

ЯДЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Ядерные методы для
развития и охраны
окружающей среды



”

В 2023 году ядерные науки и применения по-прежнему оставались существенно важными инструментами для решения насущных задач развития. В рамках проектов «Лучи надежды», ЗОДИАК и «НУТЕК пластикс» ядерные науки и применения помогли преодолевать глобальные проблемы в лечении рака, активизировать усилия по предотвращению новых пандемий и бороться с загрязнением окружающей среды пластиком. С помощью начавшей недавно работать Сети ГлоВАЛ будет оказываться содействие в эффективном управлении водными ресурсами, а в соответствии с инициативой Atoms4Food, новым и перспективным проектом сотрудничества с FAO, будет предоставляться помощь странам в укреплении продовольственной безопасности и безопасности пищевой продукции.

Используя новейшие достижения ядерных наук, МАГАТЭ продолжает ускорять инновации в рамках прикладных исследований и разработок, чтобы обеспечивать устойчивое развитие посредством создания лучшего будущего.

Наджат Мохтар

Заместитель Генерального директора —
руководитель Департамента ядерных наук
и применений

Ядерные методы для развития и охраны окружающей среды

действующих проектов координированных исследований по линии Департамента ядерных наук и применений

105

технических совещаний, совещаний консультантов и по координации исследований

149

действующих исследовательских контрактов

1415

действующих центра сотрудничества по линии Департамента ядерных наук и применений

54

базы данных

24



ЛЕНТА НОВОСТЕЙ МКЦ-ПО

почти **40 000** уникальных посетителей из **185** стран

938 постов

65 673 просмотра

КАМПУС ПО ЗДОРОВЬЮ ЧЕЛОВЕКА

79 446 пользователей

365 771 просмотр страниц



34

вебинара

12

онлайн-курсов

14

модулей электронного обучения

186

учебных курсов
и семинаров-практикумов

34

конференции
форума
симпозиума
параллельных
мероприятия

12 международных лабораторий

157
посещений
лабораторий



12 лабораторий с виртуальными турами



37

помещений

● Монако ● Зайберсдорф ● Вена



ПРОДОВОЛЬСТВИЕ И СЕЛЬСКОЕ ХОЗЯЙСТВО

ЦЕЛЬ

Повышать устойчивость и жизнестойкость производства продовольствия и сельскохозяйственной продукции и связанных с таким производством источников средств к существованию в государствах-членах с использованием методов климатически оптимизированного сельского хозяйства, решая проблемы, обусловленные болезнями животных и зоонозными заболеваниями, вредителями растений, рисками для безопасности пищевых продуктов, изменением климата, биоугрозами, а также ядерными или радиологическими аварийными ситуациями.



”

Вьетнам поддерживает давние партнерские отношения с ФАО/МАГАТЭ через Совместный центр ФАО/МАГАТЭ, уделяя особое внимание применению ядерных методов в области продовольствия и сельского хозяйства. Это сотрудничество наряду с использованием ядерных методов сыграло важную роль в наших усилиях по борьбе с отсутствием продовольственной безопасности и неправильным питанием, а также внесло существенный вклад в обеспечение продовольственной безопасности всей страны.

Доцент Дат Хюинь Тхань
Министр науки и технологий, Вьетнам

**31**

новый сорт, внесенный в Базу данных ФАО/МАГАТЭ по мутантным сортам

**200**

последовательностей переданы в GenBank; создан 31 новый геном

**10**

аналитических методов, разработанных для обеспечения безопасности и подлинности пищевых продуктов

**5**

опубликованных руководств по борьбе с плодовой мухой

**5**

опубликованных СРП и руководств по использованию методов стабильных изотопов для оценки засухоустойчивости и эффективности водопотребления сельскохозяйственных культур

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Борьба с болезнями животных и зоонозными заболеваниями посредством определения геномов патогенов

В рамках инициативы ЗОДИАК Агентство и ФАО через Совместный центр ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства разработали и оптимизировали инструменты секвенирования следующего поколения (ССП) и соответствующие средства биоинформатики и передали их государствам-членам для создания потенциала по решению проблем здоровья животных. Преимущество ССП заключается в обнаружении неизвестных и неожиданных патогенов и их характеристик, что обеспечивает важнейшей информацией директивные органы, ответственные за борьбу с болезнями.

В 2023 году с помощью ССП было подтверждено присутствие в Западной Африке генотипа II вируса африканской чумы свиней (АЧС), который вызвал серьезные вспышки болезни и способствовал текущей всемирной пандемии, а также четырех других генотипов АЧС, циркулирующих в Замбии, что послужило толчком к проведению целенаправленных исследований распространения АЧС и выработке необходимых стратегий борьбы с ней. Кроме того, в очагах заболевания были секвенированы геномы патогенов, что

позволило лучше понять разнообразие патогенов и расширить возможности борьбы со вспышками болезней. Были определены дополнительные характеристики вируса узелковой сыпи, что привело к открытию древнего штамма, который в последний раз наблюдался в 1960 году в Африке и в настоящее время циркулирует в Южной Азии. Эти данные были крайне важны для обоснования вакцинации и других стратегий борьбы с заболеванием.

Осознавая преимущества ССП в области охраны здоровья животных, государства-члены запросили дополнительную помощь для создания потенциала на местах. В 2023 году Агентство и ФАО провели обучение и предоставили стандартные рабочие процедуры (СРП) по ССП и биоинформатике ученым из 15 африканских и азиатских стран. Расширение использования ССП привело к улучшению диагностики и совершенствованию программ наблюдения в 20 государствах-членах, а также способствует развитию исследований по борьбе с инфекционными и зоонозными заболеваниями животных во всем мире.

Инновационное применение радиоизотопов / стабильных изотопов и ионизирующего излучения для обеспечения безопасности / проверки аутентичности пищевых продуктов и установления стандартов

Для повышения безопасности пищевых продуктов, более широкого применения методов их облучения и борьбы с их фальсификацией Агентство поддержало разработку аналитических методов, включая рентгеновскую флуоресценцию для определения содержания металлов в африканском и азиатском просе, а также иммуносенсоры

и хромато-масс-спектрометрию сверхкритических флюидов для проверки содержания микотоксинов в белизских маисовых лепешках. Кроме того, марокканские заинтересованные стороны прошли обучение и получили рекомендации по выявлению фальсификации меда, а изотопные методы, используемые для определения аутентичности

уксуса и меда, были адаптированы для контроля органических продуктов питания, а также для отслеживания происхождения манго, кофе и какао на Филиппинах. В рамках проекта координированных исследований Агентство произвело радиоизотоп цинка-65 и использовало его в синтезе амокцициллина для исследований истощения рыбных запасов. Было также внедрено использование позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) для обнаружения меченных изотопами лекарственных препаратов в рыбе. Кроме того, в Колумбии был разработан и внедрен инструмент на основе искусственного интеллекта для интерпретации масс-спектров и изотопных моделей при анализе остаточного содержания веществ.

По всему миру Агентство оказывало содействие лабораториям по обеспечению безопасности пищевых продуктов в укреплении их потенциала. Благодаря этой помощи

Центральная ветеринарная лаборатория Зимбабве получила аккредитацию по стандарту ISO/IEC 17025, что способствовало экспорту домашней птицы и повышению осведомленности фермеров об использовании противомикробных препаратов, а в Кыргызстане лаборатория по обеспечению безопасности пищевых продуктов повысила качество услуг и получила статус национальной референтной лаборатории для анализа остатков противомикробных препаратов и устойчивости к ним.

При поддержке Агентства Комиссия по фитосанитарным мерам (КФМ) Международной конвенции по карантину и защите растений пересмотрела и опубликовала Международный стандарт по фитосанитарным мерам №18, в котором изложены технические рекомендации по применению облучения в качестве фитосанитарной меры для международных торговых соглашений.

Свободные от сельскохозяйственных вредителей производственные площадки для содействия торговле фруктами

КФМ разработала концепцию свободных от вредителей производственных площадок (СВПП) в качестве механизма снижения рисков, связанных с вредителями, для содействия торговле фруктами. При поддержке Агентства количество СВПП увеличилось с 303 в 2018 году до 1094 в 2023 году. Эквадор входит в число стран, которые получили наибольшую выгоду от широкого использования этого механизма, благодаря экспорту нетрадиционных фруктов, включая питайю (драконий фрукт), тамарилло и учуву (физалис) в Соединенные Штаты Америки и в последнее время в Китай и Перу. Между эквадорским агентством по регулированию и контролю здоровья растений и животных Агрокалидад и признанными национальными организациями по защите

растений стран-импортеров были подписаны двусторонние планы работы. В них перечислены конкретные фитосанитарные меры, которые должны применяться производителями и экспортерами, чтобы они могли участвовать в программе экспорта. Среди используемых мер — применение в масштабах района метода стерильных насекомых при содействии Агентства. Стерильные мухи еженедельно импортируются с установки по массовому разведению и стерилизации программы «Москамед», расположенной в Эль-Пино, Гватемала, и выпускаются в Эквадоре на территории выращивания коммерческих фруктовых культур и прилегающих районов площадью 855 гектаров. Кроме того, сотрудники агентства Агрокалидад получили возможность

В лабораториях Агентства в Зайберсдорфе ученые проводят эксперименты по определению сложных геномов патогенов, чтобы выявить новые и вновь появляющиеся патогены животных и зоонозов.



повысить квалификацию в области наблюдения за популяциями, что является ключевой частью механизма СВПП, их ликвидации и, в частности, обращения со стерильными мухами и их выпуска. Статус СВПП достигается, когда по крайней мере в течение одного года наблюдения отмечается отсутствие плодовых мух, имеющих карантинное значение, в частности, средиземноморской плодовой мухи и южноамериканской плодовой мухи.

Использование СВПП расширило возможности экспорта фруктов из Эквадора, что послужило стимулом для производителей фруктов к увеличению производства этих нетрадиционных культур. В случае с питайей площадь производства увеличилась до более чем 1700 гектаров, и на экспорт отправляется 34 000 тонн фруктов. По состоянию на сентябрь 2023 года объем этого экспорта составил более 73 млн долл. США.

Изучение влияния космического излучения для повышения генетической изменчивости сельскохозяйственных культур, устойчивых к климатическим изменениям

Ученые стремятся понять, как космическое излучение и микрогравитация влияют на индуцирование генетических изменений, чтобы вывести культуры, которые способны произрастать в суровых условиях на Земле, особенно вызванных изменением климата.

Агентство через Совместный центр ФАО/МАГАТЭ руководит новаторской работой по технико-экономическому обоснованию облучения семян в космосе для индуцирования генетической изменчивости и ускоренной мутационной селекции растений. Семена модельного растения *Arabidopsis thaliana* и сорго (*Sorghum bicolor*) были отправлены в космос примерно на пять месяцев для формирования новых генетических изменений в результате воздействия суровой космической среды. На международной космической станции семена подвергались воздействию различных условий: одни семена находились внутри станции, а другие — снаружи,

чтобы на них влияла не только микрогравитация, но и экстремальные температуры и неэкранированное космическое излучение.

В настоящее время семена находятся в Лаборатории селекции и генетики растений Агентства в Зайберсдорфе, где проводится тщательный анализ биологии роста растений и структурных изменений ДНК с использованием самых современных технологий. Предварительные наблюдения свидетельствуют о нормальной морфологии и репродуктивном поведении растений, полученных из семян обеих культур. Изучаются фенотипические и генетические изменения этих мутантных популяций, чтобы выявить полезные признаки для климатической устойчивости и повышения урожайности с целью вывести новые сорта, которые будут способствовать глобальной продовольственной безопасности.

Синергия использования зондов с источником нейтронов космического излучения и дистанционного зондирования для обеспечения водосберегающего характера сельского хозяйства

Благодаря десятилетию всесторонних исследований и разработок, проведенных Совместным центром ФАО/МАГАТЭ, в 2023 году в регионах, подверженных засухе, особенно в 23 африканских странах, существенно активизировалось внедрение технологии зондов с источником нейтронов космического излучения. Используя различные механизмы исследований и создания потенциала, Агентство предпринимает целенаправленные усилия по интеграции технологии зондов с источником нейтронов космического излучения с дистанционным зондированием высокого разрешения. Интеграция этих технологий обещает революционный сдвиг в области ландшафтного мониторинга влажности почвы, так как она будет содействовать применению климатически оптимизированных методов орошения и будет источником важнейших данных о засухах и наводнениях для директивных органов и фермеров. В рамках проекта «Картирование почв для устойчивых агропродовольственных систем в Центральной Америке и странах Африки к югу от Сахары (СойлФЕР)» стоимостью 30 млн долл. США, реализация которого координируется ФАО, Агентство по линии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ разработало план

действий по разворачиванию 25 зондов с источником нейтронов космического излучения в пяти странах обоих регионов, чтобы охватить пять репрезентативных агроэкологических зон в каждой стране. Это стратегическое решение поможет лучше понять влияние засухи на растениеводство и предоставит данные об эффективных стратегиях смягчения ее последствий. Через Совместный центр ФАО/МАГАТЭ Агентство оказывает содействие в реализации проекта СойлФЕР посредством дополнения национальных данных о плодородии почвы с помощью инфракрасной спектроскопии и передовых методов математического моделирования, в том числе с использованием искусственного интеллекта. Этот совместный проект свидетельствует об общей решимости содействовать развитию сельскохозяйственных систем с помощью комплексных и инновационных инструментов для оптимального решения проблем, вызванных изменением климатических условий, и повышения устойчивости агропродовольственных систем. Картирование почв может повысить эффективность использования удобрений и способствовать повышению продовольственной безопасности и качества питания.



ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

ЦЕЛЬ

Оказывать содействие государствам-членам в расширении их возможностей для удовлетворения потребностей, связанных с питанием, а также профилактикой, диагностикой и лечением заболеваний, посредством разработки и применения ядерных и смежных методов на основе обеспечения качества.



”

Нам необходимо провести рандомизированные контролируемые испытания в странах с низким и средним уровнем дохода (СНСД), чтобы определить для них научно обоснованные наилучшие практики. И у нас имеются для этого прекрасные возможности. Удачным примером является исследование МАГАТЭ ГИПНО, посвященное раку головы и шеи — заболеваниям, несоразмерно часто встречающимся именно в этих странах. МАГАТЭ сыграло ключевую роль в поддержке этого исследования благодаря своим многолетним связям с врачами онкологических центров во всем мире.

Сёрен М. Бентзен

Профессор радиационной онкологии и директор Отдела биостатистики и биоинформатики Медицинской школы Мэрилендского университета, а также научный руководитель исследования ГИПНО

**991**

радиотерапевтический пучок в 383 учреждениях в 86 странах, калибровка которого была измерена службой МАГАТЭ/ВОЗ по почтовой проверке с помощью ТЛД

**10**

проведенных проверок
5 по линии КВАНУМ
2 по линии КВАДРИЛ
3 по линии КВАТРО

**3**

подкаста на веб-странице МАГАТЭ «Что есть что в ядерной сфере»
о здоровье человека и питании

**17**

выпущенных публикаций Агентства и более 50 научных публикаций в рецензируемых журналах

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Развитие терапии во всем мире

В результате завершено в 2023 году проекта координированных исследований (ПКИ) были разработаны и опубликованы уникальные справочные таблицы по композиционному составу тела младенцев, благодаря которым врачи и научные работники получили возможность лучше интерпретировать соответствующие данные. Таблицы будут использоваться при подготовке информации для последующего принятия мер по борьбе с неправильным питанием и по обеспечению более здорового образа жизни детей.

В целях дальнейшего расширения использования ядерной медицины во всем мире с учетом местных условий и с соблюдением требований безопасности Агентство выпустило A Practical Guide for Pediatric Nuclear Medicine (Практическое руководство по ядерной медицине в педиатрии). Благодаря своей практической направленности Руководство может успешно использоваться медицинскими работниками при применении процедур диагностической ядерной медицины в отношении детей. В период с момента публикации в сентябре 2023 года и до конца года Руководство было скачано 25 тыс. раз, из которых 13 тыс. пришлось на первую неделю после публикации.

Недавно опубликованные результаты исследования МАГАТЭ ГИПНО, охватывающего 12 онкологических центров в 10 СНСД, демонстрируют безопасность и эффективность гипофракционирования — радикально нового ресурсосберегающего метода. Он позволяет радиационным онкологам сократить продолжительность лечения пациентов с раком головы и шеи до четырех недель — вдвое меньше продолжительности обычной лучевой терапии — посредством использования более мощных доз облучения при меньшем количестве сеансов. Гипофракционирование является более экономичным и удобным методом как для врачей, так и для пациентов, позволяющим сделать лечение более доступным и дешевым, что особенно важно для СНСД.

Государства-члены высоко оценивают выпускаемые Агентством своды положений, позволяющие существенно

повысить качество и уровень стандартизации лучевой терапии во всем мире. В целях улучшения сопоставимости, точности и последовательности результатов дозиметрии в медицинских учреждениях в государствах-членах Агентство выпустило публикацию Dosimetry in Brachytherapy – An International Code of Practice for Secondary Standards Dosimetry Laboratories and Hospitals («Дозиметрия в брахитерапии. Международный свод положений для дозиметрических лабораторий вторичных эталонов и медицинских учреждений»). Публикация призвана удовлетворить потребности в систематическом и унифицированном на международном уровне подходе к дозиметрии в брахитерапии.

В 2023 году Агентство продолжило способствовать развитию онкологической помощи во всем мире в рамках инициативы «Лучи надежды». Особое значение эта деятельность приобретает в свете прогнозов, согласно которым к 2040 году около трех четвертей всех связанных с раком смертей будут приходиться на страны с низким и средним уровнем дохода. В рамках инициативы Агентство разработало ясную и прозрачную процедуру оценки и выбора потенциальных опорных центров, благодаря чему в 2023 году этот статус был присвоен первым пяти учреждениям. При этом учреждения-кандидаты должны, в числе прочего, соответствовать ряду технических, логистических, управленческих и экологических требований.

В рамках инициативы ЗОДИАК Агентство заключило соглашение о сотрудничестве с компанией «Амазон Веб Сервисиз» в целях использования облачного сервиса компании для создания и развития Обсерватории фенотипов респираторных заболеваний ЗОДИАК — защищенного хранилища результатов медицинской визуализации, благодаря которому Агентство сможет способствовать развитию международного сотрудничества в области анализа крупномасштабных наборов данных относительно клинических картин заболеваний. Результаты такого анализа будут использоваться для раннего обнаружения заболеваний, имеющих пандемический потенциал.

Обеспечение высокого качества лечения

Проведенные в 2023 году всесторонние независимые аудиты клинических практик КВАНУМ, КВААДРИЛ и КВАТРО способствовали повышению уровня медицинской помощи. Агентство расширило имеющийся у него штат испаноговорящих экспертов-аудиторов благодаря прохождению всеми сотрудниками групп КВАТРО учебного курса в Дозиметрической лаборатории. Теперь эти обученные профессионалы из Латинской Америки могут привлекаться к обучению других специалистов в этом регионе. Помимо этого, Агентство опубликовало руководство «National Networks for Radiotherapy Dosimetry Audits» («Национальные сети аудита в области радиотерапевтической дозиметрии»), которое может использоваться странами при разработке собственных программ аудита.

Чтобы помочь государствам наладить предоставление высококачественных медицинских услуг в рамках имеющихся у них ресурсов, Агентство выпустило публикацию *Basics of Quality Management for Nuclear Medicine Practices and Worldwide Implementation of Digital Mammography Imaging* («Основы менеджмента качества в ядерной медицине и повсеместное внедрение цифровых методов визуализации в маммографии»).

Содействие обучению и подготовке кадров

Агентство разработало виртуальные модели трех процедур лечения рака, позволяющие медицинским работникам лучше понять особенности укладки пациента для лучевой терапии. Являясь инновационными и недорогим средством обучения, эти модели особенно полезны в ситуациях, когда необходимое медицинское оборудование недоступно или еще не введено в эксплуатацию — как это было в Мозамбике, где Агентство впервые использовало прототип такого оборудования в ходе учебного курса. Позволяя обучать специалистов в условиях недостатка ресурсов путем погружения в виртуальную учебную среду, эти модели способствуют преодолению глобальных пробелов в знаниях.

Использование многостороннего подхода в рамках глобальных скоординированных мер

В 2023 году МАГАТЭ взаимодействовало с другими учреждениями системы ООН, в том числе входящих в Межучрежденческую целевую группу ООН по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними,

Сеть дозиметрических лабораторий вторичных эталонов МАГАТЭ/ВОЗ (ДЛВЭ), которая обеспечивает калибровку дозиметрических приборов, используемых медицинскими работниками для точного измерения доз, в настоящее время включает 89 лабораторий в 76 странах. В 2023 году Агентство предоставило услуги калибровки для 69 ионизационных камер и 17 электрометров, а также выпустило 157 сертификатов калибровки. Кроме того, Агентство провело техническое совещание по вопросам ДЛВЭ и систем менеджмента качества, а также опубликовало руководства по созданию ДЛВЭ для заинтересованных государств-членов и по подготовке специалистов по радиационной метрологии для этих лабораторий.

Наконец, в 2023 году Агентство провело межлабораторное сравнительное исследование анализов дейтерированной воды, в котором приняли участие 50 лабораторий, желающих оценить качество полученных ими измерений и использующих инфракрасные спектрометры с преобразованием Фурье для определения оксида дейтерия в образцах слюны в целях проведения оценок в области питания.

Созданный Агентством сайт «Кампус по здоровью человека» продолжает оставаться важнейшим ресурсом в области ядерной медицины, радиационной онкологии, медицинской физики и нутрициологии. Среди новых материалов сайта можно отметить, в частности, трехмерный реалистично выполненный анимационный фильм, посвященный ядерному методу оценки композитного состава тела, а также четыре модуля по развитию навыков построения контуров при подготовке к проведению лучевой терапии рака головы и шеи.

Очки виртуальной реальности и недавно разработанный Агентством модуль электронного обучения «Укладка и позиционирование пациентки для дистанционной лучевой терапии рака шейки матки».



Агентство продолжило работу в руководящем комитете механизма межучрежденческой координации «ООН — питание», нацеленного на решение проблем недостаточного и неправильного питания во всех его формах. В рамках этой деятельности Агентство занималось повышением осведомленности о возможностях применения ядерных методов в области исследования проблем питания в научных сообществах и сообществах разработчиков программного обеспечения. Начиная с ноября 2023 года заместитель Генерального директора и руководитель Департамента ядерных наук и применений г-жа Наджат Мохтар занимает должность председателя механизма «ООН — питание».

В рамках содействия осуществлению Глобальной инициативы по борьбе с раком молочной железы, направленной на ежегодное снижение на 2,5% мировой смертности от этого наиболее распространенного вида рака, МАГАТЭ и ВОЗ создали совместный механизм ее реализации для стран с

учетом имеющихся ресурсов, призванный улучшить ситуацию с диагностикой и лечением. Обе организации также занимались разработкой технических рекомендаций по устойчивому управлению установками и оборудованием для лучевой терапии. Эти рекомендации помогут онкологическим отделениям обеспечить всем пациентам безопасное и правильное лечение, сведя к минимуму отклонения от оптимальных схем.

Кроме того, Агентство обратило внимание на тревожную тенденцию. В Глобальном индексе инноваций ВОИС 2023 года исходя из данных Справочника по радиотерапевтическим центрам, а также данных Международного агентства по изучению рака, делается заключение, что количество случаев рака, нуждающихся в лучевой терапии, растет быстрее, чем появляются соответствующие технические возможности.

Решение настоящих и будущих проблем

Тераностика — сочетание средств диагностической визуализации и терапевтических стратегий — позволяет повысить точность диагностики, лучше контролировать ход лечения и повысить эффективность терапии. Этот подход дает медицинским работникам возможность проводить лечение с учетом индивидуальных особенностей пациента и является очередным шагом на пути развития персонализированной медицины. В рамках поддержки стран в деле безопасного и правильного внедрения передовых клинических методов Агентство организовало совещание консультантов по данной теме и опубликовало четыре статьи в рецензируемых научных журналах.

Известно, что изменения климата и продовольственных систем негативно влияют на концентрацию и биодоступность важных питательных веществ. Ядерные методы играют важную роль в получении крайне необходимых данных о том, насколько хорошо определенные виды пищи удовлетворяют потребности организма. Один из таких методов — минимально инвазивный метод двойного изотопного индикатора, разработанный в рамках завершеного в 2023 году ПКИ — остается основным способом изучения абсорбции незаменимых аминокислот из различных видов пищи. Данные, собранные с помощью этого метода, продолжают использоваться в рамках реализуемой в

настоящее время совместной инициативы ФАО и МАГАТЭ по созданию базы данных о белках. В рамках реализации новой инициативы Atoms4Food эта база данных поможет разработать новые научно обоснованные рекомендации по правильному питанию и меры по улучшению продовольственной ситуации, обеспечивающие надлежащее поступление в организм качественных белков за счет сбалансированного рациона питания.

В течение следующего десятилетия обладающие клинической подготовкой медицинские физики будут играть важную роль в деле безопасного, эффективного и правильного применения инструментов на основе ИИ по мере их дальнейшего внедрения в сфере ядерной медицины. В связи с этим Агентство выпустило публикацию Artificial Intelligence in Medical Physics: Roles, Responsibilities, Education and Training of Clinically Qualified Medical Physicists («Искусственный интеллект в медицинской физике: роли, обязанности, обучение и подготовка обладающих клинической подготовкой медицинских физиков»), а также провело обучение 59 обладающих клинической подготовкой медицинских физиков в ходе семинара-практикума, организованного совместно с Международным центром теоретической физики им. Абдуса Салама.



Участники семинара-практикума активно используют вновь приобретенные знания и навыки в сфере ИИ в ходе групповых практических лабораторных упражнений.





ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ

ЦЕЛЬ

Оказывать содействие государствам-членам в применении методов изотопной гидрологии для оценки пресноводных ресурсов и управления ими, в том числе для оценки воздействия гидроклиматических изменений на распределение и доступность водных ресурсов.



”

Изотопная гидрология является одним из инструментов, используемых нами в Антарктике. В частности, с помощью стабильных изотопов воды мы можем проследить источники влаги и пути ее распространения, а также лучше понять процессы, вызывающие экстремальные явления в Антарктике, и их роль в таянии ледяных щитов.

Ирина Городецкая

Старший научный сотрудник
Междисциплинарного центра морских
и экологических исследований (СИИМАР),
Университет Порту, Португалия

**443**

действующие станции мониторинга ГСИО в 98 государствах-членах на конец 2023 года

**2**

действующие сети мониторинга изотопов

**3**

действующих центра сотрудничества в области водных ресурсов

**33**

выпущенные публикации Агентства

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Устойчивые сети для более эффективной генерации изотопных данных

На Конференции ООН по водным ресурсам 2023 года Агентство инициировало создание Глобальной сети лабораторий по анализу водных ресурсов (ГлоВАЛ). Эта сеть позволит странам генерировать и использовать данные об изотопах воды для достижения ЦУР 6, касающейся чистой воды и санитарии, а также целей Программы действий ООН в области водных ресурсов. Сеть лабораторий будет работать в четырех приоритетных направлениях: основные задачи, связанные с гидрологическими исследованиями; управление данными; развитие потенциала; инновации. Эти направления имеют важнейшее значение для управления

пресноводными ресурсами в условиях изменения климата, роста населения и снижения качества воды во всем мире. Первоначальную поддержку Сети предоставили Австралия, Швейцария и Соединенные Штаты Америки. Девять стран из трех регионов (Африка, Азиатско-Тихоокеанский регион, Латинская Америка и Карибский бассейн) выразили желание стать узлами Сети. В вопросах управления данными ГлоВАЛ будет взаимодействовать с Глобальной сетью «Изотопы в осадках» (ГСИО) и Глобальной сетью по изотопам в реках (ГСИР), что позволит расширить пространственный и временной охват данными в государствах-членах.

Развитие изотопной гидрологии в целях эффективного управления водными ресурсами

На состоявшемся в июле 2023 года 16-м Международном симпозиуме по изотопной гидрологии были выявлены потребности Агентства в оборудовании для микроэлементного анализа с использованием атомной ловушки, которое применяется для качественного и количественного анализа определенных атомов, присутствующих в образцах в низких концентрациях, и дополнительном оборудовании для масс-спектрометрии, позволяющем расширить перечень важных изотопных индикаторов и таким образом повысить качество управления водными ресурсами, а также в специализированных руководствах и учебных мероприятиях, необходимых для включения анализов на эти изотопные индикаторы в практику управления водными ресурсами. Для удовлетворения этих потребностей Лаборатория изотопной гидрологии МАГАТЭ будет расширена, что позволит

установить в ней новое оборудование и усовершенствовать учебную базу. Агентство продолжит заниматься популяризацией изотопной гидрологии в качестве эффективного инструмента для управления водными ресурсами на международных форумах, включая мероприятия в рамках механизма «ООН-Водные ресурсы» и совещаний в рамках КС. В 2023 году Агентство впервые организовало два учебных курса по моделированию данных изотопной гидрологии, в которых приняли участие представители всех регионов. Кроме того, Агентство стало уделять больше внимания использованию ИИ в гидрологическом моделировании в целях повышения качества принимаемых решений.



МОРСКАЯ СРЕДА

ЦЕЛЬ

Оказывать содействие государствам-членам в решении и смягчении наиболее острых проблем морской среды с использованием ядерных и смежных методов, расширяя экспертные знания и возможности по разработке адаптированных научно обоснованных стратегий устойчивого управления морскими экосистемами.



”

Здоровье человека невозможно без здоровья океана. Сотрудничество с МАГАТЭ по вопросам загрязнения морской среды и пластиком играет решающую роль в нашей работе по углублению знаний и разработке национальных планов действий, связанных с безопасностью морепродуктов.

Александр Гарсиа-Мойя

Директор Съенфуэгосского центра экологических исследований, Куба

**26%**

повышение кислотности океана со времени промышленной революции

**3 млрд**

человек потребляют морепродукты в качестве важнейшего источника белка

**ПКИ**

«Оценка влияния подкисления океана на морепродукты — глобальный подход»

**11**

стран провели эксперименты на 13 видах морепродуктов

**3**

научные публикации, опубликованные в рецензируемых журналах

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Наши океаны и прибрежные моря предоставляют людям уникальные блага и ресурсы. Например, морепродукты являются жизненно важным источником белка для более чем 3 миллиардов человек, обеспечивая более 17 % мирового предложения животного белка, а также микроэлементов и

незаменимых кислот, которые нелегко найти в продуктах, производимых на суше. В 2023 году Лаборатории морской среды МАГАТЭ продолжали оказывать содействие государствам-членам в обеспечении доступа к морепродуктам, безопасным для употребления.

Безопасность морепродуктов и итоги соответствующей деятельности: загрязнение морской среды и пластиком

Употребление загрязненных морепродуктов представляет собой прямую угрозу для здоровья человека — угрозу, которая усугубляется растущей проблемой загрязнения пластиком и его последствий. В 2023 году в рамках инициативы «НУТЕК пластикс» Агентство занималось экспериментальной работой по изучению степени загрязнения морепродуктов микропластиком и нанопластиком и проверило полезность недавно разработанного инструмента. Чтобы проследить движение микропластика по цепочке морепродуктов, был синтезирован и испытан в экспериментальных условиях обогащенный изотопами пластик, и были получены многообещающие предварительные результаты. Кроме того, был достигнут значительный прогресс в разработке аналитических методик для измерения содержания в морской среде загрязняющих веществ, связанных с микропластиком, что позволило провести всестороннее исследование пластиковых добавок и антипиренов. Было проведено дополнительное исследование роли биологической пленки, которая естественным образом растет на микропластике (био пленки), в отношении способности микропластика поглощать загрязняющие вещества и выщелачивания микропластиковых добавок. Его результаты используются при оценке влияния пластификаторов на морской фитопланктон, являющийся основой нескольких водных пищевых цепочек.

Что касается безопасности морепродуктов, компетентные лаборатории должны контролировать весь набор загрязняющих веществ. Для формирования и развития этой

компетенции требуются надежные данные и справочные материалы. В 2023 году Агентство представило новый сертифицированный эталонный рыбный материал (МАГАТЭ-435А) в целях содействия обеспечению качества данных для анализа стойких органических загрязнителей (СОЗ), перечисленных в Стокгольмской конвенции о стойких органических загрязнителях, что является важнейшим аспектом выявления и решения проблем, связанных с изменением характера и тенденций загрязнения, вызванного антропогенным загрязнением и изменением климата. Кроме того, Агентство разработало два протокола, посвященных обнаружению морских биотоксинов, образующихся в морепродуктах в результате цветения вредных микроводорослей. В порядке расширения обмена знаниями Агентство представило в 2023 году на Неделе океана в Монако информацию о воздействии новых химических веществ на морские экосистемы и морские организмы. Оно организовало также два учебных курса по линии Программы оценки и контроля загрязнения района Средиземного моря (МЕДПОЛ) в рамках Средиземноморского плана действий ЮНЕП, на которых ученые прошли обучение по вопросам оценки и мониторинга воздействия СОЗ. Дальнейший обмен знаниями с учеными из академических, промышленных, консалтинговых и правительственных организаций состоялся на Международной конференции «Химия и окружающая среда» (МКХО-2023), участники которой ознакомились с презентациями, посвященными выщелачиванию и сорбции добавок, связанных с микропластиком, как переносчиков органических загрязняющих веществ.

Итоги деятельности по обеспечению доступности морепродуктов: достижения в области исследований, касающихся обеспечения доступа к морепродуктам

Глобальный доступ к морепродуктам находится под угрозой из-за антропогенных климатических факторов, таких как потепление, подкисление и загрязнение океана. Агентство ведет активный мониторинг этих факторов и оценивает их влияние на производство и запасы морепродуктов. Агентство в этой области в основном занимается экспериментальными исследованиями и деятельностью по созданию потенциала, чему способствуют партнерские отношения с другими заинтересованными сторонами и учреждениями ООН.

Анализу различных видов воздействия этих факторов посвящена работа Объединенной группы экспертов по научным аспектам защиты морской среды (ГЕСАМП) — независимой группы, которая финансируется 10 учреждениями системы ООН и выступает в качестве консультанта по вопросам, связанным с климатом. Для решения конкретных морских проблем Агентство выступило инициатором создания Рабочей группы 45 ГЕСАМП по влиянию изменения климата и парниковых газов на загрязняющие вещества в океане, чтобы оценить существующие исследования, выявить пробелы в знаниях и дать рекомендации по проведению будущих исследований. Рабочая группа 45, финансируемая Агентством, Межправительственной океанографической комиссией ЮНЕСКО, ИМО, ЮНЕП и ВМО, провела свое последнее совещание в 2023 году и продолжила подготовку доклада о влиянии изменения климата на присутствие, токсичность, состав и биологическую аккумуляцию загрязняющих веществ в океане.

В 2023 году Международный координационный центр по проблеме подкисления океана (МКЦ-ПО), целью которого является борьба с воздействием подкисления океана на уязвимые прибрежные сообщества и их отрасли аквакультуры, продолжал проводить учебные мероприятия в целях создания потенциала, содействия на международном уровне повышению осведомленности о подкислении океана и поддержки совместных исследовательских проектов. Ресурсы

МКЦ-ПО, включая ленту новостей МКЦ-ПО, библиографическую базу данных и портал данных о биологических реакциях, остаются доступными для всех государств-членов через веб-страницу МКЦ-ПО, которая обновляется на основе ежедневного поиска научной литературы. Учебные мероприятия МКЦ-ПО были посвящены использованию библиографических ресурсов МКЦ-ПО для проведения мета-анализа последствий подкисления океана, ознакомлению с методами исследования для оценки голубого углерода и изменений океана и улучшению коммуникации с различными аудиториями, в том числе учащимися и руководителями, по вопросам подкисления океана. Помимо мероприятий по созданию потенциала МКЦ-ПО провел совещание международных экспертов рабочей группы «Меняющиеся биологические системы океана» Научного комитета по океаническим исследованиям, организовал первое очное совещание руководящего комитета Средиземноморского регионального центра Глобальной сети наблюдения за подкислением океана (ГСН-ПО), сделал презентацию на состоявшемся в 2023 году совещании Ассоциации лимнологии и океанографии, посвященном гидрологии, и принял участие в ежегодном совещании Исполнительного совета ГСН-ПО.

Кроме того, МКЦ-ПО завершил осуществление пятилетнего проекта координированных исследований по оценке влияния подкисления океана на различные местные виды морепродуктов, имеющие экономическое или культурное значение. Участвовавшие в проекте ученые из нескольких государств-членов теперь имеют представление о национальных и общемировых последствиях подкисления океана, что будет способствовать принятию глобальных мер по их смягчению, реализации национальных стратегий инвестиций и адаптации, а также использованию наилучшей практики в области исследования подкисления океана, включая морскую экспериментальную биологию.

В рамках деятельности Лабораторий морской среды МАГАТЭ ученые Агентства сотрудничают с ЮНЕП в реализации Программы оценки и контроля загрязнения в Средиземноморском регионе, предусмотренной в Средиземноморском плане действий. На этой фотографии лаборанты Агентства обучают ученых из государств-членов подготовке проб для анализа микроэлементов посредством масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП).



Мониторинг радиоактивности моря

Наука, основанная на данных, представляет большой интерес для системы ООН и ее глобальных, региональных и национальных партнеров и заинтересованных сторон. Лаборатории по мониторингу радиоактивности окружающей среды во всем мире учитывают все более строгие требования национальных компетентных органов, в том числе органов ядерного регулирования, которые соответствуют нормам безопасности Агентства, а также ожидания ответственности в отношении предоставления своевременных и надежных данных. Агентство активно поддерживает мониторинг морской среды в лабораториях государств-членов с помощью долгосрочных, целенаправленных и дополнительных мероприятий, помогающих повышать и сохранять качество данных. Эта деятельность включает межлабораторные сравнения (МЛС) и аттестационные испытания (АИ), которые являются стандартными методами для лабораторий, позволяющими оценить качество результатов измерений и определить, что нуждается в совершенствовании.

Кроме того, с 2014 года Лаборатории морской среды МАГАТЭ в рамках регулярных МЛС и АИ помогают правительству Японии повысить надежность и прозрачность мониторинга радиоактивности морской среды после аварии на АЭС «Фукусима», проводимого в соответствии с его Всеобъемлющим планом по радиационному мониторингу. На данный момент проведено 11 МЛС и 8 АИ, и реализация этой инициативы продолжается. Эти мероприятия помогают обеспечить высокое качество данных, полученных в ходе мониторинга Японией морской среды, и продемонстрировать неизменно высокий уровень точности и компетентности японских лабораторий. Аналогичная помощь в области мониторинга морской среды доступна всем государствам — членам Агентства.

В 2023 году в рамках последнего МЛС сотрудники Агентства и независимые эксперты из сети Аналитических лабораторий по измерению радиоактивности окружающей среды (АЛМЕРА) приняли участие в миссии в Японии, чтобы наблюдать за отбором проб морской воды, морских отложений и рыбы в районе АЭС «Фукусима-дайити». Пробы были отправлены для анализа в лаборатории Японии, МАГАТЭ и АЛМЕРА.

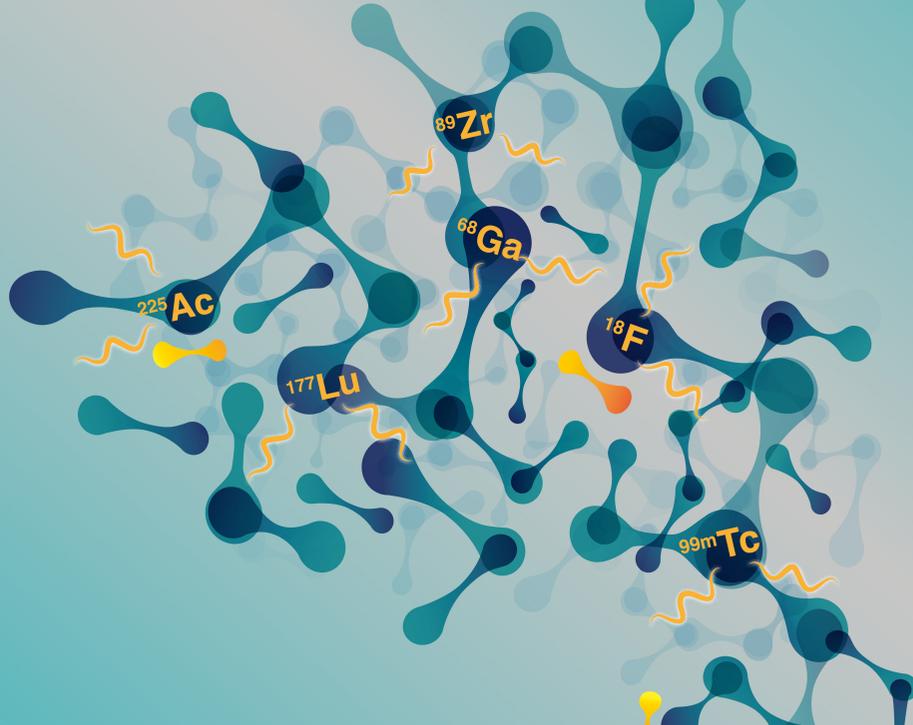
Эталонные материалы, произведенные в Лаборатории радиометрии Лабораторий морской среды МАГАТЭ в рамках системы менеджмента качества, аккредитованной по стандарту ISO 17034, повсеместно используются в государствах-членах для обеспечения качества и проверки применяемых в них аналитических методов. Эталонные материалы Агентства доступны ученым всего мира, которые занимаются мониторингом и исследованиями в области загрязнения окружающей среды и изменения климата. В 2023 году основное внимание уделялось характеристике новых эталонных материалов, касающихся мониторинга радиоактивности морской среды в обычных и аварийных ситуациях: морской воды, которая является основной средой для рассеивания и переноса попавших в море радионуклидов независимо от их происхождения; креветочного порошка, который имеет отношение к безопасности морепродуктов.

Эталонные материалы, МЛС и АИ — которые используются международными и региональными сетями лабораторий (такими как АЛМЕРА и сети проектов технического сотрудничества) и в рамках региональных конвенций по морской среде (например, Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря и Конвенция о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики) — помогают в мониторинге достоверности и сопоставимости данных. Это очень важно для созданной МАГАТЭ Информационной системы по радиоактивности морской среды (MARIS), которая предоставляет онлайн-доступ к более чем 800 000 наименований данных по радиоактивности морской среды. MARIS способствует применению мониторинга морской среды для различных практических целей, включая исследование уровней радиоактивности в различные периоды времени и в разных географических районах, количественную оценку последствий изменения климата, проверку моделей морской среды, оценку доз радиации и информирование населения. Благодаря недавним обновлениям MARIS появилась возможность проводить всеобъемлющее картирование уровней радионуклидов, картирование мест отбора проб, динамическое картирование, позволяющее пользователям увеличивать масштаб отдельных точек данных или получать средние значения по набору данных; кроме того, повысилась доступность системы для мобильных устройств.



Планктонные сети используются для отбора проб для анализа.





РАДИОХИМИЯ И РАДИАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ЦЕЛЬ

Оказывать содействие государствам-членам в расширении их возможностей по производству радиоизотопов и радиофармпрепаратов.

Оказывать содействие государствам-членам в применении радиоиндикаторов и радиационных технологий для промышленных и иных нужд и в применении ядерных аналитических методов для решения экологических проблем.



”

Это событие уникально, так как впервые все профессиональное сообщество из ЕС, Северной Америки и расположенных в других частях света государств-членов соберется в одном месте для дискуссии и обмена опытом в рамках одной интересующей нас темы — радиофармпрепаратов.

Сюзанна Е. Лапи

Заместитель председателя по трансляционным исследованиям в департаменте радиологии, Алабамский университет в Бирмингеме, о Международном симпозиуме по тенденциям в области радиофармацевтических препаратов (ISTR-2023)

**345**

лабораторий
из 83 стран
приняли участие
в глобальном
аттестационном
испытании

**107**

лабораторий
из 58 стран
приняли участие
в аттестационном
испытании сети
АЛМЕРА

**1**

крупный
симпозиум
ISTR-2023

**15**

действующих
центров
сотрудничества

ОСНОВНЫЕ ИТОГИ

Радиоизотопы и радиофармпрепараты

В 2023 году Агентство организовало Международный симпозиум по тенденциям в области радиофармацевтических препаратов (ISTR-2023), ставший крупнейшим международным форумом, на котором ученые и другие специалисты, занятые в сфере производства радиоизотопов и радиофармацевтических препаратов, имели возможность обсудить последние события и проблемы в этой области.

Кроме того, в течение года было выпущено множество статей, докладов, норм и соответствующих руководящих материалов, в том числе посвященных повышению доступности усовершенствованных радиофармпрепаратов. Среди них можно отметить Guidance for Preclinical Studies with Radiopharmaceuticals, providing a route for the approval of new radiopharmaceuticals («Руководящие материалы по проведению доклинических исследований с использованием радиофармацевтических препаратов»), в котором описываются методики исследований, необходимых для

регистрации новых радиофармпрепаратов, Copper-64 Radiopharmaceuticals: Production, Quality Control and Clinical Applications («Радиофармацевтические препараты на основе меди-64: производство, контроль качества и клиническое применение»), а также руководящие материалы по надлежащей производственной практике и регулированию надзору в сфере радиофармпрепаратов, разработанные совместно с ВОЗ.

Кроме того, началось осуществление двух новых проектов координированных исследований (ПКИ), касающихся диагностических и терапевтических радиофармпрепаратов («Разработка потенциальных радиофармпрепаратов на основе лития-177: создание, изотопное мечение и доклиническая оценка» и «Разработка наборов нового поколения на основе Тс-99m»). Они направлены на передачу знаний в области производства и доклинических исследований с использованием новейших нацеливающих агентов.

Применение радиоиндикаторов и радиационных технологий

Агентство активно содействовало публикации нового стандарта ИСО «Measurement of fluid flow rate in closed conduits — Radioactive tracer methods» («Измерение расхода жидкостей в трубопроводах. Методы с использованием радиоиндикаторов») (ISO 24460:2023), способствующего использованию радиоиндикаторов в промышленности.

В рамках инициативы «НУТЕК пластикс» началось осуществление нового ПКИ, посвященного созданию экологических заменителей пластмасс из нефтяного сырья. Биомасса из

возобновляемых источников отходов посредством облучения потенциально может быть переработана в новые виды биоразлагаемых пластмасс из биологического сырья.

Наконец, в 2023 году Лаборатория радиохимии наземной среды МАГАТЭ провела многократные аттестационные испытания (глобальные и в рамках сети АЛМЕРА) в сфере радиационного мониторинга окружающей среды, в которых приняло участие рекордное количество лабораторий — 452.

26 публикаций в 2023 году



3 на тему окружающей среды

13 на тему здоровья человека

3 на тему радиоизотопов и радиационных технологий

7 на тему ядерной науки



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

250 664 просмотра публикаций Департамента ядерных наук и применений на сайте в 2023 году

САМАЯ ПОПУЛЯРНАЯ ПУБЛИКАЦИЯ



(«Справочник по основным тестам контроля качества в лучевой диагностике»)

14 792 просмотра в интернете

Ядерные методы для развития и охраны окружающей среды



Совместный семинар-практикум Международного центра теоретической физики (МЦТФ) и МАГАТЭ для медицинских физиков по применению искусственного интеллекта при использовании ионизирующего излучения

Ноябрь 2023 года, Триест
Участники: **59** присутствовали лично, представляя **50** государств-членов

В рамках этого мероприятия обладающие клинической подготовкой медицинские физики, находящиеся в начале и середине своей карьеры, получили знания и навыки, позволяющие безопасно, эффективно и правильно применять инструменты на основе искусственного интеллекта при медицинском использовании излучения.

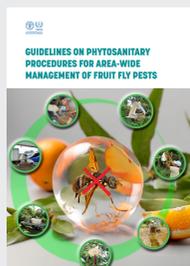


Министерский круглый стол по вопросам изменения климата и продовольственной безопасности: роль ядерной науки и технологий

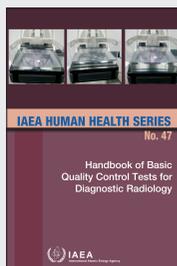
Декабрь 2023 года, Дубай
Участники: **40** присутствовали лично, остальные в режиме онлайн

Совместное параллельное мероприятие Агентства и ФАО на КС-28 продемонстрировало неоценимый вклад ядерных технологий в повышение устойчивости мировых агропродовольственных систем к изменению климата, а также позволило повысить осведомленность об инициативе Atoms4Food, реализация которой началась в 2023 году.

В этих руководящих материалах описаны наиболее широко применяемые фитосанитарные процедуры для борьбы с плодовой мухой, поражающей фрукты и овощи и имеющей карантинное и экономическое значение.



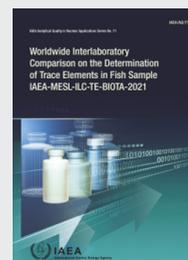
Этот справочник является наиболее часто скачиваемой публикацией Агентства в 2023 году. Он используется отделениями лучевой диагностики и терапии всего мира для обеспечения безопасности и качества процедур, связанных с применением рентгеновского излучения.



В связи с важностью адаптации к влиянию изменения климата на водные ресурсы Агентство подготовило руководящие материалы и рекомендации по выбору и применению изотопных гидрологических моделей.



В этой публикации обобщаются результаты межлабораторного сравнения определений микроэлементов и метилртути в образцах рыбы, организованного в 2021 году в целях оказания содействия государствам-членам в сфере контроля безопасности морепродуктов.



ПУБЛИКАЦИИ И КОНФЕРЕНЦИИ МАГАТЭ В 2023 ГОДУ



Семинар-практикум «Изменение океана и голубой углерод»

Август–сентябрь 2023 года, Монако
Участники: **18** присутствовали лично, представляя **14** государств-членов

Этот двухнедельный семинар, включающий практические и теоретические занятия, был организован Агентством с целью обеспечить возможность проведения государствами-членами необходимых исследований в области голубого углерода и разработки оптимальных научно обоснованных решений.



Международный симпозиум по изотопной гидрологии «Устойчивые водные ресурсы в меняющемся мире»

Июль 2023 года, Вена
Участники: **358** присутствовали лично, представляя **71** государство-член

Это мероприятие позволило собрать вместе ученых, руководителей, политиков и заинтересованных лиц, занимающихся управлением водными ресурсами, чтобы обсудить последние научные достижения в области инструментов и методов изотопной гидрологии и как эти разработки могут использоваться для обеспечения водной безопасности на самых разных уровнях.