядерная энергия является оптимальным решением обеих указанных задач, так что вопрос сводится к тому, как максимально эффективно внедрить соответствующие технологии», — говорит Брет Кюгелмассе, основатель и генеральный директор американской компании «Ласт Энерджи», поставляющей микрореакторы.

Потребители электроэнергии, такие как технические компании, нуждаются в экологичном и стабильном источнике энергии,

в качестве которого может использоваться усовершенствованный ядерный реактор. В то же время такие потребители могут способствовать преодолению барьеров, стоящих на пути внедрения этих выходящих на рынок технологий.

В своей недавней аналитической записке о роли передовых технологий ядерного деления и синтеза в процессах декарбонизации компания «Майкрософт» указала ряд направлений, в которых эта компания и другие заинтересованные стороны могут помочь преодолеть эти барьеры. Эти направления включают ускорение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, реализацию программ испытания новых технологий и моделирования их совместного использования с другими низкоуглеродными источниками электроэнергии, совершенствование подходов к регулированию для обеспечения безопасного и высокорентабельного внедрения этих технологий, а также использование преимуществ цифровых технологий, включая ИИ, для управления новыми источниками энергии и электросетями.

Компания «Гугл» видит в этом перспективную роль и для себя. «Корпоративные потребители могут способствовать снижению барьеров на пути коммерческого использования этих технологий, включая передовые ядерные технологии, — говорит г-н Свезей. — Мы надеемся на сотрудничество с другими потребителями экологически чистой энергии, результатом которого станет масштабирование таких технологий в предстоящие десятилетия и постоянная доступность чистой энергии не только для нашей компании, но и для каждого».

Привлекать финансирование для строительства новых АЭС по-прежнему не всегда легко, что обусловлено характерными для таких проектов высокой стоимостью и длительными сроками реализации. Напротив, ММР и микрореакторы отличаются малыми габаритами и производятся в заводских условиях — подобные проекты требуют меньших предварительных затрат и могут быть реализованы быстрее. Компании из других отраслей, например «Доу кемикалз», наравне с техническими компаниями также интересуются возможностями использования ММР. При этом им необходима не только безуглеродная электроэнергия, но и тепло, подаваемое с помощью нагретых до высокой температуры теплоносителей.

По словам г-на Кюгелмассе, все это может открыть новые возможности для внедрения ядерной энергетики: «Малогабаритные реакторы, точнее, микрореакторы модульной конструкции — вот способ сделать ядерную энергию доступной для частного сектора. И, что особенно важно, такие объекты не нуждаются в государственном финансировании. Если мы сможем предложить проекты, для финансирования которых достаточно частного капитала, ядерная энергетика будет развиваться эффективнее и легко масштабироваться».

Передовые
Ядерные
Технологии

Универсальный характер вехового подхода МАГАТЭ способствует развитию ядерной отрасли

Вольфганг Пикот

Путь к ядерной энергетике крайне сложен, и важнейшим инструментом стран на этом непростом пути является веховый подход МАГАТЭ. Многим из них — от стран, приступающих к развитию ядерной энергетике, таких как Гана и Эстония, до опытных участников, стремящихся к расширению своей отрасли или стратегическому планированию, — незаменимую помощь оказал веховый подход, который отличается своей последовательностью и универсальностью.

Это поэтапный и комплексный метод, созданный для того, чтобы помочь странам в развитии их ядерно-энергетических программ. Он играет важную роль, предоставляя странам дорожную карту, которая начинается с ранних стадий рассмотрения возможности создания ядерной энергетике и заканчивается этапом эксплуатации — в общей сложности этот процесс длится примерно 10–15 лет.

Сет Кофи Дебра из Комиссии по атомной энергии Ганы (КАЭГ) рассказывает о значении вехового подхода: «Он содержит обобщенную дорожную карту и руководящие указания по подготовке. Для страны, приступающей к развитию ядерной энергетике, разработка столь крупного инфраструктурного проекта является весьма сложной задачей. Веховый подход обеспечивает комплексную формальную структуру для разработки такого проекта».

Для координации подготовительных мероприятий в Гане, одной из стран, собирающихся приступить к развитию ядерной энергетике, была создана Организация по ядерно-энергетической программе Ганы (ОЯЭПГ). Рассчитанная на 15 лет дорожная карта страны, в основе которой лежат три этапа вехового подхода МАГАТЭ, предусматривает увеличение мощности национальной энергосистемы к 2030 году на 700–1000 мегаватт (электрической мощности) (МВт (эл.)).

Эстония, с другой стороны, также рассматривает атомную энергетике как надежный способ генерации низкоуглеродной энергии. По словам координатора Рабочей группы по атомной энергии Эстонии Реэлики Руннел, веховый подход лег в основу их работы: «Он дает общее представление об объеме работы, необходимой для создания ядерной программы, и охватывает все темы, связанные с ядерной энергетике. Благодаря ему руководители, принимающие решения на политическом уровне, уверены в том, что в своей работе они могут опираться на опыт МАГАТЭ и многих государств-членов».

По мере развития энергетической конъюнктуры на смену традиционным крупномасштабным ядерно-энергетическим проектам частично приходят проекты по созданию малых модульных реакторов (ММР). Эстония, понимая эту динамику, изучает возможность внедрения ММР, учитывая имеющиеся ограничения по подключению реакторов большой мощности к ее относительно небольшой электросети. «Веховый подход также полностью применим к ММР. Несмотря на то что ММР концептуально отличаются от обычных реакторов, к ним применим тот же набор правил», — говорит Реэлика Руннел.

Сет Кофи Дебра разделяет это мнение, подчеркивая, что веховый подход остается важнейшим инструментом независимо от мощности реактора: «Строите ли вы реактор большой или малой мощности, вам нужно будет руководствоваться веховым подходом. Правительство должно принять необходимые законы и нормативные акты и определить оператора, который будет заниматься вопросами финансирования и эксплуатации реактора, как и в случае с реакторами большей мощности. Все это предусмотрено в веховом подходе, который остается полезным инструментом для стран, приступающих к развитию ядерной энергетике».

В веховом подходе содержатся 19 инфраструктурных элементов, применимых

ВЕХОВЫЙ ПОДХОД

ко всем ядерным установкам, к которым относятся и ММР. Однако в готовящемся к выпуску пересмотренном варианте документа «Вехи развития национальной инфраструктуры ядерной энергетики» — руководящей публикации о веховом подходе — рассматриваются вопросы инфраструктуры, которые в контексте внедрения ММР в соответствующих случаях могут решаться или рассматриваться иначе. В публикации содержится отдельное приложение, в котором изложены специфические особенности инфраструктуры ММР.

Другое отличие ММР заключается в том, что их более мощные «собратья» традиционно строились и эксплуатировались в одной стране. ММР, напротив, возводятся методом модульного строительства, что означает, что их можно сконструировать в одной стране, а разместить, собрать и эксплуатировать в другой. Поэтому применимые требования, возможно, должны войти в состав более широкой системы, в рамках которой международные заинтересованные стороны соглашаются с руководящими положениями и взаимно признают их. В этом отношении веховый подход дополняет Инициативу МАГАТЭ по гармонизации и стандартизации в ядерной области (ИГСЯО).

Изначально разработанный для стран, приступающих к осуществлению ядерных программ, веховый подход не менее актуален и для опытных участников, стремящихся оптимизировать или стратегически спланировать свой ядерный потенциал. Директор Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ Алин де Клуазо рассказывает о роли отдела в оценке ядерной инфраструктуры: «Мы видим, что в данный момент несколько европейских стран намерены возобновить остановленные проекты или расширить уже осуществляемые. Методология вехового подхода может помочь в оценке их имеющейся ядерной инфраструктуры».

Даже странам, обладающим опытом эксплуатации ядерных реакторов, при строительстве новых реакторов до конца второго этапа полезно провести переоценку зрелости существующих инфраструктурных элементов, чтобы понять, есть ли в них пробелы и соответствуют ли они уровню, который МАГАТЭ рекомендует обеспечить

перед началом строительства. При выявлении пробелов МАГАТЭ может оказать содействие странам, расширяющим свою ядерно-энергетическую программу, в таких областях, как логистические цепи, энергосети, людские ресурсы и другие аспекты инфраструктуры в целом.

Адаптивность и универсальность вехового подхода становятся еще более актуальными в свете ежегодного обзора ядерной энергетики МАГАТЭ, в котором прогнозируется значительное увеличение установленной мощности до 890 гигаватт (ГВт) к 2050 году, что подчеркивает потенциальный вклад этого сектора в достижение углеродной нейтральности. Тенденция роста сохранится и в будущем: 2 декабря 2023 года на встрече лидеров 22 стран с четырех континентов было объявлено о декларации, направленной на достижение грандиозно глобальной цели — утроить мощность мировой ядерной энергетики к 2050 году. Новый импульс развитию ядерной энергетики даст первый в истории саммит по ядерной энергии, который состоится в марте 2024 года в Брюсселе под совместным председательством Генерального директора МАГАТЭ Рафаэля Мариано Гросси и премьер-министра Бельгии Александра Де Кроо при участии представителей около 30 стран.

Благодаря своей адаптивности и многогранности веховый подход будет и дальше играть важную роль в формировании будущего ядерной энергетики и обуславливать ее существенный вклад в достижение глобальных задач, таких как сокращение потребления ископаемого топлива и усиление энергетической безопасности.

«Для страны, приступающей к развитию ядерной энергетики, разработка столь крупного инфраструктурного проекта является весьма сложной задачей. Веховый подход обеспечивает комплексную формальную структуру для разработки такого проекта».

— Сет Кофи Дебра, Комиссия по атомной энергии Ганы



Инициатива МАГАТЭ Atoms4NetZero помогает странам использовать возможности ядерной энергетики для достижения углеродной нейтральности

Джеффри Донован

Достижение углеродной нейтральности сопряжено с рядом сложных решений. Руководство должно наметить энергетический курс с учетом имеющихся ресурсов, энергетических технологий (включая те, которые все еще находятся в стадии разработки), а также стоимости. Благодаря использованию передовых методов моделирования энергетических сценариев инициатива МАГАТЭ **Atoms4NetZero** помогает странам принимать научно обоснованные решения в отношении всего потенциала ядерной энергии, в том числе касающиеся отраслей вне сферы производства электроэнергии, и подготовиться к переходу к нулевому уровню выбросов парниковых газов (ПГ).

«Первым шагом для страны на пути к достижению целей углеродной нейтральности является оценка существующей энергетической инфраструктуры, включая источники электроэнергии, сети передачи и структуру энергопотребления, — говорит Анри Пайер, руководитель Секции планирования и экономических исследований МАГАТЭ. — На основе анализа прошлых и текущих данных и путем моделирования спроса на энергию в будущем руководство может выявить направления для улучшения работы и определить приоритетность инвестиций для создания экологически чистых и устойчивых энергетических систем».

Все большее число стран заинтересованы в создании либо расширении ядерно-энергетических программ. В ходе КС-28 в Дубае более 20 стран заявили о стремлении втрое увеличить мощности ядерной энергетики, чтобы достичь углеродной нейтральности. В настоящее время в 17 странах ведется строительство около 60 энергоблоков общей мощностью приблизительно

60 ГВт (эл.), причем более трети из них расположены в Китае — мировом лидере по строительству реакторов. По мнению Международного энергетического агентства, для достижения углеродной нейтральности необходимо к 2050 году увеличить мощности мировой ядерной энергетики более чем вдвое. Такой уровень соответствует оптимистическому сценарию, заложенному в ежегодном прогнозе МАГАТЭ о развитии ядерной энергетики до 2050 года.

Тем не менее для достижения углеродной нейтральности требуется не только экологически чистая электроэнергия. Для декарбонизации отраслей, уровень выбросов в которых сложно снизить, включая нефтехимию, сталелитейную промышленность, производство цемента и транспорт, — на которые в совокупности приходится почти 60% выбросов ПГ, — потребуется использование низкоуглеродных тепло- и энергоносителей, таких как водород.

С целью разработать вероятные сценарии достижения цели нулевого уровня выбросов в рамках инициативы **Atoms4NetZero** проводится оценка потенциала ядерной энергетики с использованием аналитических инструментов МАГАТЭ, таких как модель для анализа альтернативных стратегий энергоснабжения и их общего воздействия на окружающую среду (MESSAGE), которая использует сочетания различных технологий и видов топлива для построения так называемых «энергетических цепочек» и позволяет проследить энергетические потоки от предложения (добычи ресурсов) до спроса (энергетические услуги). Другие используемые инструменты моделирования включают модель анализа спроса на энергию, которая определяет необходимые структурные изменения для достижения углеродной



нейтральности, и систему моделирования энергетических систем, которая позволяет количественно оценить и определить роль и пользу экологически чистых энергетических технологий, включая ядерные технологии, при планировании и эксплуатации энергетических систем.

Подход к моделированию энергетических сценариев инициативы **Atoms4NetZero** значительно отличается от существующей мировой практики. «До недавнего времени в исследованиях энергетических сценариев, которые правительства и инвесторы используют при составлении планов перехода к углеродной нейтральности, ядерной энергетике отводилась весьма скромная роль, — говорит Каролин Шерер, глава Международного проекта по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам МАГАТЭ. — Эта инициатива призвана восполнить пробел и помочь составить более полное представление о потенциале ядерной энергетике, которая успешно используется на практике и помогает смягчить причины изменения климата и обеспечить устойчивость к его последствиям, а также укрепить энергетическую безопасность и содействовать устойчивому развитию».

Центральную роль в обеспечении перехода к экологически чистым энергетическим системам, разумеется, призваны сыграть переменные возобновляемые источники энергии с переменным характером генерации, такие как ветер и солнце. Однако и в таком случае энергетическое моделирование в рамках инициативы **Atoms4NetZero** может стать ключевой услугой для оказания директивным органам помощи в оптимизации процесса интеграции возобновляемых источников энергии в структуру энергопроизводства на основе оценки доступности энергоресурсов и их влияния на стабильность энергосетей. «Сочетание ядерной энергетике и возобновляемых источников энергии позволяет странам создать более безопасную, устойчивую и стабильную энергетическую систему», — говорит Пайер.

«Сценарии энергетического моделирования, которые рассматриваются в рамках инициативы **Atoms4NetZero**, имеют важное значение, в частности в Африке, где мы оказались в сложной ситуации дефицита энергоресурсов, и наши руководители изучают различные варианты решения проблемы, — рассказывает Энобот Агборав, исполнительный секретарь Африканской комиссии по ядерной энергетике. — Они рассматривают возможности как ядерной энергетике, так и возобновляемых источников энергии, и поэтому, чтобы принимать оптимальные решения, им крайне важно быть хорошо информированными. Энергетическое моделирование предоставляет научно обоснованные данные, благодаря чему руководители могут принимать решения, которые основываются не на слухах или

эмоциях. Их взвешенные решения позволят нам решить проблему изменения климата и дефицита энергоресурсов».

Инициатива **Atoms4NetZero** опирается на результаты хорошо налаженного сотрудничества между МАГАТЭ и странами в области технологически нейтрального энергетического планирования — такой подход предполагает беспристрастную оценку и отбор источников энергии исходя из их характеристик. По линии своей программы технического сотрудничества МАГАТЭ помогает странам в их деятельности по энергетическому планированию с использованием таких инструментов моделирования, как MESSAGE и моделей тестового планирования систем. С 2021 года МАГАТЭ совместно с Международным агентством по возобновляемым источникам энергии оказывает помощь Африканскому союзу в разработке стратегии развития энергетической инфраструктуры, так называемого Генерального плана африканских континентальных энергосистем. Это даст возможность Африке сравнить различные энергетические сценарии и объединить свои ресурсы для инвестиций в устойчивые источники энергии в целях решения обостряющейся энергетической проблемы на континенте.

Atoms4NetZero будет проводить также технико-экономические анализы и исследования, такие как сравнительный анализ низкоуглеродных источников энергии для страны или региона, возможно, в сотрудничестве с заинтересованными сторонами, такими как страны, конечные пользователи, исследовательские организации, отраслевые структуры, финансовые учреждения и другие международные организации и агентства. Инициатива охватывает и другие виды деятельности по оказанию помощи странам в переходе к экологически чистой энергетике. Среди них консультационные услуги, семинары-практикумы и обучение для создания потенциала, информационно-просветительская работа и вовлечение заинтересованных сторон.

В настоящее время по линии инициативы **Atoms4NetZero** в рамках разработки сценариев производства электроэнергии и тепла с нулевым уровнем выбросов до 2050 года проводится совместная с эстонскими исследователями работа по включению строгих ограничений в отношении углеродных выбросов в модель MESSAGE для Эстонии. Получая основную часть своей электроэнергии за счет органических видов топлива, Эстония рассматривает вопрос о создании ядерной энергетике, и в частности малых модульных реакторов.

IAEA **ATOMS 4 NET ZERO**

помогает странам принимать научно обоснованные решения, чтобы в полной мере использовать возможности ядерной энергетике.



Отсканируйте код, чтобы узнать больше

Стандарты, ведущие к успеху: инициатива МАГАТЭ способствует ускоренному внедрению малых модульных реакторов

Мэтт Фишер, Пекка Пю и Бретт Рини

По мере того как мировое сообщество продолжает работу над достижением амбициозных целей, установленных Парижским соглашением 2015 года, все более очевидным становится консенсус относительно важности ядерной энергии в вопросе декарбонизации энергетики и промышленности. Однако для расширения использования ядерной энергии, включая такие передовые технологии, как малые модульные реакторы (ММР), требуются новые подходы, позволяющие обеспечить устойчивость и рентабельность новых проектов, а также высокий уровень их ядерной и физической безопасности.

Принятая в 2022 году Инициатива по гармонизации и стандартизации в ядерной области (ИГСЯО) МАГАТЭ призвана способствовать внедрению ММР и других усовершенствованных реакторов, отвечающих всем требованиям ядерной и физической безопасности, посредством гармонизации подходов к регулированию и промышленной стандартизации.

Участники промышленного направления ИГСЯО работают над стандартизацией процессов разработки, производства и сооружения ядерных реакторов. В рамках этой работы в текущем году планируется выход двух «белых книг». Первая будет содержать рекомендации по решению проблем гармонизации в области инспектирования значимых с точки зрения безопасности компонентов с высокой степенью интеграции. Вторая будет посвящена необходимости повышения уровня согласованности неядерных кодексов и стандартов, действующих в различных юрисдикциях. Также будет опубликована работа, описывающая практические шаги по началу использования в системах безопасности высококачественных промышленных компонентов на ранних этапах. Участники регулирующего направления ИГСЯО занимаются разработкой процедур, необходимых для налаживания сотрудничества в области регулирования. В рамках этой деятельности ими готовится фундаментальная публикация, призванная способствовать сотрудничеству в сфере регулирования при экспертизе проектов. Помимо этого, ведется работа по внедрению процедуры международной экспертизы регулирующими органами, позволяющей регуляторам из разных

стран проводить совместную экспертизу конструкции ММР.

На пути к повышению эффективности

ММР изготавливаются в заводских условиях и собираются на месте, что позволяет снизить их стоимость и сократить время сооружения. Благодаря своим относительно небольшим размерам — их мощность обычно не превышает приблизительно 300 мегаватт (электрической мощности) (МВт (эл.)) на энергоблок — они могут быть установлены в районах, непригодных для реакторов большой мощности. Однако многие компоненты реакторов производятся несерийно, что может быть причиной значительного замедления поставок ввиду увеличения сроков производства по индивидуальным проектам и сроков экспертизы согласно действующим процедурам.

Переход к реакторам на базе серийных компонентов и гармонизация требований со стороны регулирующих органов и конечных пользователей в различных юрисдикциях позволят существенно сократить объемы и сроки выполнения работ, связанных с сооружением и вводом в эксплуатацию ММР и других усовершенствованных реакторов.

«Получение разрешения на использование разработанных на заказ технологий — это тяжелый и часто длительный процесс, так как в настоящее время регулирующие органы в сфере ядерной энергетики не допускают использование типовых неядерных промышленных компонентов в системах обеспечения ядерной безопасности, — говорит Матеус Аббт, старший советник по ядерным технологиям в шведской энергетической компании «Ваттенфол». — Согласование требований ядерной безопасности с соответствующими промышленными стандартами будет способствовать преодолению проблем, связанных с поставками компонентов, что позволит сократить сроки сооружения ММР».

Упрощение процедуры

Еще одна проблема заключается в наличии различных протоколов инспектирования для оборудования с длительным сроком поставки,

IAEA

NUCLEAR
HARMONIZATION
STANDARDIZATION
INIITIATIVE

призвана способствовать внедрению ММР и других усовершенствованных реакторов, отвечающих всем требованиям ядерной и физической безопасности, посредством гармонизации подходов к регулированию и промышленной стандартизации.



Отсканируйте код,
чтобы узнать больше



а также оборудования, производство которого занимает достаточно продолжительное время, чтобы повлиять на сроки окончательной реализации проекта. Например, корпуса высокого давления обычно должны проходить инспекции конечного заказчика с участием регулирующих органов или их уполномоченных представителей начиная с этапа выбора материалов и далее на всех этапах изготовления. Это приводит к значительным затратам времени, а также нередко к избыточному контролю. Напротив, прохождение упрощенной процедуры задолго до подачи заявки на получение лицензии на строительство позволяет сократить сроки реализации проектов ММР.

«Если стороны признают результаты проводимых другими сторонами инспекций, касающихся оборудования с длительным сроком поставки, это позволяет существенно ускорить реализацию проекта и значительно снизить производственные риски, — говорит Алин де Клуазо, директор Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ. — Это может быть особенно значимым в ситуации, когда производство ускоряется и одновременно производится оборудование для ММР с длительным сроком поставки, предназначенное для других юрисдикций. Здесь имеется прекрасная возможность для оптимизации использования ресурсов».

Строительство и эксплуатация атомных электростанций (АЭС) регулируются множеством различных нормативов, многие из которых не относятся к компетенции регулирующих органов в сфере ядерной энергетики. Рабочая группа, созданная в рамках промышленного направления ИГСЯО, в ходе технического совещания в конце 2023 года рассмотрела возможные решения проблем, связанных с неядерными кодексами и стандартами. Собственникам и операторам проектов рекомендовалось заблаговременно начинать работу с соответствующими государственными структурами, а также заблаговременно совместно с поставщиками принимать меры для повышения надежности цепи поставок посредством снижения коммерческих и проектных рисков, а также рисков, связанных с менеджментом качества, которые могут возникать в местах сооружения реакторов. Помимо этого, важное значение для соблюдения временных и бюджетных рамок проекта имеет понимание динамики закупок и обеспечение соответствия местным и национальным нормативам.

Глобальный механизм экспертизы регулируемыми органами

Долгосрочной целью регулирующего направления ИГСЯО является разработка глобального механизма экспертизы регулируемыми органами конструкции усовершенствованных ядерных реакторов, и в частности ММР. Этот глобальный механизм может быть реализован через набор документов и процедур, очерчивающих общие регулирующие требования, и понимание того, как эти требования должны удовлетворяться. Это позволит регулирующим органам осуществлять совместные экспертизы усовершенствованных реакторов. Помимо этого, глобальный механизм будет способствовать обмену результатами экспертиз и ресурсами, а также формированию итогов совместных экспертиз.

«Первым шагом к созданию такого механизма является сотрудничество регулирующих органов друг с другом в ходе осуществления экспертиз конструкции усовершенствованных реакторов. В рамках регулирующего направления ИГСЯО были найдены пути такого сотрудничества. Они были разработаны специалистами из регулирующих органов с учетом отзывов от представителей отрасли», — поясняет Анна Брэдфорд, директор Отдела безопасности ядерных установок МАГАТЭ.

В рамках регулирующего направления ИГСЯО были изучены решения, позволяющие осуществлять обмен информацией между регулируемыми органами в ходе выполнения ими экспертиз. Планируется разработать меморандум о сотрудничестве — всеобъемлющее и необязывающее соглашение, обозначающее стремление участвующих в нем регулирующих органов организовать совместную работу и обмен информацией. Помимо этого, в рамках регулирующего направления ведется разработка процедуры предшествующей лицензированию международной экспертизы конструкции регулируемыми органами, которая позволит регулирующим органам выполнять совместную оценку конкретных технических аспектов предложенной конструкции реактора и выявлять технические проблемы, которые могут привести к возникновению затруднений или вопросов в ходе последующей экспертизы проекта национальными регулируемыми органами. Процедура позволит участникам выявлять области, в которых между странами имеются значительные расхождения в сфере регулирования, а также области, в которых необходимо приложить дополнительные усилия для стандартизации конструкций.

Кроме того, в рамках ИГСЯО разрабатывается процедура, которая позволит регулирующим органам сотрудничать в ходе выполнения национальных экспертиз и использовать результаты экспертиз, проведенных другими регулируемыми органами, что может способствовать более рациональному использованию ресурсов как регулируемыми органами, так и представителями отрасли.

ИГСЯО реализуется согласно плану с целью внести максимальный вклад в достижение углеродной нейтральности к 2050 году. Результаты работы промышленного и регулирующего направлений будут представлены на пленарном заседании ИГСЯО в июне и на Международной конференции МАГАТЭ по малым модульным реакторам и их применению, которая пройдет в Вене в октябре 2024 года.

ИГСЯО

Развитие людских ресурсов в ядерной энергетике для достижения будущего без выбросов

Мэтт Фишер

Развитие людских ресурсов является фундаментальной основой долгосрочной устойчивости и расширения ядерной энергетике. При этом проблема кадрового обеспечения стоит в отрасли крайне остро ввиду предъявляемых к персоналу высоких требований.

В целях обучения персонала и повышения его квалификации, необходимых для запланированного расширения отрасли, МАГАТЭ предлагает ряд инициатив по созданию потенциала, таких как Школы управления ядерными знаниями (УЯЗ), программы обучения стратегическому планированию, миссии по содействию и стажировки. Эти инициативы призваны способствовать подготовке нового поколения специалистов и повышению квалификации действующих сотрудников, что необходимо для дальнейшего глобального расширения ядерно-энергетического сектора в рамках перехода к безуглеродной энергетике.

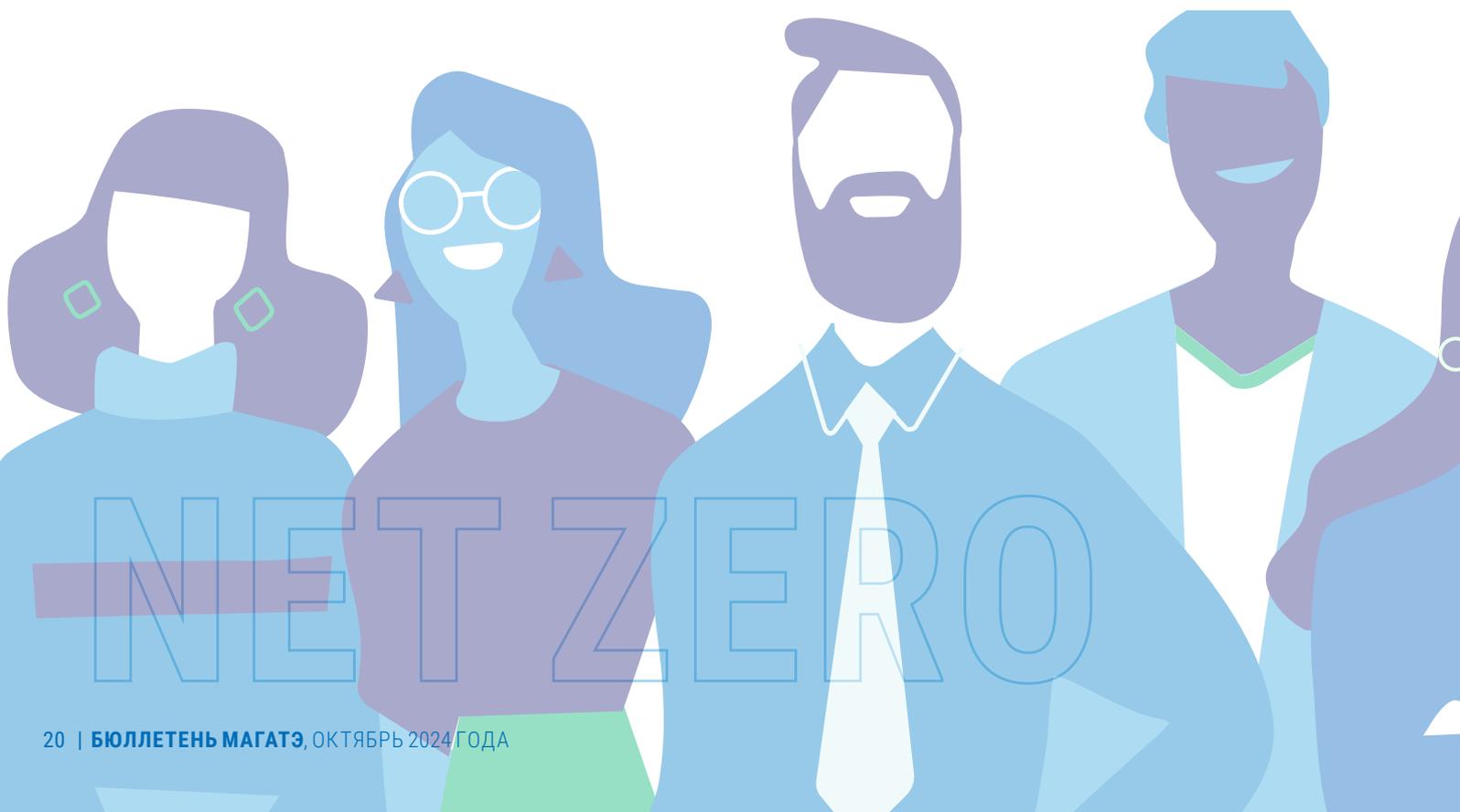
По мере изменения ситуации в ядерной энергетике меняются и проблемы, с которыми сталкивается отрасль. Согласно докладу МАГАТЭ, опубликованному в 2023 году, возраст персонала ядерных объектов обычно превышает возраст персонала других крупных промышленных объектов. В связи с этим необходимо решать проблему передачи знаний и опыта, накопленных сотрудниками предпенсионного возраста. Ввиду сложности технологий, используемых на атомных электростанциях (АЭС), обслуживающий их персонал проходит более длительную подготовку. Кроме того, деятельность в сфере ядерной энергетике подлежит строжайшему надзору. Решение этих и других задач в огромной степени зависит от эффективности развития людских ресурсов.

«Создание потенциала — это непрерывный и постоянно совершенствующийся процесс, чрезвычайно важный с точки зрения расширения ядерно-энергетической отрасли, — говорит Михаил Чудаков, заместитель Генерального директора

МАГАТЭ и руководитель Департамента ядерной энергии. — Благодаря значительному экспертному ресурсу, создававшемуся на протяжении почти семи десятилетий, МАГАТЭ располагает широкими возможностями для оказания содействия государствам-членам в деле развития людских ресурсов, необходимых для реализации их амбициозных целей в сфере ядерной энергетике».

Эффективное управление знаниями является важнейшим фактором, обеспечивающим сохранность накопленной за многие годы информации в таких областях, как проектирование, лицензирование и эксплуатация, — информации, необходимой для поддержания и развития компетенций. Школа по управлению ядерными знаниями представляет собой недельный учебный курс, предназначенный для специализированного обучения и подготовки кадров в сфере внедрения программ УЯЗ в организациях, связанных с ядерной наукой и технологиями. В школе проходят обучение молодые специалисты, работающие в сфере управления знаниями. Они осваивают основы управления знаниями, получают практические рекомендации и знакомятся с передовой практикой. Занятия проводятся в нескольких государствах-членах, в последний раз они проходили в 2023 году в Техасском сельскохозяйственном и инженерном университете в Соединенных Штатах Америки. В 2024 году двадцатилетний юбилей отметила совместная Школа по управлению ядерными знаниями, организованная МАГАТЭ и Международным центром теоретической физики им. Абдуса Салама. На сегодняшний день обучение в Школе по управлению ядерными знаниями прошли 1139 специалистов.

Миссия по содействию управлению знаниями предоставляет услуги экспертной оценки государствам-членам, планирующим внедрить программу управления знаниями или усовершенствовать ее. Миссии планируются с учетом уровня развития программы управления знаниями в стране и могут включать в себя стратегическое консультирование,



специализированную подготовку и другие необходимые виды поддержки.

Для создания успешно работающих коллективов необходимы целеустремленные и смотрящие в будущее руководители. Программа Школы управления в области ядерной энергии (УЯЭ), поддерживаемой по линии программы технического сотрудничества (ТС) МАГАТЭ, помогает нынешним и будущим руководителям в сфере ядерной энергетики реализовать свои таланты и максимально эффективно руководить подчиненными. Эти двухнедельные учебные курсы предназначены для молодых специалистов, демонстрирующих лидерские качества. Программа включает лекции, технические туры и разбор практических примеров. Курс поможет участникам повысить свою техническую и управленческую компетентность, а также ознакомиться с наработанными Агентством знаниями в областях, связанных с ядерно-энергетическим циклом. Школа УЯЭ была создана в 2010 году, а в ноябре 2023 года в Министерстве минеральных ресурсов Южно-Африканской Республики был проведен уже 52-й по счету курс. В течение 13 лет благодаря этой программе свою профессиональную квалификацию повысили более 2000 специалистов разного профиля, при этом в 2023 году около половины слушателей Школ УЯЭ были женщинами.

«Я получила представление о различных технологиях, позволяющих достичь углеродной нейтральности, включая ядерную энергетику. Также было чрезвычайно полезно узнать о том, как культура безопасности и лидерские качества могут быть встроены в жизнь организации, — рассказывает Зерида Киманивенда, инженер-строитель из Министерства энергетики и минеральных ресурсов Уганды, прошедшая учебный курс Школы УЯЭ в Южно-Африканской Республике в ноябре прошлого года. — Материалы курса были тщательно отобраны и соответствовали моим профессиональным интересам».

Женщины являются авторами нескольких наиболее революционных открытий в истории науки, однако они по-прежнему недостаточно представлены во многих, если не во всех, технических сферах, включая ядерную. Для решения этой проблемы МАГАТЭ учредило в 2020 году Программу стипендий МАГАТЭ имени Марии Склодовской-Кюри (ПСМСК), а в 2023 году — Программу имени Лизе Майтнер (ПЛИМ). ПСМСК призвана вдохновлять молодых женщин на освоение специальностей в ядерной отрасли посредством предоставления прошедшим отбор кандидатам стипендий для получения степени магистра и возможности пройти стажировку в МАГАТЭ или партнерской организации. В 2023 году было присуждено 200 стипендий, что является

абсолютным рекордом. ПЛИМ предоставляет женщинам-специалистам, находящимся в начале и середине карьерного пути, возможность повысить квалификацию посредством участия в многонедельной выездной профессиональной программе. Программа продолжительностью от двух до четырех недель может включать разработку и реализацию проекта, а также технические задания и дискуссии.

Помимо этих программ, МАГАТЭ в рамках программы ТС ежегодно оказывает поддержку более чем тысяче стажеров по линии этой программы и участникам научных командировок. Программа технического сотрудничества является основным механизмом МАГАТЭ для поддержки развития государств-членов. Программа ориентирована на достижение результатов и разработана с учетом специфических проблем, с которыми сталкиваются государства и регионы. Она призвана содействовать развитию сотрудничества между странами в целях создания потенциала в сфере устойчивости, в том числе посредством сотрудничества Юг — Юг.

Для развития людских ресурсов, которые в дальнейшем будут работать в ядерной энергетике, необходимы специализированные образовательные программы. Созданная в 2013 году Международная академия ядерного менеджмента (МАЯМ) помогает университетам создавать и реализовывать магистерские программы по менеджменту в области ядерных технологий для ядерного сектора, включая ядерно-энергетические программы, ядерные применения и радиологические технологии. Программы сочетают в себе передовые аспекты менеджмента и лидерства и ядерные технологии, что позволяет предоставлять будущим руководителям ядерной отрасли высококачественное образование и поддержку. Утверждение магистерской программы со стороны МАЯМ происходит по результатам проведения в университете миссии по независимой экспертизе. По состоянию на 2024 год поддержку МАЯМ получают 10 университетов из восьми стран.

Также на базе МАГАТЭ работает Учебная киберплатформа для сетевого образования и подготовки кадров (CLP4NET), на которой размещено большое количество доступных широкой общественности ресурсов для обучения в режиме онлайн. Здесь можно найти более 1400 учебных курсов и около 200 вебинаров по широкому кругу вопросов, связанных с ядерной энергетикой. При этом имеются как ресурсы для самостоятельного обучения, так и курсы с преподавателями.

В целях обучения персонала и повышения его квалификации, необходимых для запланированного расширения отрасли, МАГАТЭ предлагает ряд инициатив по созданию потенциала, таких как Школы управления ядерными знаниями (УЯЭ), программы обучения стратегическому планированию, миссии по содействию и стажировки.

Какое значение для деятельности МАГАТЭ по проверке имеет принятая на КС-28 «ядерная» декларация?

Эва Морела Лам Редондо

2 декабря 2023 года в ходе 28-й сессии ежегодной Конференции сторон Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (КС-28) представители более 20 стран подписали совместную декларацию о троекратном увеличении мощностей ядерной энергетики с целью достичь этого показателя к 2050 году. В то время как мир стремится использовать все преимущества ядерной энергетики, утроение ядерно-энергетических мощностей будет способствовать также формированию другой глобальной тенденции — неуклонному росту объема ядерного материала и числа установок, подлежащих ядерной проверке МАГАТЭ.

МАГАТЭ выполняет свою миссию по ядерной проверке посредством применения технических мер, которые обычно называются ядерными гарантиями. Благодаря этим мерам МАГАТЭ может независимо проверять выполнение государствами своих международных обязательств по использованию ядерного материала исключительно в мирных целях.

«В период с 2010 по 2022 год объем находящегося под гарантиями МАГАТЭ ядерного материала увеличился на 34%, а число ядерных установок и мест нахождения вне установок — на 15%», — заявил Массимо Апаро, заместитель Генерального директора МАГАТЭ и руководитель Департамента гарантий. — Принятие декларации о троекратном увеличении мощностей ядерной энергетики только ускорит эти тенденции. МАГАТЭ готово решать эту задачу и продолжать выносить заключения о мирном использовании ядерного материала, однако это потребует постоянного взаимодействия и сотрудничества со всеми заинтересованными сторонами и использования инновационных технологий проверки».

Департамент гарантий МАГАТЭ постоянно стремится повысить эффективность и действенность гарантий МАГАТЭ с целью удовлетворить растущий спрос на свои услуги. Кроме того, в соответствии с соглашениями о всеобъемлющих гарантиях МАГАТЭ юридически обязано полностью учитывать технологические достижения в области гарантий. В качестве примеров последних технологических достижений можно привести изучение технологий искусственного интеллекта и робототехники и их применение в процессах ядерной проверки.

МАГАТЭ держит руку на пульсе новых перспективных технологий, которые могут найти применение в сфере гарантий, благодаря сотрудничеству по линии Программы поддержки со стороны государств-членов

(ППГЧ). По линии ППГЧ государства-члены оказывают МАГАТЭ разнообразную помощь в области НИОКР посредством обмена знаниями, передачи технологий, экспертного сотрудничества, а также финансовую помощь.

Одним из существенных и осязаемых результатов, который принесла деятельность МАГАТЭ в области разработки приборов для гарантий при содействии по линии ППГЧ и помощи в ходе полевых испытаний, стало устройство для наблюдения излучения Черенкова нового поколения (XCVD). XCVD значительно повышает эффективность проверки и качество данных на изображениях, которые инспекторы МАГАТЭ по гарантиям получают с целью проверить наличие и целостность ядерного материала в бассейнах выдержки отработавшего топлива. В 2023 году XCVD использовалось в ходе крупнейшей в истории МАГАТЭ кампании по проверке отработавшего топлива. Устройство продемонстрировало восьмикратное увеличение эффективности по сравнению с прежними методами при успешной проверке отработавшего ядерного топлива.

Осуществлению гарантий предполагает также совместную работу МАГАТЭ и государств. С этой целью МАГАТЭ оказывает государствам помощь в накоплении знаний и создании потенциала их национальных компетентных органов, ответственных за осуществление гарантий (ГРКО), и их соответствующих систем учета и контроля ядерного материала (ГСУК). Для этого МАГАТЭ использует различные механизмы оказания помощи, такие как миссии по оказанию консультационных услуг, учебные курсы, вебинары и курсы электронного обучения, нормативно-правовая помощь и программа стажировок в области гарантий. Важным событием в деле оказания государствам помощи в области гарантий стало включение в набор механизмов помощи МАГАТЭ по гарантиям комплексной инициативы МАГАТЭ по созданию потенциала в рамках ГСУК и ГРКО КОМПАСС. Инициатива КОМПАСС, реализация которой началась в 2020 году при поддержке со стороны государств — членов МАГАТЭ как финансами, так и в натуральной форме, направлена на развитие сотрудничества с государствами с целью помочь повысить эффективность их ГСУК и ГРКО. Инициатива КОМПАСС предполагает оказание государствам адресной помощи, которая охватывает такие направления, как информационно-просветительская работа с заинтересованными сторонами, национальные учебные мероприятия, программное обеспечение, нормативно-правовые аспекты и людские ресурсы, и представляет собой

Декларация о троекратном увеличении мощностей ядерной энергетики свидетельствует об общей приверженности делу развития ядерной энергетики в качестве составляющей устойчивого и низкоуглеродного будущего. Достижение этой желанной цели будет сопряжено также с увеличением количества ядерного материала и установок, находящихся под гарантиями МАГАТЭ.

многолетнюю работу по устойчивому созданию и укреплению потенциала государства.

«Инициатива КОМПАСС кардинально изменила ситуацию в Малайзии. Именно благодаря ей мы смогли выявить пробелы в области осуществления гарантий, — рассказал Нурул Хафиза бинти Мохамед Алиасрудин, заместитель директора Отдела ядерных установок Департамента атомной энергии Малайзии. — За два года реализации инициативы КОМПАСС мы смогли пересмотреть регулирующие положения по гарантиям, разработать технические руководящие материалы и условия лицензирования, а также усовершенствовать программу подготовки по линии национального компетентного органа по гарантиям».

Заглядывая в будущее, МАГАТЭ на основании учета требований гарантий при проектировании (SBD) предоставляет рекомендации государственным компетентным органам, конструкторам, поставщикам оборудования и потенциальным покупателям относительно важности учета международных гарантий при проектировании ядерной установки или процесса. Процесс SBD — это добровольная положительная практика, которая позволяет принимать грамотные решения при проектировании и оптимизировать факторы, связанные с рентабельностью, эксплуатацией, ядерной и физической безопасностью, с

учетом международных гарантий. Этот процесс применим ко всем аспектам ядерного топливного цикла — от первоначального планирования и проектирования до строительства, эксплуатации, обращения с отходами и вывода из эксплуатации. Чем раньше начинается процесс обсуждения гарантий в отношении новых ядерных установок, и особенно новых конструкций или процессов, тем лучше. SBD позволяет не дополнять установку механизмами гарантий, а предусмотреть их на этапе проектирования.

Декларация о трехкратном увеличении мощностей ядерной энергетики свидетельствует об общей приверженности делу развития ядерной энергетики в качестве составляющей устойчивого и низкоуглеродного будущего. Достижение этой желанной цели будет сопряжено также с увеличением количества ядерного материала и установок, находящихся под гарантиями МАГАТЭ. Агентство использует передовые технологии и сотрудничает как со странами, наращивающими свои ядерно-энергетические мощности, так и новичками, благодаря чему оно готово к тому, чтобы с помощью режима гарантий удовлетворять возрастающие потребности международного сообщества на пути к углеродной нейтральности.



МАГАТЭ начинает проект по изучению проблемы загрязнения микропластиком в Антарктике

Кэти Лаффан

В январе этого года ученые из МАГАТЭ совершили путешествие по Антарктиде, чтобы измерить масштабы загрязнения континента микропластиком. Они собрали образцы помета пингвинов, воды, грязи и моллюсков морских блюдечек, которые будут отправлены на анализ в Лабораторию морской среды МАГАТЭ в Монако.

Там исследователи МАГАТЭ с помощью достижений ядерной науки измерят присутствие микропластика — частиц пластика диаметром менее пяти миллиметров, — чтобы, как они надеются, определить основной источник этого вида загрязнения.

Первые свидетельства наличия микропластика на континенте были обнаружены в 2009 году в восточной части Антарктиды, однако нет почти никакой информации о масштабах проблемы и о том, что служит источником загрязнения: одежда, шины, бутылки, промышленные процессы или что-то другое.

Более того, существует очень мало данных о том, сколько пластика попадает в антарктическую фауну и как микропластик заносится в Антарктику — океаническими течениями, атмосферными осадками или в связи с присутствием человека на континенте.

Проект, который осуществляется совместно с Аргентиной в рамках Инициативы «НУТЕК пластик», был запущен президентом Аргентины Хавьером Милеем и Генеральным директором МАГАТЭ Рафаэлем Мариано Гросси в январе на совместном мероприятии на базе Марамбио.

Первая научно-исследовательская экспедиция МАГАТЭ в Антарктиду — самый южный континент мира — проводится в рамках усилий по борьбе с этой экологической проблемой, которая

IAEA
NUTEK
PLASTICS

становится все более насущной даже в самых отдаленных районах планеты.

Миссия осуществляется в рамках Инициативы МАГАТЭ по использованию ядерных технологий для борьбы с загрязнением пластиком («НУТЕК пластик»).

Участники сети мониторинговых лабораторий «НУТЕК пластик» используют ядерные и изотопные методы для получения данных о распространении морского микропластика путем отбора проб и анализа его распространенности в окружающей среде.

Это дает ценную информацию для разработки систем, помогающих ограничить загрязнение окружающей среды пластиком.

Президент Аргентины Хавьер Милей и Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Мариано Гросси присоединились к научной группе МАГАТЭ, чтобы дать старт миссии на аргентинской антарктической базе Марамбио.

Генеральный директор Гросси отметил, что обнаружение микропластика в прежде нетронутой окружающей среде Антарктики свидетельствует о широком распространении этого пагубного загрязнителя: «Микропластик — это глобальная проблема, но международному сообществу по-прежнему не хватает научных данных, необходимых для принятия обоснованных решений. В этом и заключается цель "НУТЕК пластик": понимая происхождение, перемещение и воздействие пластика, мы можем принимать обоснованные решения о том, как решить эту проблему».

Со времени своего учреждения в 1961 году Лаборатории морской среды МАГАТЭ в Монако предоставляют странам инструментальную базу и научные данные для изучения и решения насущных проблем морской среды. Под эгидой МАГАТЭ работает единственная лаборатория морской среды в системе Организации Объединенных Наций.

В рамках «НУТЕК пластик» предоставляются научные данные для оценки загрязнения морской среды микропластиком, а также демонстрация роли ионизирующего излучения в переработке пластика и превращении пластиковых отходов в пригодные для повторного использования материалы.

Работа МАГАТЭ по борьбе с загрязнением микропластиком и мониторингу такого загрязнения в Антарктике ведется в сотрудничестве с Аргентиной.

— Кэти Лаффан

(Фото: К. Лаффан/МАГАТЭ)



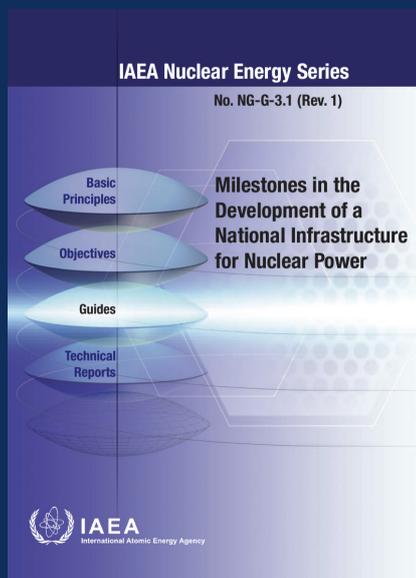
Считается, что покрытый льдом континент Антарктида представляет собой один из последних районов нетронутой природы на Земле. Однако исследования показывают, что и этот континент уже загрязнен микропластиком. Ученые МАГАТЭ пытаются установить объемы присутствующего там микропластика и его происхождение.

Ученые МАГАТЭ собрали образцы помета пингвинов в рамках своего исследования воздействия микропластика на фауну Антарктики.



(фото: М. Клингенбёк/МАГАТЭ)

Руководящие указания МАГАТЭ по веховому подходу теперь включают информацию о малых модульных реакторах



Вышла в свет новая версия публикации МАГАТЭ «Вехи развития национальной инфраструктуры ядерной энергетики», которая была пересмотрена с целью учета вопросов, связанных с малыми модульными реакторами (ММР).

Обновленная версия документа содержит основополагающие руководящие указания МАГАТЭ по подготовке новых ядерно-энергетических программ или расширению существующих и включает приложение, в котором освещены конкретные аспекты внедрения ММР. В ней представлены также сведения о недавнем опыте ряда стран, которые эксплуатируют реакторы иных типов и которые уже преодолели все три главные вехи, предусмотренные в рамках вехового подхода, либо добились в этой работе значительного прогресса.

Это новое издание публикации, впервые выпущенной в 2007 году и переработанной в 2015 году, необходимо рассматривать в контексте других руководящих указаний и материалов МАГАТЭ, касающихся вопросов

развития ядерной энергетики, в частности по таким направлениям, как ядерная безопасность, физическая безопасность и осуществление гарантий. В публикацию включена также информация об уроках миссий по комплексной оценке ядерной инфраструктуры (ИНИР), которые недавно проводились в странах, приступающих к реализации ядерно-энергетических программ или расширяющих существующие программы.

Несмотря на то что, согласно оценкам, в ближайшие годы наибольшая доля новых мощностей будет по-прежнему приходиться на водоохлаждаемые реакторы большой мощности, перед ММР открывается все больше возможностей внести важный вклад в сокращение выбросов и обеспечение благосостояния на основе принципов устойчивости. Как правило, ММР рассчитаны на производство не более 300 мегаватт (электрической мощности) (МВт (эл.)), поэтому они могут стать идеальным решением для удаленных районов, а также регионов с небольшими электросетями. Модульная конструкция ММР позволит осуществлять заводскую сборку систем и компонентов и перевозить их единым блоком на место монтажа. Это могло бы помочь сократить время сооружения. Кроме того, новые конечные пользователи, такие как дата-центры, рассматривают возможность использования ядерной энергии для удовлетворения своих растущих потребностей в электроэнергии, а целый ряд отраслей промышленности нуждается в декарбонизации, поэтому дефицита потенциальных вариантов применения ожидать не приходится. Если процесс лицензирования и доведения до готовности к промышленному применению завершается достаточно быстро, ММР могут быть развернуты в сжатые сроки и играть весьма заметную роль.

«По мере изменения ситуации в ядерной энергетике меняется и характер помощи, которую мы оказываем. Последняя версия руководства по веховому подходу МАГАТЭ опубликована в решающий момент, когда все большее число стран рассматривают возможность включить ядерную энергетику в свою структуру энергопроизводства для выполнения обязательств по достижению углеродной нейтральности, — отмечает директор Отдела ядерной энергетики МАГАТЭ Алин де Клуазо. — Очевидно, что ММР станут неотъемлемой составляющей перехода к экологически чистой энергетике, и наша задача — обеспечить заинтересованные в этой технологии страны всей информацией, необходимой для успешной реализации проектов ММР».

ММР во многом весьма схожи со своими старшими собратьями — реакторами большей мощности. В них применяется много аналогичных систем, и их эксплуатация осуществляется в соответствии с теми же принципами, что десятилетиями лежали в основе работы ядерных энергетических реакторов. Необходимые условия для внедрения ММР почти такие же, как и в случае с традиционными реакторами, а именно: развитая нормативно-правовая база, активное взаимодействие с заинтересованными сторонами и учет вопросов охраны окружающей среды. Однако благодаря их уникальным особенностям, включая меньшую выходную мощность и упрощенную конструкцию, некоторые специфические требования к инфраструктуре ММР могут отличаться.

В результате эксплуатации некоторых вариантов ММР, в частности реакторов, использующих неводяные теплоносители, могут образовываться новые виды радиоактивных отходов, поэтому страны, планирующие сооружение ММР, должны организовать систему обращения с новыми типами

отходов. При использовании новых видов топлива важно организовать систему поставок для обеспечения постоянной доступности такого топлива. Может возникнуть необходимость в разработке новых подходов к осуществлению гарантий, чтобы учесть некоторые инновационные особенности конструкции ММР и обеспечить строгий учет ядерного материала и соблюдение жестких мер контроля.

На данный момент рассматривают возможность создания ядерной энергетики либо уже реализуют планы сооружения первой атомной

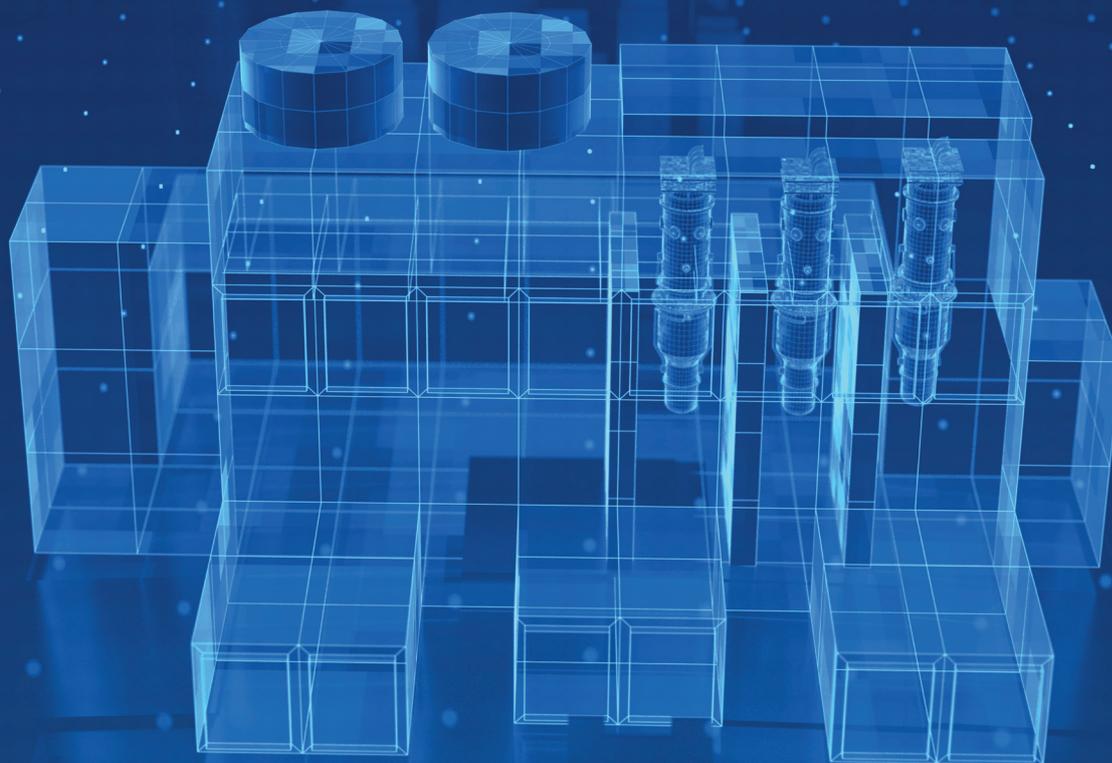
электростанции порядка 30 стран-новичков. Свои первые АЭС строят Бангладеш, Египет и Турция, а еще несколько стран, как предполагается, приступят к сооружению своих первых станций в ближайшее десятилетие.

ММР на стадии строительства имеются в Аргентине, Китае и Российской Федерации, при этом последние две страны ввели в эксплуатацию свои первые реакторы такого типа в 2019 и 2021 годах соответственно. Несколько стран, приступающих к развитию ядерной энергетики, в том числе Иордания, Польша и Эстония, включили

ММР в план создания экологически чистых энергетических систем на национальном уровне. В октябре прошлого года Эстония приняла миссию ИНИР по вопросам ММР, а Иордания по итогам состоявшегося в прошлом августе совещания с экспертами МАГАТЭ изучает возможности применения ММР для удовлетворения потребностей, связанных с опреснением морской воды.

— Мэтт Фишер

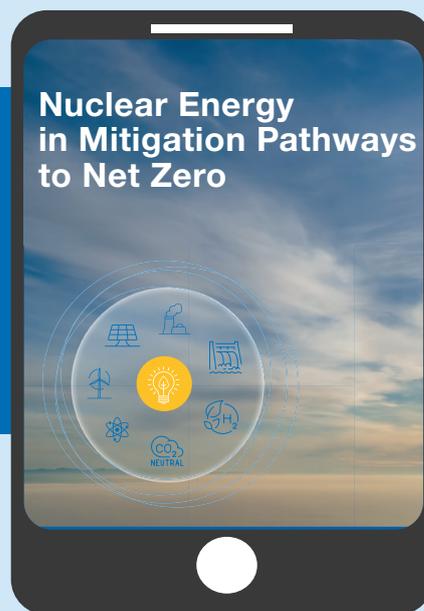
ММР могут стать идеальным решением для удаленных районов, а также регионов с небольшими электросетями.



Знаете ли вы о том,
что сегодня ядерная энергия
обеспечивает выработку
четверти всей низкоуглеродной
электроэнергии в мире?

Отсканируйте код,
чтобы узнать больше

как ядерная энергия может
сыграть ключевую роль в
достижении нулевого уровня
выбросов.



Ознакомьтесь с
публикациями МАГАТЭ

Читайте
бесплатно
онлайн



www.iaea.org/publications

Для заказа книг просьба
обращаться по адресу:

sales.publications@iaea.org

Публикации МАГАТЭ

Конференция на уровне министров по

ядерной науке, технологиям и применениям и осуществлению программы технического сотрудничества

26–28 ноября 2024 года
Вена, Австрия



IAEA

Международное агентство по атомной энергии



CN-328

Сотрудничайте с нами

ради лучшего будущего

МАГАТЭ приглашает

к сотрудничеству в рамках своих флагманских инициатив государства-члены, предприятия отрасли, финансовые учреждения и другие заинтересованные стороны, готовые поделиться экспертным опытом, инструментами моделирования, отраслевыми знаниями, оказать информационную поддержку и предоставить финансовые ресурсы.

ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА



IAEA
RAYS OF HOPE
CANCER CARE FOR ALL

ЖЕНЩИНЫ В
ЯДЕРНОЙ СФЕРЕ

IAEA
Lise Meitner
PROGRAMME

IAEA
Marie Skłodowska-Curie
FELLOWSHIP PROGRAMME

ЭНЕРГИЯ

IAEA
**ATOMS 4
NET ZERO**

IAEA
NUCLEAR
HARMONIZATION &
STANDARDIZATION
INIITIATIVE

ОКРУЖАЮЩАЯ
СРЕДА

IAEA
NUTEC
PLASTICS

ПРОДОВОЛЬСТВИЕ И
СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

FAO & IAEA
ATOMS 4 FOOD
GROWING FOOD SECURITY

Узнайте больше о флагманских инициативах МАГАТЭ



IAEA

Атом для мира
и развития