

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**Ядерная энергетика,
топливный цикл
и ядерная наука**



”

Мы должны бороться с изменением климата, но также и не забывать об обеспечении доступа к экологически чистым, безопасным, недорогостоящим и современным видам энергоносителей для всех. Для устойчивого развития и процветания нам необходимо большое количество экологически чистой и надежной энергии. И ядерная энергетика, безусловно, является одной из составляющих решения этой задачи.

Михаил Чудаков

Заместитель Генерального директора,
руководитель Департамента ядерной энергии

Ядерная энергетика, топливный цикл и ядерная наука

действующих центров сотрудничества
в составе Департамента
ядерной энергии

19

миссии по экспертной оценке

23

действующих проекта
координированных
исследований
(ПКИ)

22

онлайн-курсов
обучения и подготовки
кадров на платформе
CLP4NET

1850

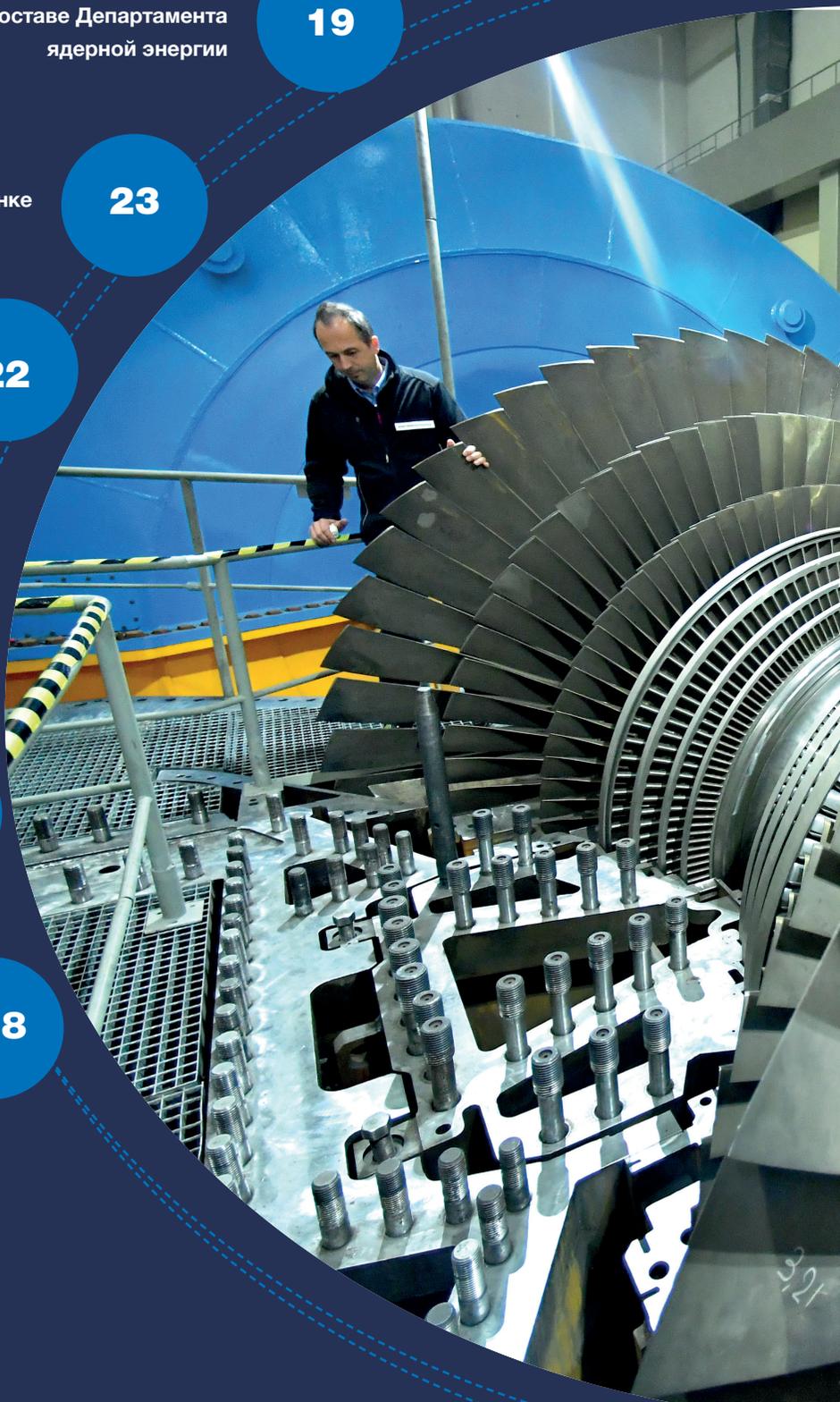
слушателей
в школах МАГАТЭ

298

207 в Школе по
управлению в области
ядерной энергии

68 в Школе по
управлению ядерными
знаниями

23 в Региональной
школе по
исследовательским
реакторам



7

назначенных МАГАТЭ международных центров на базе исследовательских реакторов в 7 странах

11

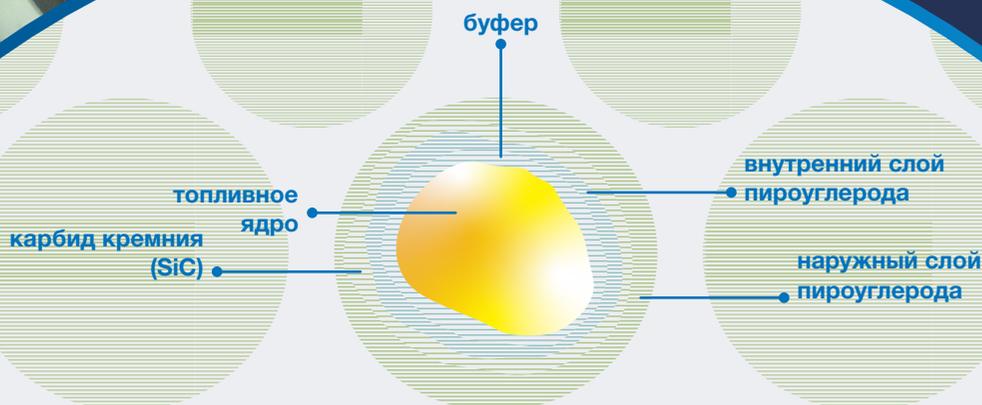
строящихся в настоящее время исследовательских реакторов в 10 странах

24

базы данных

25

инструментов физического и имитационного моделирования



Топливная микросфера с трехструктурным изотропным покрытием (TRISO)

Топливная микросфера с трехструктурным изотропным покрытием (TRISO-покрытием) — это конструкция повышенной безопасности, обеспечивающая чрезвычайно эффективное удержание продуктов деления. Такие микросферы рассматриваются в качестве одной из возможных форм топлива для ММР.

В 2023 году Агентство открыло прием предложений в рамках начала ПКИ под названием «Исследования по моделированию топлива для микровыволок, предназначенных для использования в усовершенствованных реакторах, включая малые и модульные реакторы».



ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ЦЕЛЬ

Оказывать государствам-членам, в которых имеются атомные электростанции (АЭС), поддержку в целях повышения эксплуатационных показателей и обеспечения безопасной, надежной, эффективной и безотказной долгосрочной эксплуатации, придерживаясь согласованного подхода к кадровым, технологическим и организационным аспектам.

Оказывать государствам-членам, приступающим к реализации новых ядерно-энергетических программ, содействие в планировании и создании национальной ядерной инфраструктуры посредством организации координированных мероприятий по проведению оценки и предоставлению помощи.

Оказывать государствам-членам поддержку в вопросах моделирования, анализа и оценки будущих ядерных энергетических систем в целях устойчивого развития ядерной энергетики, а также предлагать им механизмы сотрудничества и поддержку в области развития технологий и внедрения усовершенствованных ядерных реакторов, неэлектрических применений и интегрированных энергетических систем.



”

Сегодня УПЯЭТ вместе со структурами Европейской комиссии и другими заинтересованными сторонами играет активную роль в новом Европейском промышленном альянсе по ММР, который ставит своей задачей поддержать разработку, демонстрацию и внедрение технологий модульных и усовершенствованных реакторов в Европе к началу 2030 года. Тесные связи, которые мы наладили за эти годы с группами МАГАТЭ, являются ценным активом, способствующим возрождению ядерного сектора, что остро необходимо для достижения нашей общей цели — обеспечения безопасных, эффективных и конкурентоспособных источников энергии с низким уровнем выбросов углекислого газа.

Бернард Сала

Председатель Устойчивой платформы ядерно-энергетических технологий (УПЯЭТ)

**2****миссии ИНИР**

Эстония – этап 1;
Казахстан – этап 1,
повторная миссия

**17 000**

**новых
пользователей
базы данных PRIS**
540 000 посещений

**2****новые платформы**

ОИЯЭС
HOPS

**2****новые сети**

ИСОП
SANIS

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Содействие реализации ядерно-энергетических программ

На фоне растущего мирового спроса на энергию важную роль в энергетическом балансе многих стран по-прежнему играет ядерная энергетика — которую можно рассматривать как низкоуглеродный источник энергии для устойчивого развития. Ожидается, что мощности ядерной энергетики в глобальном масштабе будут расти, что выразится в увеличении спроса на услуги Агентства по поддержке развития инфраструктуры для ядерно-энергетических программ. В 2023 году изучали возможность реализации новой ядерно-энергетической программы, планировали такую

программу или реализовывали ее на практике в общей сложности 27 государств-членов. Агентство продолжало оказывать им поддержку в плане повышения осведомленности о соответствующих целенаправленных усилиях, необходимых для процесса принятия решений, и в плане развития необходимой инфраструктуры в соответствии с веховым подходом. Было проведено девять совещаний по комплексному плану работы для определения приоритетных областей поддержки Агентством стран, приступающих к развитию ядерной энергетики.

Эксплуатация атомных электростанций и расширение ядерно-энергетических программ

Отмечается растущий интерес к долгосрочной эксплуатации АЭС, что будет способствовать расширению роли ядерной генерации в переходе к экологически чистой энергетике. Участники состоявшегося в Кёнджу, Республика Корея, технического совещания обменялись примерами положительной практики и уроками, извлеченными в процессе долгосрочной эксплуатации АЭС, рассмотрели проект публикации с рабочим названием «Good Practices and Lessons Learned from the Long Term Operation of Nuclear Power Plants» («Положительная практика и уроки долгосрочной

эксплуатации атомных электростанций»), и провели первое заседание Руководящего комитета Международной сети по управлению жизненным циклом атомных электростанций.

В 2023 году был переработан процесс подачи заявок на получение обзорной информации о ядерной энергетике по странам (ОИЯЭС) и соответствующий веб-сайт, что позволило обеспечить более полную интеграцию с базой данных Информационной системы по энергетическим реакторам (PRIS).

Содействие в области развития людских ресурсов, управления ими и привлечения заинтересованных сторон

Агентство оказывает содействие государствам-членам, которые имеют действующие ядерно-энергетические программы, расширяют их или разрабатывают новые программы, в вопросах привлечения и удержания компетентного персонала для всех организаций ядерной сферы, включая государственные ведомства и владельцев/операторов, а также в вопросах взаимодействия с заинтересованными сторонами. Запущенный в 2023 году портал

Центра по созданию потенциала в области ядерной энергии выполняет для государств-членов функцию онлайн-хранилища инструментов и ресурсов, способствующих решению различных задач в области развития людских ресурсов, обучения и повышения квалификации, управления знаниями, взаимодействия с заинтересованными сторонами, привлечения игроков промышленного сектора и управления инновациями.

Развитие технологий ядерных реакторов

Развитие ядерных энергетических технологий идет с акцентом на разработку перспективных энергетических систем и расширение областей их практического применения. Состоялось техническое совещание по вопросам совместимости теплоносителей и материалов для термоядерных установок и усовершенствованных реакторов, участники которого получили возможность обсудить соответствующие передовые технологии. Опыт, накопленный в процессе освоения энергетических технологий на основе ядерного деления, может быть использован для ускорения промышленного внедрения и коммерциализации технологий ядерного синтеза. Особый интерес представляет опыт в области исследований и разработок материалов для реакторов поколения IV, характеристики которых с точки зрения температурных режимов и физики радиационных повреждений аналогичны характеристикам планируемых установок термоядерного синтеза. В этой связи Агентство организовало широкие консультации по проведению исследования, касающегося синергетических связей между разработками в области термоядерного синтеза и усовершенствованными технологиями ядерного деления.

В рамках инициативы Агентства по разработке инструментов с открытым исходным кодом для исследований по физике ядерных реакторов в Триесте, Италия, был организован совместный учебный семинар-практикум Международного центра теоретической физики им. Абдуса Салама (МЦТФ) и МАГАТЭ по инструментам с открытым исходным кодом для исследований по физике ядерных реакторов, в ходе которого проводились учебные сессии по нейтронно-физическим характеристикам реакторов, термодинамике и системному анализу с различной степенью масштабирования.

Разработка технологии усовершенствованных водоохлаждаемых реакторов

На долю водоохлаждаемых реакторов (WCR) приходится более 95% действующих в мире коммерческих АЭС, и они вносят существенный вклад в удовлетворение глобальных энергетических потребностей. Многие уроки, извлеченные за последние 50 лет эксплуатации реакторов типа WCR, по-прежнему сохраняют свою актуальность при проектировании и эксплуатации АЭС на основе существующих и усовершенствованных конструкций WCR.

В публикации Агентства «Terms for Describing Advanced Nuclear Power Plants» («Термины, используемые для описания усовершенствованных атомных электростанций») для сведения государств-членов представлена актуальная терминология в данной области, уточняются различия между разными этапами проектирования и поясняются термины, широко используемые при описании усовершенствованных АЭС. Выпущена также пересмотренная версия публикации «Nuclear Reactor Technology Assessment for Near Term Deployment» («Оценка технологий ядерных реакторов для внедрения в краткосрочной перспективе»), в которой оценка технологий реакторов рассматривается сквозь призму принятия решений, касающихся планирования и реализации ядерно-энергетических проектов.

Реакторы малой и средней мощности и модульные реакторы, в том числе высокотемпературные реакторы

Во всем мире растет интерес к реакторам малой и средней мощности и модульным реакторам, учитывая их способность удовлетворить потребности в гибкой выработке электроэнергии для более широкого круга пользователей

▼
Генеральный директор во время посещения демонстрационного проекта модульного высокотемпературного газоохлаждаемого реактора с шаровыми твэлами (HTR-PM) компании Хуанэн в Шидаоване, Китай, в мае 2023 года.



и применений и заменить устаревающие электростанции, работающие на ископаемом топливе.

В 2023 году Агентство запустило новый проект координированных исследований, ставящий своей целью уточнить и расширить представление о направлениях перспективных технологий, которые потенциально способны обеспечить либо сокращение стоимости и сроков строительства малых модульных реакторов (ММР), либо более гибкое соответствие потребностям пользователей, тем самым облегчая и стимулируя ранее внедрение реакторов такого типа.

В ходе 67-й очередной сессии Генеральной конференции состоялось параллельное мероприятие по оценке технологий реакторов, где была представлена информация о том, как проводится оценка ММР с использованием таких ресурсов, как методология Агентства по оценке технологий реакторов и база данных Информационной системы по усовершенствованным реакторам, которые являются неотъемлемыми элементами деятельности в рамках Платформы по ММР.

На техническом совещании по гармонизации и применению отраслевых правил и норм в отношении ММР получили новый импульс усилия по гармонизации в таких областях, как технические стандарты, правила, касающиеся неядерных систем, и серийно производимые компоненты, применительно к проектам реакторов, которые входят на стадии, близкой к коммерческому внедрению.

Наконец, в публикации «Suitability Evaluation of Commercial Grade Products for Use in Nuclear Power Plant Safety Systems» («Оценка пригодности коммерческих продуктов для использования в системах безопасности атомных электростанций») была обобщена информация о подходах, применяемых в контексте такой оценки.

Быстрые реакторы

Агентство повторно присвоило Федеральной политехнической школе Лозанны (EPFL) в Швейцарии статус центра сотрудничества по вопросам физического и имитационного

моделирования в области усовершенствованных реакторов. Одним из результатов этого сотрудничества стал семинар-практикум по инструментам с открытым исходным кодом для исследований по физике ядерных реакторов, организованный совместно с EPFL и МЦТФ, на котором был представлен всесторонний обзор передовых вычислительных методов для расчета ядерных реакторов.

Неэлектрические применения ядерной энергетики

Одним из факторов, вызывающих интерес к ядерной энергетике в контексте декарбонизации областей практического применения энергии, является хорошо отработанная практика использования АЭС для неэлектрических применений, включая централизованное теплоснабжение, опреснение и прямое обеспечение теплом различных промышленных процессов.

В рамках Платформы по ММР Агентство направило в Иорданию миссию экспертов для рассмотрения предварительного технико-экономического обоснования проекта по развертыванию ММР для целей опреснения. Был рассмотрен ряд факторов, включая ядерную и физическую безопасность, выбор площадки, лицензирование и взаимодействие с заинтересованными сторонами. По итогам миссии Агентство представило Иорданской комиссии по атомной энергии свой заключительный доклад и предложения.

В Москве прошли межрегиональные учебные курсы, посвященные конкретным проектным решениям в области когенерации с использованием ММР и микрореакторов, слушатели которых ознакомились с основными принципами когенерации с учетом использования реакторов данных типов. В тот же период состоялось техническое совещание, участники которого обменялись информацией о самых последних разработках в области высокотемпературных методов производства водорода, ведущихся в разных странах мира, и обсудили потенциал использования этих технологий в связке с ядерными установками различного типа.

Повышение глобальной устойчивости ядерной энергетики через инновации

Для того чтобы на национальном уровне заниматься стратегическим и долгосрочным планированием ядерной энергетики, необходимы инструменты, позволяющие повысить информированность о различных вариантах, которые обеспечивают устойчивое развитие ядерной энергетики. В этом контексте содействие в вопросах планирования устойчивых энергетических систем оказывается участникам Международного проекта Агентства по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (ИНПРО).

На 32-м заседании Руководящего комитета ИНПРО участники ИНПРО обсудили новые совместные проекты (по перепрофилированию станций на ископаемом топливе в системы ядерной генерации и по разработке моделей для Интегрированной среды моделирования энергетических систем), подготовили окончательный вариант плана подпрограммы ИНПРО на 2024–2025 годы, рассмотрели обновления для Стратегического плана ИНПРО на 2024–2029 годы, а также обсудили возможное включение в портфель ИНПРО новой консультационной услуги по стратегическому планированию для устойчивого развития ядерной энергетики.

Была выпущена публикация «Comparative Evaluation of Nuclear Energy System Options» («Сравнительная оценка вариантов ядерно-энергетических систем»), в которой разбираются практические примеры использования различных подходов к решению этого вопроса.

На техническом совещании по совместному проекту ИНПРО «Правовые и институциональные аспекты будущего внедрения термоядерных установок» эксперты обозначили необходимость разработки нормативной базы для термоядерных электростанций, которая обеспечит их устойчивость в долгосрочной перспективе.

Участники организованной МЦТФ — МАГАТЭ в Италии совместной сессии школы ИНПРО по стратегическому планированию в целях устойчивого развития ядерной энергетики ознакомились с основными концепциями, методологией и инструментарием моделирования, анализа и оценки устойчивости ядерно-энергетических систем.



ЯДЕРНЫЙ ТОПЛИВНЫЙ ЦИКЛ И ОБРАЩЕНИЕ С ОТХОДАМИ

ЦЕЛЬ

Оказывать государствам-членам содействие в создании эффективных, безопасных, надежных и устойчивых механизмов и решений в области топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами, вывода из эксплуатации и управления жизненным циклом соответствующих установок, в том числе исследовательских реакторов, в рамках ядерных программ и прикладных направлений.

Оказывать государствам-членам содействие в укреплении их потенциала и людских ресурсов в области топливного цикла, обращения с радиоактивными отходами, вывода из эксплуатации и восстановления окружающей среды, а также исследовательских реакторов.

Выполнять роль площадки, призванной облегчить и укрепить международное сотрудничество, координацию и обмен информацией между государствами-членами.



”

Агентство в 2023 году выступало организатором важных форумов по обмену технической информацией о начальном и конечном этапах ядерного топливного цикла и имеет все стимулы к тому, чтобы и далее предпринимать меры по поддержанию интереса государств-членов к ядерной энергетике, особенно после сделанного на КС-28 несколькими странами заявления об утроении своих ядерно-энергетических мощностей к 2050 году.

Г-н Чжэн Мингуан

Главный инженер по направлению ядерной энергетики в Государственной энергетической инвестиционной корпорации Китая, Председатель Постоянной консультативной группы Агентства по ядерной энергии



5

проведенных миссий по независимой экспертной оценке

1 ДСРС-ТеК
1 ИНИР-РР
3 ОМАРР



2

заклученных соглашения о центрах сотрудничества

КЕПКО
Компания «Согин»



209

ядерных реакторов окончательно остановлены, из них 22 полностью выведены из эксплуатации



519

исследовательских реакторов выведены из эксплуатации или находятся в процессе вывода в 37 странах



56 000

тонн урана произведено в мире (согласно предварительным данным)

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Ресурсы и переработка урана

Уран — это основное топливо ядерных реакторов, и обращение с ним должно быть организовано надлежащим образом, с учетом соображений безопасности и устойчивости. Участники состоявшегося в 2023 году в Эспоо, Финляндия,

учебного семинара-практикума по планированию и управлению разведкой полезных ископаемых в рамках проектов по добыче урана и тория приобрели практические знания об используемых для разведки методах.

Обеспечение гарантированных поставок

На Ульбинском металлургическом заводе в Казахстане продолжалось безопасное функционирование Банка низкообогащенного урана (НОУ) МАГАТЭ, который обеспечивает механизм гарантированных поставок, используемый в случае крайней необходимости. В июне 2023 года был проведен первый цикл программы повторной сертификации

цилиндров типа 30В, в которых хранится НОУ. Продолжается использование запаса НОУ в Ангарске, созданного в соответствии с заключенным в феврале 2011 года соглашением между правительством Российской Федерации и Агентством.

Разработка ядерного топлива

Для того чтобы обеспечить надежную и безопасную эксплуатацию АЭС, ядерное топливо должно быть надлежащим образом спроектировано и изготовлено. В 2023 году участники технического совещания по современным технологиям изготовления ядерного топлива для энергетических

реакторов обменялись наиболее актуальной информацией о новых разработках в области ядерного топлива, удовлетворяющих требованиям новых конструкций реакторов, включая малые модульные реакторы (ММР).

Обращение с отработавшим топливом ядерных энергетических реакторов

Важным этапом ядерного топливного цикла, который составляет суть его так называемой конечной стадии, является обращение с образующимся на АЭС отработавшим топливом вплоть до момента его захоронения. Участники организованного в 2023 году совместно с АЯЭ/ОЭСР международного семинара-практикума по химии топливных

циклов в контексте технологий реакторов на солевых расплавах обсудили имеющиеся пробелы, возможности и потребности, связанные с развертыванием реакторов на расплавах солей.

Обращение с радиоактивными отходами

Для последнего этапа обращения с радиоактивными отходами предусмотрен целый ряд различных вариантов захоронения, включая захоронение в глубоких скважинах. В целях изучения дальнейших вариантов и решений в области обращения с радиоактивными отходами, в 2023 году были начаты новые проекты координированных исследований (ПКИ), которые касались повышения глобальной осведомленности о захоронении ядерных отходов среднего и высокого уровня активности в глубоких скважинах и использования геополимеров в качестве матрицы для иммобилизации радиоактивных отходов.

Участники технического совещания по высокотемпературной переработке радиоактивных отходов подтвердили важность установления критериев приемлемости отходов и определения конечной точки или соответствующего варианта захоронения до того, как будет выбран тот или иной метод переработки. Помимо этого, на французский язык была переведена публикация «Policies and Strategies for Radioactive Waste Management» («Политика и стратегии обращения с радиоактивными отходами»).

Обращение с изъятыми из употребления закрытыми радиоактивными источниками

Радиоактивные источники используются во всем мире в медицине, промышленности и научных исследованиях. После того как они были выведены из употребления, возрастают риски, связанные с обеспечением их безопасности и сохранности, особенно в том случае, если обращение с такими источниками организовано ненадлежащим образом.

Вывод из эксплуатации и восстановление окружающей среды

Вывод из эксплуатации

Вывод из эксплуатации является нормальной частью жизненного цикла ядерной установки и должен приниматься в расчет при ее проектировании. Он включает в себя такие виды деятельности, как планирование и оценку физических и радиологических характеристик установки, включая прилегающую территорию.

В 2023 году Агентство провело серию технических совещаний, участники которых получили возможность обменяться знаниями о выводе из эксплуатации ядерных установок различных типов. Совещание в Кадараше, Франция, которое было организовано в сотрудничестве с Комиссариатом по атомной энергии и альтернативным источникам энергии и ИТЭР, способствовало обобщению, распространению и анализу примеров положительной практики и опыта в области вывода из эксплуатации термоядерных установок и связанных с этим аспектов обращения с отходами.

Агентство совместно с Европейской комиссией и АЯЭ/ОЭСР разработало документ под названием «A Taxonomy for the Decommissioning of Nuclear Facilities» («Таксономия вывода из эксплуатации ядерных установок»), призванный заложить надлежащую основу для управления знаниями о выводе из эксплуатации.

В публикации «Management of Depleted Uranium Used as Shielding in Disused Radiation Devices» («Обращение с обедненным ураном, используемым в качестве защитного материала в изъятых из употребления радиационных устройствах») представлена соответствующая информация по техническим вопросам и различным факторам, а также обобщается опыт отдельных государств-членов, на основе которого могут быть определены потенциальные варианты обращения с защитными экранами из обедненного урана.

На первом совещании в рамках Сети по изъятым из употребления закрытым радиоактивным источникам, которое состоялось через три года после ее создания, участники обменялись информацией о положении дел в их странах в области обращения с изъятыми из употребления закрытыми радиоактивными источниками (ИЗРИ) и обсудили дальнейшие потребности и пути оказания помощи в этой области, а также выразили большой интерес к вариантам хранения и захоронения ИЗРИ в бункерах.

В рамках пилотного проекта по скважинному захоронению в Малайзии представители государств-членов прошли соответствующее обучение и получили помощь по вопросам обращения с ИЗРИ, включая поддержку по вопросам, касающимся технологий и инженерных решений. Из Боснии и Герцеговины, Чили, Хорватии, Эквадора, Никарагуа и Словении были вывезены 36 изъятых из употребления источников категории 1 и 2.

На проходящем раз в два года форуме Международной сети по выводу из эксплуатации была рассмотрена деятельность Агентства в области вывода из эксплуатации за предыдущие два года, при этом особое внимание уделялось вопросам создания потенциала, развития людских ресурсов и управления знаниями.

В Республике Корея совместно с Международной ядерной магистратурой (МЯМ) КЕПКО был создан новый центр сотрудничества в области вывода из эксплуатации. Кроме того, был дан старт новому ПКИ, посвященному исследованиям и разработкам для ускорения вывода из эксплуатации устаревших реакторов.

Восстановление окружающей среды

В докладе «Determination of Environmental Remediation End States» («Определение конечных состояний при восстановлении окружающей среды») содержатся рекомендации, которые будут полезны государствам-членам в процессе принятия решений относительно восстановления окружающей среды на площадках, подвергнувшихся радиоактивному загрязнению.

В 2023 году Агентство расширило спектр работ, ведущихся на базе компании «Согин» — действующего в Италии центра сотрудничества — включив направления программной деятельности, связанные с восстановлением окружающей среды.

Исследовательские реакторы

Агентство оказывает государствам-членам помощь в вопросах планирования, эксплуатации, эффективности использования и топливного цикла исследовательских реакторов, которые находят применение при проведении различных исследований, испытаний, производстве радионуклидов, обучении и подготовке кадров. Оно оказывает также содействие в области создания потенциала и развития инфраструктуры.

Новые проекты исследовательских реакторов, развитие инфраструктуры и создание потенциала

Подготовке молодых специалистов по широкому кругу тем, связанных с безопасностью эксплуатации и эффективностью использования исследовательских реакторов, способствовали две региональные школы по исследовательским реакторам, которые были организованы в Аргентине и Марокко, и 18-я сессия учебных курсов на базе исследовательских реакторов в рамках инициативы EERRI, которая проводилась в Австрии, Чешской Республике и Словении.

Кроме того, Агентство присвоило Национальному центру ядерной энергии, науки и технологии в Марокко статус международного центра МАГАТЭ на базе исследовательского реактора, который предоставляет студентам и молодым специалистам из африканских стран возможности для обучения и профессиональной подготовки в ядерной области.

Топливный цикл исследовательских реакторов

В 2023 году Агентство выпустило публикацию «Post-radiation Examination Techniques for Research Reactor Fuels» («Методы послереакторных исследований топлива для исследовательских реакторов»), из которой государства-члены могут почерпнуть общую информацию о таких методах, способствующих разработке топлива на основе НОУ для исследовательских реакторов большой мощности.

▶ **Миссия Агентства в поддержку инспекции в процессе эксплуатации на исследовательском реакторе RSG-GAS в Индонезии, июнь 2023 года (фотография предоставлена Национальным агентством исследований и инноваций Индонезии (БРИН)).**

▼ **Генеральный директор во время посещения в ноябре 2023 года подземной исследовательской лаборатории Национального агентства по обращению с радиоактивными отходами Франции («Андра») в рамках обсуждения будущего сооружения планируемого Францией глубинного геологического хранилища ядерных радиологических отходов среднего и высокого уровня активности «Сижео» (фотография предоставлена «Андра»).**



Участники технического совещания по вопросам устойчивости исследовательских реакторов с точки зрения распространения обменялись информацией и опытом в части включения в конструкцию новых исследовательских реакторов внутренне присущих характеристик, позволяющих свести к минимуму возможность их использования для распространения ядерного оружия.

В Лемонте, Соединенные Штаты Америки, состоялся учебный семинар-практикум, участники которого получили практическую информацию и рекомендации по созданию схем связи между кодами для расчета нейтронно-физических характеристик и термогидравлических процессов, что позволит оптимизировать аспекты, связанные с проектированием, эксплуатацией, эффективностью использования и безопасностью исследовательских реакторов.

Эксплуатация и техническое обслуживание исследовательских реакторов

В Исламской Республике Иран и Таиланде состоялись миссии по оценке эксплуатации и обслуживания исследовательских реакторов (OMAPP), а в Демократической Республике Конго, Индонезии и Исламской Республике Иран были проведены миссии Агентства в поддержку инспекций на исследовательских реакторах в процессе эксплуатации, благодаря чему эти государства-члены смогли повысить эксплуатационную готовность и надежность своих исследовательских реакторов.

Были организованы технические совещания по цифровым системам контроля и управления и по интегрированным системам менеджмента для исследовательских реакторов, а также вебинар на тему учета соображений вывода из эксплуатации при проектировании и эксплуатации исследовательских реакторов. Эти мероприятия способствовали обмену опытом управления различными стадиями жизненного цикла установок и поддержали государства-члены в их усилиях по обеспечению непрерывной и безопасной эксплуатации исследовательских реакторов.





СОЗДАНИЕ ПОТЕНЦИАЛА И ЯДЕРНЫЕ ЗНАНИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ УСТОЙЧИВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

ЦЕЛЬ

Оказывать государствам-членам содействие в укреплении их потенциала в целях формирования тщательно проработанных энергетических стратегий, планов и программ, а также для получения более полного представления о вкладе ядерных технологий в облегчение перехода к экологически чистой энергии, борьбу с изменением климата и достижение целей в области устойчивого развития (ЦУР).

Оказывать государствам-членам содействие в укреплении их потенциала в целях создания, организации и использования собственных баз ядерных знаний и способствовать международному сетевому взаимодействию.

Приобретать, сохранять и предоставлять государствам-членам информацию в области ядерной науки и технологий в целях содействия устойчивому обмену информацией между государствами-членами.



”

МАГАТЭ остается важным партнером Корейского научно-исследовательского института атомной энергии в сфере управления знаниями, включая развитие людских ресурсов. Благодаря этому мы получаем всесторонние представления о деятельности по сохранению знаний в ядерной отрасли на глобальном уровне.

Нам Ён Ми

Главный научный сотрудник Корейского научно-исследовательского института атомной энергии



6

миссий по содействию управлению знаниями проведены в Армении, Египте, Грузии, Индии, Тунисе и Швейцарии



6

сессий школы по управлению в области ядерной энергии

3

сессии школы по управлению ядерными знаниями



4

миссии Международной академии ядерного менеджмента

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Энергетическое моделирование, данные и создание потенциала

Энергетическое планирование остается ключевым компонентом усилий по преодолению энергетического и климатического кризисов. Оно позволяет гарантировать, что запланированные на уровне стран пути перехода будут соответствовать ЦУР в кратко- и среднесрочной перспективе, а также целям Парижского соглашения в долгосрочной перспективе. Все больше стран рассматривают возможность использования ядерной энергии. Включение этой возможности в энергетическое планирование позволяет странам принимать решения о целесообразности реализации ядерной программы. Агентство может предоставлять странам консультации по энергетическому планированию с учетом принципа технологической нейтральности, которые могут охватывать варианты внедрения разных технологий, включая ядерную энергетику, возобновляемые источники энергии и т.д. Некоторые из организованных в 2023 году учебных мероприятий по энергетическому планированию

были посвящены именно малым модульным реакторам или поддержке таких инициатив, как Atoms4NetZero, которые призваны помочь государствам-членам в оценке ядерной энергетики в качестве способа декарбонизации производства электричества, тепла и водорода. Агентство продолжало оказывать государствам-членам помощь в области энергетического планирования в целях устойчивого развития и смягчения последствий изменения климата, а также во все большей степени в целях перехода к нулевому уровню выбросов. В рамках 51 мероприятия по созданию потенциала, которые были организованы для специалистов из стран Азии, Африки, Европы, Латинской Америки и Карибского бассейна, участники ознакомились с методами оценки энергетических потребностей своих стран, в том числе на основе использования соответствующих инструментов оценки Агентства.

▶
Слушатели совместной Школы МЦТФ и МАГАТЭ по управлению ядерными знаниями работают над групповым проектом в Триесте, Италия, октябрь 2023 года.



Анализ «Энергия, экономика, экология» (3Э)

Для достижения целей Парижского соглашения потребуется существенно увеличить объемы инвестиций в экологически чистые энергетические технологии. Более широкое признание способности ядерной энергетики внести свой вклад в борьбу с изменением климата может открыть путь к использованию вариантов устойчивого финансирования, которые уже доступны для других низкоуглеродных технологий. В 2023 году Агентство организовало несколько семинаров-практикумов по вопросам финансирования ядерной энергетики и по макроэкономическим последствиям инвестиций в ядерную отрасль, а также несколько панельных заседаний и мероприятий высокого уровня на второй Международной конференции «Изменение климата и роль ядерной энергетики: атом для достижения нулевого уровня выбросов (Atoms4NetZero)» и на КС-28, посвященных финансированию инвестиций в ядерную отрасль и взаимодействию с финансовыми организациями. Участники этих мероприятий обсудили, в частности, разработку классификаций устойчивой деятельности, включающей ядерную энергетику; использование климатических моделей для предоставления финансовым организациям сведений о возможном вкладе ядерной энергетики в смягчение последствий изменения климата; необходимость включения ядерной энергетики

в политику многосторонних банков развития в отношении финансирования деятельности, связанной с изменением климата.

В рамках КС-28 Агентство распространило три брошюры: «Nuclear Energy and Climate Change: Questions and Answers on Progress, Challenges and Opportunities» («Ядерная энергетика и изменение климата: вопросы и ответы о прогрессе, проблемах и возможностях») — часть вклада Агентства в первое глобальное подведение итогов; «Nuclear Energy in Mitigation Pathways to Net Zero» («Роль ядерной энергии в смягчении последствий изменения климата для достижения нулевого уровня выбросов»), в которой анализируется роль ядерной энергетики и проблемные вопросы, обозначенные в шестом докладе об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата; «Nuclear Energy in Climate Resilient Power Systems» («Ядерная энергетика в климатоустойчивых энергетических системах»), которая посвящена изучению потенциала ядерной энергетики в создании безуглеродных климатоустойчивых энергетических систем. В этих брошюрах содержатся общие сведения, связанные с несколькими мероприятиями, которые были организованы Агентством или его партнерами в рамках КС-28.



Генеральный директор с президентом Армении Ваагном Хачатуряном (слева) и министром энергетики Казахстана Алмасадамом Саткалиевым (справа) на мероприятии Агентства «Ядерная энергетика — залог достижения нулевого уровня выбросов», КС-28, декабрь 2023 года.

Мероприятие по ядерной тематике и нулевым выбросам «Утроение мощностей ядерной энергетики к 2050 году», КС-28, декабрь 2023 года.



Управление ядерными знаниями

Чтобы развивать и сохранять на должном уровне необходимые техническую информацию и навыки, которые требуются в ядерно-энергетических программах и ядерных технологиях, крайне важно накапливать, собирать, передавать, распространять, сохранять, поддерживать и использовать знания. В этой связи Агентство помогает государствам-членам поддерживать и сохранять ядерные знания.

В 2023 году были проведены четыре миссии Международной академии ядерного менеджмента: в Софийском университете в Болгарии, в Международной ядерной магистратуре (МЯМ) КЕПКО в Республике Корея, в Айдахском университете в Соединенных Штатах и в Технологическом университете Онтарио в Канаде. В этом же году к Академии присоединились три новых члена: МЯМ, Айдахский университет и Западночешский университет (Чешская Республика).

Две технические рабочие группы, по управлению ядерными знаниями и по развитию людских ресурсов, были

объединены для повышения эффективности работы и сокращения затрат. В 2023 году прошло первое совещание новой технической рабочей группы по управлению людскими ресурсами и знаниями в ядерно-энергетической сфере.

Кроме того, было проведено техническое совещание Международной академии ядерного менеджмента, в ходе которого представители университетов рассказали о состоянии своих реализуемых и запланированных программ по менеджменту ядерных технологий, а также обменялись положительными практиками и опытом.

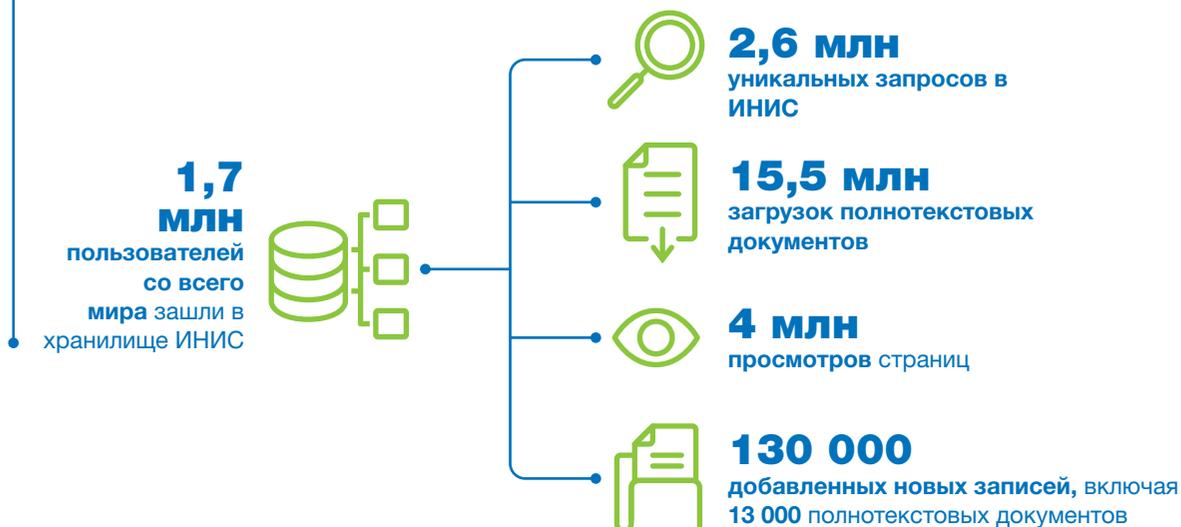
Руководящие указания для государств-членов, в частности для университетов, по созданию магистратур в сфере управления ядерными знаниями, содержатся в публикации «A Nuclear Knowledge Management Course for University Master's Level Programmes» («Курс управления ядерными знаниями для университетских магистерских программ»).

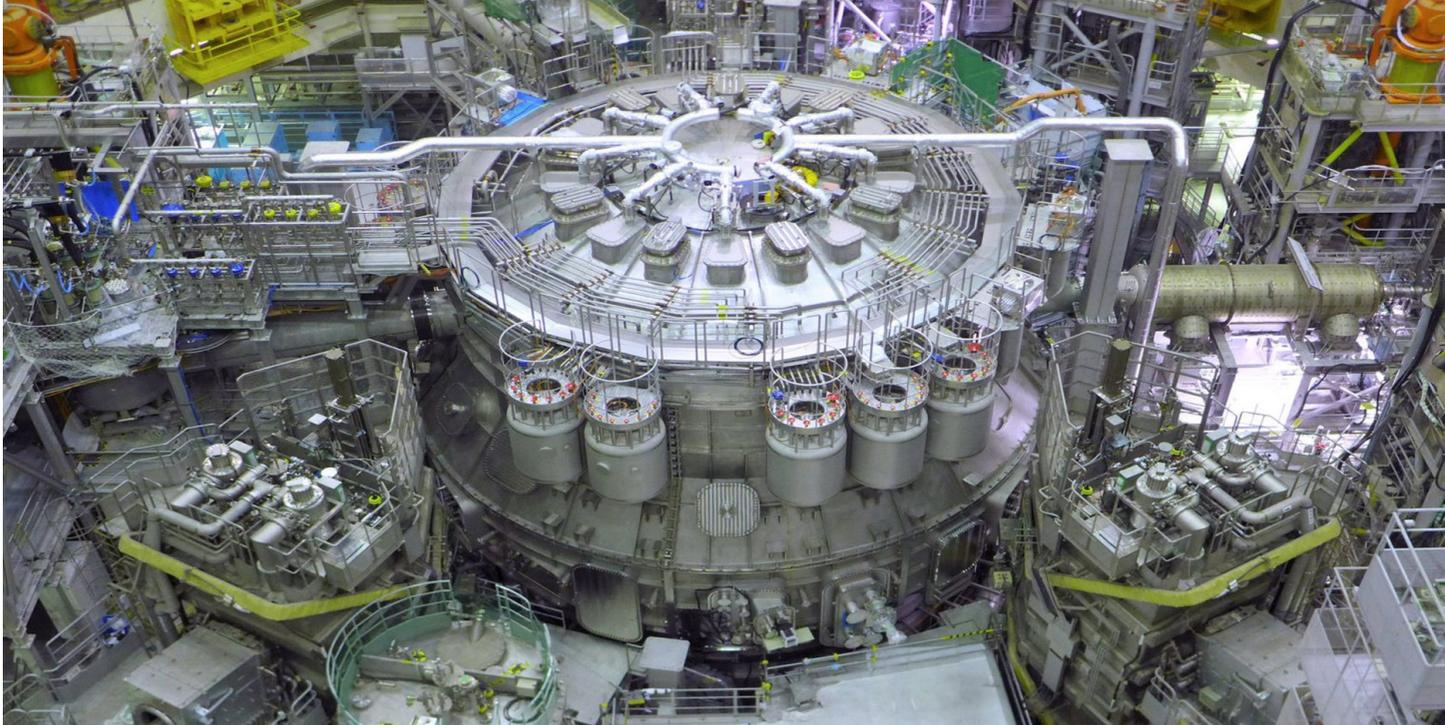
Ядерная информация

Библиотека МАГАТЭ, переименованная в марте 2023 года в Библиотеку МАГАТЭ имени Лизе Майтнер, продолжает удовлетворять потребности государств-членов в сфере информации, взаимодействуя с членами Международной сети ядерных библиотек.



Сотрудники Агентства и Моника Фриш, внучатая племянница Лизе Майтнер, на церемонии переименования библиотеки МАГАТЭ, март 2023 года.





ЯДЕРНАЯ НАУКА

ЦЕЛЬ

Оказывать государствам-членам содействие в укреплении их потенциала в области развития и применения ядерной науки как движущей силы их технологического и социально-экономического прогресса.

Оказывать государствам-членам содействие в укреплении практики устойчивой эксплуатации и эффективного использования ускорителей частиц и источников нейтронов, а также эффективного использования исследовательских реакторов, в расширении возможностей доступа к этим установкам и разнообразным сценариям их применения, а также в вопросах подготовка специалистов соответствующей квалификации.



”

АНСТО гордится давним сотрудничеством с МАГАТЭ. Впереди нас ждут новые возможности, и мы используем их, чтобы продолжить работу над достижением целей Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития путем применения ядерной науки и технологий.

Д-р Сьюзанн Холлинз

Директор по научным исследованиям
Австралийской организации по
ядерной науке и технике (АНСТО)
и директор Института последипломного
образования АНСТО

**16**

**проектов
координированных
исследований**
реализуются

**3**

миссии ИРРУР в
ОАЭИ, Иран;
АНЛ, США;
и МТИ, США

**3**

**практические
договоренности
заключены с**
Китайским центром
ядерных данных,
Китай; Хэфэйским
институтом физических
наук, Китай и ИТЭ

**163**

**человека прошли
практическое
обучение в**
сфере ядерной науки
и применений

**9**

**терабайтов
материалов
скачано**
с сайта услуг
по ядерным
данным

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Атомные и ядерные данные

Агентство предоставляет фундаментальные ядерные данные для энергетических и неэнергетических применений, а также атомные данные для термоядерных исследований. В 2023 году Агентство разработало ряд новых графических интерфейсов пользователя, которые облегчают доступ к данным о ядерных реакциях и из которых особого внимания заслуживают TALYSworld и Data Explorer. Кроме того, свой вклад в улучшенные ядерные данные для плутония-239, необходимые для

усовершенствованного моделирования ядерных реакций, внесла Международная сеть по оценке ядерных данных. Прошедшая в мае 2023 года и собравшая 127 участников Международная конференция по атомным процессам в плазме была посвящена атомным процессам, рассматриваемым в рамках изучения поведения плазмы в термоядерных установках и других прикладных решений с учетом широкого диапазона значений плотности и температуры.

Исследовательская и прикладная деятельность с использованием ускорителей частиц и источников нейтронов

Агентство оказывает содействие государствам-членам в сфере научных исследований, инфраструктурных проектов и образовательных программ, связанных с ускорителями и источниками нейтронов. В 2023 году Центр применения ионных пучков Сингапурского национального университета получил статус центра сотрудничества, задачей которого стало расширение использования науки и технологий, связанных с ускорителями, для решения многопрофильных задач.

Агентство продолжило работу в рамках инициативы «Атом для сохранения объектов наследия» и провело технические совещания и семинары-практикумы, многочисленными участниками которых получили возможность углубить свои знания в области новейших ядерных аналитических методов, используемых при изучении объектов культурного наследия и соответствующих образцов. По результатам совместного технического брифинга Агентство и Межрегиональный научно-исследовательский институт Организации Объединенных Наций по вопросам преступности и правосудия предложили платформу сотрудничества по использованию ядерных методов для борьбы с незаконным оборотом культурных ценностей.

Слушатели организуемых периодически учебных курсов и семинаров-практикумов получают возможность пройти практическое обучение в сфере применения

исследовательских реакторов, ионных пучков и источников синхротронного излучения в рамках научных экспериментов и решения практических задач. Научные коллективы из примерно 20 государств-членов проводят эксперименты на синхротроне «Элеттра» в Триесте в Италии и в Институте им. Руджера Бошковича в Хорватии.

Публикация Агентства «Specific Considerations and Guidance for the Establishment of Ionizing Radiation Facilities» («Особые соображения и руководящие материалы по развертыванию установок, использующих ионизирующее излучение») предназначена для использования руководителями, директивными органами на национальном уровне и другими заинтересованными сторонами в организациях, которые заняты созданием новых установок, использующих ионизирующее излучение, или оказывающих поддержку в этой сфере. В публикации «Advances in Boron Neutron Capture Therapy» («Достижения в области бор-нейтронзахватной терапии») содержатся исчерпывающие сведения о текущем положении дел в соответствующей области науки и связанных с ней вспомогательных технологиях. Она охватывает такие направления, как источники нейтронов на базе ускорителей, формирование пучка, физическая дозиметрия, проектирование и эксплуатация установок, фармацевтические препараты, радиобиология, расчет доз, планирование лечения и клинические испытания.

Ядерные контрольно-измерительные приборы

Безопасное и эффективное использование ядерных методов требует наличия надежных приборов и датчиков для измерений, диагностики и контроля. Усовершенствованные ядерные приборы используются во многих сложных применениях, таких как системы визуализации высокого разрешения для медицинской диагностики, дистанционные датчики, контролирующие безопасность окружающей среды либо зондирование и изготовление самых современных материалов или объектов.

В Лаборатории ядерной науки и приборов МАГАТЭ и в партнерских организациях было проведено более 300 человеко-недель практических занятий по таким темам, как гамма-спектроскопия, рентгеновская флюоресценция, нейтронные исследования, применение радиоиндикаторов, радиационное картирование и физическая ядерная безопасность. Большая часть занятий проходила в недавно отремонтированном многофункциональном здании в комплексе Лабораторий МАГАТЭ в Зайберсдорфе.

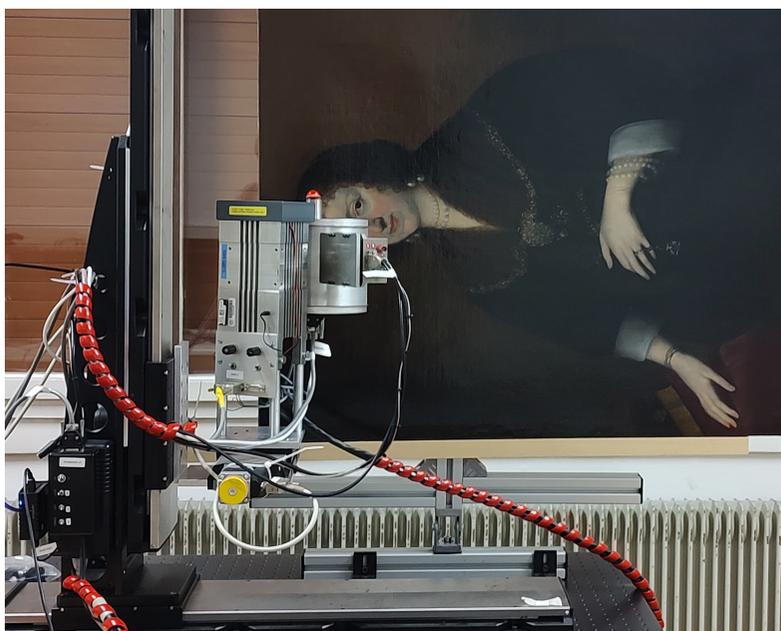
В ходе прошедшей в Триесте, Италия, сессия Совместной школы МЦТФ и МАГАТЭ по усовершенствованным ядерным контрольно-измерительным приборам слушатели с помощью учебных пособий и практических занятий познакомились с профессиональными инструментами для разработки программного обеспечения и аппаратными платформами, при этом особое внимание было уделено практическому применению современных ядерных контрольно-измерительных приборов.

С помощью аттестационных испытаний были расширены аналитические возможности примерно 50 лабораторий в 34 государствах-членах.

Кроме того, в рамках новых инициатив в сфере партнерства с частным сектором в Лаборатории ядерной науки и приборов в Зайберсдорфе была проведена демонстрация различных систем радиационного картирования, предназначенных для радиационного обследования местности.



Миссия Агентства по комплексному обзору использования исследовательских реакторов (ИРРУР) проанализировала различные аспекты использования трех исследовательских реакторов в Исламской Республике Иран. Две другие миссии ИРРУР занимались исследовательскими реакторами Айдахской национальной лаборатории и Массачусетского технологического института в Соединенных Штатах Америки (фотография предоставлена Организацией по атомной энергии Ирана).



Портативный макрорентгеновский флуоресцентный сканер для двумерного неразрушающего анализа элементного состава пигментов произведений искусства и объектов культурного и исторического значения. Устройство разработано и изготовлено в рамках совместного проекта МАГАТЭ и МЦТФ (фотография предоставлена МЦТФ).

Исследования в области термоядерного синтеза

Агентство продолжает оказывать содействие государствам-членам посредством активизации научных исследований и технологических разработок в области термоядерного синтеза, чтобы сделать термоядерную энергетику реальностью.

В 2023 году началось осуществление нового проекта координированных исследований (ПКИ) по стандартизации методов тестирования малых образцов для применений термоядерного синтеза, призванный способствовать усилиям по унификации терминологии и инструментов, которые используются различными сообществами специалистов по термоядерному синтезу.

Агентство организовало семинар-практикум, посвященный использованию искусственного интеллекта для ускорения исследований в области термоядерного синтеза и плазмы. В ходе мероприятия исследователи, разработчики, специалисты-практики, представители бизнеса и политики обсудили применение ИИ в исследованиях термоядерного синтеза и плазмы, в том числе в рамках совместных инициатив и ПКИ. Кроме того, в Триесте, Италия, была организована сессия Совместной школы МЦТФ и МАГАТЭ по использованию ИИ в исследованиях, касающихся ядерной сферы, плазмы и термоядерного синтеза. На занятиях молодые ученые освоили важнейшие навыки, связанные с применением в указанных областях ИИ, машинного обучения и методов вычислительной физики.

В рамках прошедшего в Генте, Бельгия, пятого технического совещания МАГАТЭ по обработке, валидации и анализу данных о термоядерном синтезе специалисты обсудили ряд вопросов, касающихся обработки, валидации и анализа указанных данных, чтобы определить потребности в экстраполяции для термоядерных устройств следующего поколения, таких как ИТЭР.

Организованная Таиландским институтом ядерных технологий в сотрудничестве с Агентством и при его поддержке 8-я сессия Школы АСЕАН по физике плазмы и термоядерному синтезу способствовала повышению в странах Юго-Восточной Азии осведомленности об исследованиях в области ядерного синтеза и плазмы, а также помогла наладить взаимодействие между молодыми учеными и ведущими исследователями со всего мира. Организованная также в сотрудничестве с Агентством и при его поддержке 12-я сессия Международной школы ИТЭР позволила участникам познакомиться с физикой высокоэнергетических частиц в термоядерной плазме.

В 2023 году Агентство присвоило Центру изучения плазмы и термоядерного синтеза (ЦИПС) Массачусетского технологического института статус центра сотрудничества в области термоядерного синтеза — первого такого центра. Это партнерство поможет Агентству успешно заниматься исследованиями и разработками в области термоядерного синтеза в течение начального четырехлетнего периода (2023–2027 годы). Агентство сможет воспользоваться накопленными в ЦИПС знаниями в сфере использования искусственного интеллекта в исследованиях термоядерного синтеза и плазмы, объединив эти два инновационных направления и одновременно занимаясь обучением нового поколения исследователей термоядерного синтеза.

Кроме того, Агентство и Хэфэйский институт физических наук Китайской академии наук, представляющий собой многопрофильную научную организацию с институтом термоядерных исследований в своем составе, заключили практические договоренности, касающиеся вопросов физики, техники, подготовки кадров и образования в области термоядерного синтеза.

Наконец, Агентство выпустило обзорный учебник под названием «Fundamentals of Magnetic Fusion Technology» («Основы технологии термоядерного синтеза с магнитным удержанием»), затрагивающий широкий круг вопросов и предназначенный для магистратур.

Генеральный директор с директором Центра изучения плазмы и термоядерного синтеза (ЦИПС) Массачусетского технологического института Деннисом Уайтом и научным сотрудником ЦИПС Кристиной Реа на подписании соглашения о наделении ЦИПС функциями центра сотрудничества, сентябрь 2023 года.



42 публикации в 2023 году



17 на тему ядерного топливного цикла и технологии обращения с отходами

21 на тему ядерной энергетики

4 на тему планирования, информации управления знаниями



<https://www.iaea.org/ru/publikacii>

176 440 просмотров публикаций Департамента ядерной энергии на сайте в 2023 году

САМАЯ ПОПУЛЯРНАЯ ПУБЛИКАЦИЯ



Country Nuclear Power Profiles («Обзорная информация о ядерной энергетике по странам»)

10 471 просмотр в интернете

Ядерная энергетика, топливный цикл и ядерная наука



Вторая международная конференция по изменению климата и роли ядерной энергетики в 2023 году: Atoms4NetZero

Октябрь 2023 года, Вена
Участники: **496** присутствовали лично и **530** в режиме онлайн, представляя **88** государств-членов

Мероприятие предоставило государствам-членам, представителям соответствующих секторов низкоуглеродной энергетики, международных организаций и других заинтересованных сторон площадку для обмена информацией о роли ядерной энергетики в энергетическом переходе к системе с нулевым уровнем выбросов, соответствующей цели ограничения глобального потепления величиной не более 1,5°C до конца века.



Международный симпозиум «Урановое сырье для ядерного топливного цикла»

Май 2023 года, Вена
Участники: **176** присутствовали лично и **229** в режиме онлайн, представляя **63** государства-члена

Участники мероприятия получили возможность провести анализ сценариев спроса и предложения, а также представить и обсудить последние разработки и инновации в области геологии, разведки, добычи и переработки урана и вывода объектов из эксплуатации в целях обеспечения устойчивых поставок урана для его использования в качестве ядерного топлива.

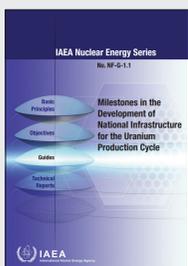


29-я Конференция МАГАТЭ по энергии термоядерного синтеза

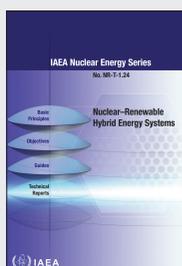
Октябрь 2023 года, Лондон
Участники: **1006** присутствовали лично и **1609** в режиме онлайн, представляя **81** государство-член

В ходе мероприятия обсуждались ключевые вопросы физики и техники и инновационные концепции, имеющие отношение к использованию термоядерного синтеза в качестве источника энергии в будущем. Участники конференции поделились результатами исследований и разработок, проводившихся в рамках национальных и международных термоядерных программ, и обсудили такие темы, как экспериментальные и теоретические исследования, технологии и материалы для установок термоядерного синтеза, социальные и экономические аспекты, а также подчеркнули достигнутые успехи.

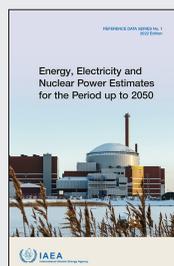
Руководящие материалы по оценке хода создания или восстановления национальной программы уранового производства и по планированию шагов, необходимых для разработки требований к национальной инфраструктуре уранового производства.



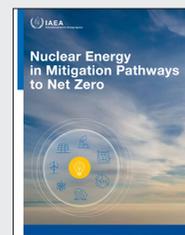
Описание возможного использования ядерных и возобновляемых источников энергии в скоординированных конфигурациях в целях обеспечения энергией различных объектов, не связанных с производством электроэнергии.



Оценки тенденций в области энергетики, электроэнергетики и ядерной энергетики на период до 2050 года, включая низкие и высокие сценарии глобальных и региональных прогнозов по ядерной энергетике.



Описание роли ядерной энергетики в способах смягчения последствий изменения климата на общемировом уровне, предложенных Межправительственной группой экспертов по изменению климата и Международным энергетическим агентством.



ПУБЛИКАЦИИ И КОНФЕРЕНЦИИ МАГАТЭ В 2023 ГОДУ



Международный симпозиум «Развертывание плавучих атомных электростанций: преимущества и проблемы»

Ноябрь 2023 года, Вена

Участники: **141** присутствовали лично и **20** в режиме онлайн, представляя **45** государств-членов

Участники мероприятия рассмотрели и обсудили возможности развертывания ПАТЭС в интересах увеличения вклада ядерной энергетики в достижение нулевого уровня выбросов углекислого газа. В ходе симпозиума была подчеркнута необходимость более тесного сотрудничества между Агентством и Международной морской организацией, а также морскими классификационными обществами, и необходимость рассмотрения вопросов ядерной безопасности, физической безопасности и гарантий на ранних стадиях проектирования.



Международная конференция «Вывод из эксплуатации ядерных объектов: решение проблем прошлого и создание задела на будущее»

Май 2023 года, Вена

Участники: **403** присутствовали лично и **181** в режиме онлайн, представляя **69** государств-членов

В ходе мероприятия были рассмотрены достижения, проблемы и уроки в области вывода из эксплуатации ядерных установок; его участники также уточнили текущие приоритетные потребности и обменялись информацией о стратегиях и подходах, способствующих безопасной, надежной и экономически эффективной реализации соответствующих программ.