

# БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ

МЕЖДУНАРОДНОЕ АГЕНТСТВО ПО АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ

Флагманская публикация МАГАТЭ | Сентябрь 2021 года | [www.iaea.org/bulletin](http://www.iaea.org/bulletin)



## ЗООНОЗНЫЕ ЗАБОЛЕВАНИЯ

- ЗОДИАК, глобальная инициатива по борьбе с будущими пандемиями, стр. 6
- «Скрытые издержки» COVID-19: как пандемия нарушает работу служб радиационной медицины и медицинской визуализации, стр. 12
- Реагирование на пандемию: МАГАТЭ помогает 128 странам остановить распространение COVID-19 посредством реализации крупнейшего за всю свою историю проекта по оказанию содействия, стр. 18



## БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ

издается

Бюро общественной информации  
и коммуникации (ОПИК)

Международное агентство по атомной энергии

Венский международный центр

А/я 100, 1400 Вена, Австрия

Тел.: (43-1) 2600-0

iaebulletin@iaea.org

Ответственный редактор: Михаэль Амди Мадсен

Редактор: Миклош Гашпар

Дизайн и верстка: Риту Кенн

БЮЛЛЕТЕНЬ МАГАТЭ имеется в интернете по адресу:

[www.iaea.org/es/bulletin](http://www.iaea.org/es/bulletin)

Выдержки из материалов МАГАТЭ, содержащихся в Бюллетене МАГАТЭ, могут свободно использоваться при условии указания на их источник. Если указано, что автор материалов не является сотрудником МАГАТЭ, то разрешение на повторную публикацию материала с иной целью, чем простое ознакомление, следует испрашивать у автора или предоставившей данный материал организации.

Мнения, которые выражены в любой подписанной статье, опубликованной в Бюллетене МАГАТЭ, необязательно отражают точку зрения Международного агентства по атомной энергии, и МАГАТЭ не несет за них никакой ответственности.

Обложка: МАГАТЭ

Читайте наши новости на сайтах::



Миссия Международного агентства по атомной энергии состоит в том, чтобы предотвращать распространение ядерного оружия и помогать всем странам — особенно развивающимся — в налаживании мирного, безопасного и надежного использования ядерной науки и технологий.

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

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

Нормы безопасности МАГАТЭ закладывают систему фундаментальных принципов безопасности и отражают международный консенсус в отношении того, что можно считать высоким уровнем безопасности для защиты людей и окружающей среды от вредного воздействия ионизирующего излучения. Нормы безопасности МАГАТЭ разрабатывались для всех типов ядерных установок и деятельности, преследующих мирные цели, а также для защитных мер, необходимых для снижения существующих рисков облучения.

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

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

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

# Положим конец пандемиям

Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Мариано Гросси

Самоизоляция, тестирование, вакцинация, гибель людей и угроза потери средств к существованию — COVID-19 радикально изменил привычный нам мир. Пандемия перевернула наше представление о болезнях и продемонстрировала широким слоям населения, что меры реагирования в области общественного здравоохранения должны иметь комплексный характер и учитывать одновременно экологические, ветеринарные и медицинские аспекты. Предотвращение будущих пандемий начинается со своевременного обнаружения и мониторинга вспышек заболеваний, источником которых часто являются животные. МАГАТЭ активизирует свою деятельность по оказанию содействия правительствам во всем мире в использовании ядерных и смежных методов с целью повышения глобальной готовности к реагированию.

Более 60 лет МАГАТЭ в сотрудничестве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) занимается изучением и решением проблемы трансграничных болезней животных, включая зоонозные заболевания, которые могут передаваться от животных человеку. Совместный центр ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства, являющийся основной площадкой этого сотрудничества, укрепляет глобальную продовольственную безопасность посредством реализуемой им программы в области ветеринарии и животноводства, что в свою очередь вносит значительный вклад в спасение человеческих жизней.

В этом выпуске Бюллетеня МАГАТЭ мы рассказываем о том, как работа в сфере зоонозных заболеваний, проводимая нашими лабораториями в Зайберсдорфе, Австрия, оказывает влияние на весь мир. МАГАТЭ и ФАО сыграли важную техническую роль в борьбе с крупнейшими зоонозными вспышками во всем мире, начиная с борьбы со вспышкой лихорадки Эбола в 2014 году и заканчивая неопределимой помощью, оказанной в борьбе с пандемией COVID-19.

Помощь, оказанная МАГАТЭ странам в борьбе с COVID-19, была особенно значительной. В рамках крупнейшего в истории МАГАТЭ проекта технического сотрудничества наша поддержка, предоставленная почти 300 лабораториям и медицинским учреждениям по всему миру, позволила

повысить потенциал и расширить возможности в области тестирования на COVID-19 для тех, кто больше всего в этом нуждался. Мы объясняем, почему ядерные и смежные методы, такие как полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР), играют столь важную роль в тестировании на вирус COVID-19. Мы рассказываем о различных услугах и инструментальных средствах, которые МАГАТЭ и ФАО предлагают странам для выявления и отслеживания зоонозных заболеваний и болезней животных.

Кроме того, в этом выпуске мы показываем, какие меры мы принимаем для того, чтобы помочь бороться с будущими вспышками зоонозных инфекций. В рамках глобального проекта МАГАТЭ «Комплексные действия по борьбе с зоонозными заболеваниями» (ЗОДИАК) будет оказываться содействие лабораториям путем предоставления им технологий, оборудования и профессиональной подготовки, чтобы помочь им своевременно выявлять зоонозные патогены новых или вновь возникающих зоонозных заболеваний. Пандемия COVID-19 наглядно продемонстрировала, что раннее реагирование и оперативные действия позволяют эффективно бороться с зоонозными заболеваниями.

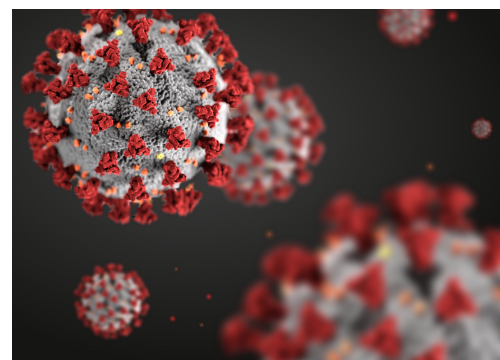
Мы познакомимся с исследователем из Вены, который пытается с помощью искусственного интеллекта лучше понять феномен вновь возникающих зоонозных заболеваний, и поговорим с генеральным директором Всемирной организации по охране здоровья животных, которая, как и мы, выступает за целостный подход к здоровью человека, животных и охране окружающей среды. В мире, разделенном в своих подходах к решению глобальных проблем, борьба с зоонозной пандемией во многом объединила нас всех.



(Фото: Министерство здравоохранения, Панама)



(Фото: МАГАТЭ)



(Фото: freepik.com)



## 1 Положим конец пандемиям

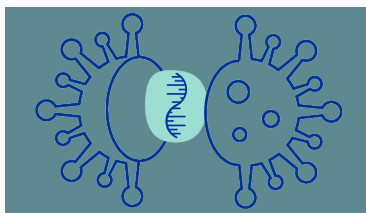


## 4 Всегда наготове

Как МАГАТЭ борется с зоонозными заболеваниями по всему миру



## 6 ЗОДИАК, глобальная инициатива по борьбе с будущими пандемиями



## 8 COVID-19: что такое ОТ-ПЦР в реальном времени

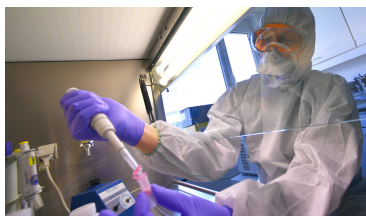


## 10 Хорватские исследователи уточнили роль животных в распространении COVID-19



## 12 «Скрытые издержки» COVID-19

Как пандемия нарушает работу служб радиационной медицины и медицинской визуализации



## 14 Исследование доказало эффективность альтернативных комплектов для диагностики COVID-19

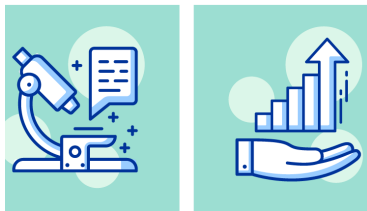


## 16 Секвенирование патогенов помогает контролировать болезни животных



## 18 Реагирование на пандемию

МАГАТЭ помогает 128 странам остановить распространение COVID-19 посредством реализации крупнейшего за всю свою историю проекта по оказанию содействия



## 21 Расширение возможностей стран по выявлению инфекционных заболеваний с помощью iVetNet



## 22 Защита от зоонозов за счет обеспечения безопасности пищевых продуктов



## 24 Как исследования в области вакцин от птичьего гриппа помогают в борьбе с эволюционирующим вирусом



## 26 Ядерные методы помогают фермерам бороться со вспышками заразного узелкового дерматита в Азии



## 28 Как положить конец африканской чуме свиней Защита путем обнаружения

## 30 «Единое здоровье»: на благо людей и окружающей среды

Мировой обзор

## 32 Роль искусственного интеллекта и медицинской визуализации в борьбе с зоонозными заболеваниями

— Георг Лангс

Сегодня в МАГАТЭ

## 34 Новости МАГАТЭ

## 40 Публикации

## Всегда наготове

### Как МАГАТЭ борется с зоонозными заболеваниями по всему миру

Михаэль Амди Мадсен



В рамках курса, организованного **ФАО** и **МАГАТЭ**, ученые-ветеринары в **Сьерра-Леоне** учатся ловить летучих мышей — потенциальных переносчиков вируса, брать пробы и определять наличие вируса с помощью ядерных технологий.

(Фото: Лаура Хиль/МАГАТЭ)

В 2005 году, после серии вспышек африканской чумы свиней в Демократической Республике Конго, Геррит Вильюн, работающий в Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) и МАГАТЭ, посетил свиноферму в окрестностях Киншасы. Он приехал туда, чтобы обучить местных ученых методам отбора проб для диагностики заболеваний и подготовить их к возможным вспышкам болезней. Увиденное там он не может забыть и по сей день.

Всего за три дня вызывающий болезнь высококонтагиозный патоген уничтожил все 5000 свиней этого хозяйства, вихрем пронесшись по ферме. И все же несмотря всю трагичность произошедшего и тот разрушительный экономический урон, который эта вспышка заболевания нанесла людям, африканская чума свиней, к счастью, не передается от свиней человеку. Но это относится не ко всем болезням животных. Многие из современных наиболее заразных и смертельно опасных инфекционных заболеваний (семь из десяти) происходят от животных. Они называются зоонозными заболеваниями или зоонозами.

Предоставляя профессиональную подготовку, оборудование, химические реактивы и технические знания, МАГАТЭ в партнерстве с ФАО помогают брать под контроль некоторые из самых опасных и разрушительных заболеваний в мире, включая COVID-19. Меры реагирования МАГАТЭ на текущую пандемию принимаются в рамках общей борьбы

с зоонозными заболеваниями, такими как Зика, тяжелый острый респираторный синдром (ТОРС), ближневосточный респираторный синдром (БВРС), лихорадка Рифт-Валли, птичий грипп, бруцеллез и Эбола.

#### Ядерная наука спасает жизни

В конце 2013 года началась одна из самых тяжелых и масштабных вспышек болезни, вызванной вирусом Эбола, за всю историю человечества. Передаваясь через контакт с кровью или биологическими жидкостями инфицированных, лихорадка Эбола быстро распространялась в Гвинее, Либерии и Сьерра-Леоне. В августе 2014 года Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) объявила эпидемию Эболы в регионе чрезвычайной ситуацией в области общественного здравоохранения, имеющей международное значение. За два с половиной года вирус унес жизни более 11 000 человек — 40% инфицированных. Властям удалось взять вспышку заболевания под контроль и спасти десятки тысяч жизней.

МАГАТЭ всегда готово к возможным вспышкам: оно получило информацию о случаях заражения лихорадкой Эбола в Центральной и Восточной Африке еще в 2012 году и начало оказывать помощь. Когда в Западной Африке произошли крупные вспышки, МАГАТЭ уже разработало праймеры и протоколы для идентификации штаммов Эболы — первый шаг в борьбе с болезнью. В

сотрудничестве с центрами по контролю и профилактике заболеваний (ЦКПЗ) и национальными институтами здравоохранения (НИЗ) Соединенных Штатов Америки, а также отдельными странами, например, Южной Африкой, и международными партнерами, такими как ВОЗ, МАГАТЭ и ФАО помогли провести проверку результатов анализов методом полимеразной цепной реакции (ПЦР) (см. инфографику на стр. 8), предоставляли оборудование и обучали экспертов.

«Наше обучение не ограничивалось инструкциями для получения точных результатов ПЦР-тестов; мы провели также тренинг по средствам индивидуальной защиты (СИЗ) для всего медицинского и ветеринарного персонала, чтобы убедиться, что все причастные врачи и ученые соблюдают меры предосторожности, необходимые при работе с самим вирусом Эбола», — говорит Геррит Вильюн, который в настоящее время возглавляет секцию животноводства и ветеринарии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. Парализовавшая Западную Африку вспышка Эболы закончилась, но МАГАТЭ по-прежнему идет по следу этого заболевания, теперь уже в Демократической Республике Конго.

«Угроза болезни, вызванной вирусом Эбола, не исчезла, но мы можем следить за ней и принимать меры до того, как в будущем произойдет вспышка инфекции: исследовать резервуары и носителей вируса Эбола, например некоторые виды летучих мышей», — говорит Геррит Вильюн. Выявление новых штаммов болезни и анализ уровня смертности, трансмиссивности и инфективности сыграют ключевую роль в борьбе с болезнью и предотвращении будущих вспышек».

## Опережая вспышки

Штамм вируса птичьего гриппа H5N1 и другие родственные штаммы, такие как H5N8 и H5N6, представляют собой постоянную угрозу для домашней птицы и людей во всем мире. Это зоонозное заболевание, которое может быть смертельно опасным для человека, возникло в Азии, но, поскольку его переносчиками являются перелетные птицы, оно может появляться и в других регионах, включая Европу и Африку. В 2017 году заболевание поразило Уганду.

В западной части Уганды началась необъяснимая массовая гибель птиц, и по просьбе страны для расследования туда была направлена группа МАГАТЭ по чрезвычайному реагированию. «Мы уже отслеживали распространение вирусов подтипа H5 по Азии, Европе и Африке и подозревали, что вскоре он может появиться в этом районе. Когда птицы начали умирать, мы поняли, что действовать нужно быстро», — отмечает Джованни Каттоли, начальник Лаборатории животноводства и ветеринарии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ и международный эксперт — исследователь птичьего гриппа.

Эксперты МАГАТЭ исследуют стабильные изотопы, естественным образом присутствующие в перьях и помете водоплавающих птиц, чтобы определить, какие районы они посещали во время миграции. Коррелируя эту информацию



**В 2016 году ученые-ветеринары в Камеруне с помощью методов, основанных на ядерных технологиях, обнаружили вспышку птичьего гриппа H5N1. После введения санитарных мер, уничтожения зараженных животных, дезинфекции ферм и прекращения торговли курами вспышка прекратилась.**

(Фото: Лаура Хиль/МАГАТЭ)

с данными о подтвержденных случаях заражения вирусом подтипа H5, эксперты МАГАТЭ отслеживают перенос инфекции птицами из Китая в Российскую Федерацию, через Европу и в Африку. Результаты тестов подтвердили, что гибель птиц была вызвана штаммом H5N8. При поддержке МАГАТЭ власти Уганды смогли действовать оперативно, собрать трупы птиц и принять меры по снижению риска заражения людей и скота.

«Чем быстрее птичий грипп выявляется, тем быстрее можно принять меры по ограничению заражения домашних птиц и людей», — говорит г-н Каттоли. Позднее болезнь была обнаружена в восточной части Демократической Республики Конго, а в начале 2021 года при содействии МАГАТЭ была подтверждена и взята под контроль вспышка птичьего гриппа в Сенегале.

Выявление вспышек зоонозных заболеваний на ранних этапах становится все более важным аспектом работы МАГАТЭ. В прошлом году МАГАТЭ запустило проект «Комплексные действия по борьбе с зоонозными заболеваниями» (ЗОДИАК). В рамках проекта ЗОДИАК используется системный и комплексный подход к укреплению готовности и возможностей стран в плане выявления вспышек зоонозных заболеваний и реагирования на них (см. более подробную информацию на стр. 6).

# ЗОДИАК, глобальная инициатива по борьбе с будущими пандемиями

Фьорда Лукмани



Последние полтора года внимание всего мира главным образом приковано к появлению и стремительному распространению COVID-19. Пострадали все страны, погибли более четырех миллионов человек. Как мы можем взять под контроль вспышки инфекций в будущем, чтобы они не возникали и не сеяли хаос по всему миру?

сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) помогает странам использовать его.

Опираясь на накопленный десятилетиями опыт помощи в выявлении, идентификации и контроле зоонозов, таких как птичий грипп, тяжелый острый респираторный синдром (ТОРС), ближневосточный респираторный синдром (БВРС) и лихорадка Эбола, в июне 2020 года МАГАТЭ приступило к реализации проекта «Комплексные действия по борьбе с зоонозными заболеваниями» (ЗОДИАК), чтобы помочь странам подготовиться к будущим пандемиям. ЗОДИАК — это глобальная инициатива, в рамках которой лабораториям оказывается содействие в выявлении зоонозных патогенов до того, как ими начнут заражаться люди. Цель проекта — помочь создать и укрепить потенциал ветеринарных служб и органов здравоохранения, чтобы своевременно реагировать на вспышки заболеваний.

Более 70% инфекционных заболеваний человека изначально появились у животных. Ввиду того, что COVID-19 вероятно передается человеку от животных и таким образом может являться зоонозным заболеванием, МАГАТЭ предложило 128 странам и территориям помощь в обнаружении этого вируса. Самый быстрый и точный метод обнаружения вируса — полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР) — является ядерным методом (более подробную информацию см. на стр. 8), и МАГАТЭ в партнерстве с Продовольственной и

«COVID-19 застал мир врасплох, — отмечает Генеральный директор МАГАТЭ Рафаэль Мариано Гросси. — В рамках проекта ЗОДИАК мы планируем создать по всему миру сеть лабораторий, которые будут оказывать поддержку национальным органам путем предоставления надежных данных, что позволит им действовать быстрее и решительнее». По линии ЗОДИАК будет оказана помощь в оборудовании лабораторий и подготовке специалистов в странах, где могут возникать зоонозные заболевания. Помогая странам в их деятельности по выявлению потенциальных

## ReNuAL 2 — так называется заключительный этап модернизации лабораторий ядерных наук и применений МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия.

Центральным элементом этого этапа является строительство нового современного здания, в котором разместятся Лаборатория селекции и генетики растений, Лаборатория земной среды и Лаборатория ядерной науки и приборов. Кроме того, в рамках ReNuAL 2 будут построены и усовершенствованы теплицы и отремонтированы существующие помещения Дозиметрической лаборатории. МАГАТЭ изыскивает 7,9 млн евро в виде дополнительных внебюджетных взносов для обеспечения полного финансирования строительства нового лабораторного корпуса.

Лаборатория животноводства и ветеринарии, которая была в числе лабораторий, модернизированных в рамках проекта реконструкции лабораторий ядерных применений (ReNuAL), является основной лабораторией, которая будет помогать в реализации проекта ЗОДИАК. МАГАТЭ сотрудничает с Австрийским агентством по здравоохранению и безопасности пищевых продуктов (АГЕС), чтобы предоставить другим лабораториям возможность воспользоваться результатами его исследований. Это отвечает их интересам, поскольку МАГАТЭ передает странам технологии и наработки, полученные по итогам проведенных исследований.

Лаборатории МАГАТЭ не имеют аналогов в системе Организации Объединенных Наций. Деятельность лабораторий ядерных применений в Зайберсдорфе охватывает такие направления, как продовольствие и сельское хозяйство, здоровье человека, мониторинг окружающей среды и экологическая экспертиза, а также использование ядерных аналитических приборов.

(Фото: МАГАТЭ)



вирусных патогенов и организуя профессиональную подготовку по новейшим ядерным и смежным методам, лаборатории смогут определять потенциально опасные вирусы животных, чтобы можно было принять меры до того, как они вызовут заболевания человека.

«Сегодня мир сталкивается с последствиями двух крупных кризисов — пандемии и изменения климата, которые оказывают негативное воздействие на экономику и здоровье населения, — говорит посол Парагвая в Австрии и постоянный представитель при МАГАТЭ Хуан Франсиско Фасетти. — Проект ЗОДИАК не только предусматривает продолжение реализации стратегии укрепления аналитического потенциала наших систем здравоохранения для борьбы с COVID-19, его осуществление также позволит нам сделать гигантский скачок вперед в понимании зоонозных заболеваний и их последствий».

### Применение накопленного за десятилетия опыта

Используя возможности Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства, МАГАТЭ поощряет и поддерживает безопасное и надлежащее использование ядерных и смежных технологий для выявления и контроля трансграничных болезней животных и зоонозных заболеваний.

«Посредством проекта ЗОДИАК мы стремимся сделать ядерные и смежные методы широко доступными для

национальных лабораторий, предоставив им платформу для анализа и визуализации данных, — говорит координатор программы Департамента ядерных применений МАГАТЭ Жан-Пьер Кайоль. — ЗОДИАК вообрал в себя все наши технические навыки, знания и опыт, мы оказали проекту всестороннее содействие для того, чтобы лаборатории обладали потенциалом для поддержки мер реагирования стран на зоонозные заболевания». На сегодняшний день для участия в проекте страны назначили 144 национальных координатора проекта ЗОДИАК, которые будут курировать вопросы, связанные с проектом, и в общей сложности 112 национальных лабораторий.

В основе проекта ЗОДИАК лежит помощь, оказанная МАГАТЭ странам в борьбе с пандемией COVID-19. С начала 2020 года МАГАТЭ отправляло по всему миру комплекты оборудования, включая аппаратуру для проведения ОТ-ПЦР и диагностические комплекты, проводило вебинары по обнаружению вируса COVID-19 и готовило многоязычные образовательные видеоматериалы по ОТ-ПЦР (более подробная информация о реагировании МАГАТЭ на COVID-19 представлена в фоторепортаже на стр. 18).

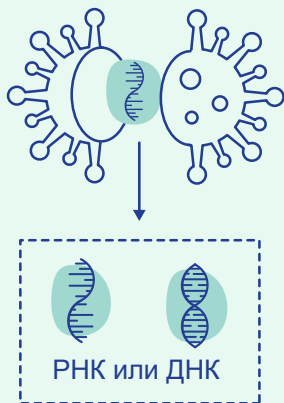
«В рамках проекта ЗОДИАК МАГАТЭ оптимизирует помощь странам в борьбе с COVID-19 и повышает их готовность к следующей пандемии путем передачи технологий и создания потенциала», — отмечает Рафаэль Мариано Гросси.



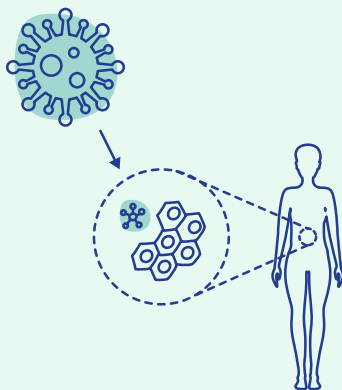
# COVID-19: что такое ОТ-ПЦР в реальном времени

С момента появления COVID-19 в конце 2019 года золотым стандартом тестирования на это заболевание стал метод, основанный на технологии, смежной с ядерной: полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР в реальном времени). Быстрая и точная ОТ-ПЦР в реальном времени сыграла решающую роль в обнаружении, отслеживании и изучении COVID-19. Но что это такое и как она работает? Давайте разберемся. Но сначала...

## ЧТО ТАКОЕ ВИРУС?



Микроскопическая совокупность генетического материала (РНК или ДНК), окруженная защитной оболочкой.



Вирусы проникают в клетки-хозяева человека или животного, чтобы размножиться.



Это может вызывать болезни человека или животных.



Вирусы сложно заметить из-за их крошечных размеров, но все же у нас есть возможность выявлять их благодаря некоторым современным методам, основанным на ядерных технологиях, таким как ОТ-ПЦР в реальном времени.

## ЧТО ТАКОЕ ОТ-ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ?

ПЦР  
изобрели в 1983 году



### ПЦР

ПЦР — это основанный на ядерных технологиях метод выявления присутствия определенного генетического материала любого патогена, в том числе вирусов.

### ОТ-ПЦР

Если генетический материал вируса представлен РНК, а не ДНК, как в случае с COVID-19, то для преобразования РНК в кДНК (комплементарную ДНК) необходим фермент, который называется «обратная транскриптаза». Этот процесс преобразования называется «обратная транскрипция».

### ОТ-ПЦР в реальном времени

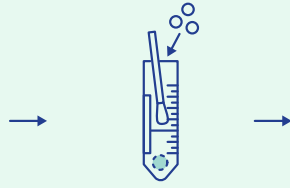
Полимеразная цепная реакция с обратной транскрипцией в реальном времени

# КАК ОТ-ПЦР В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ПОЗВОЛЯЕТ ВЫЯВЛЯТЬ COVID-19?

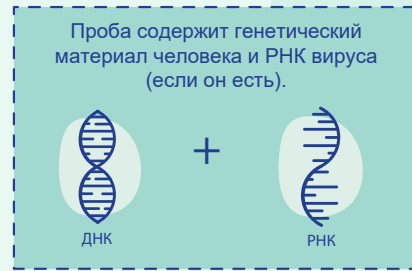
## 1 Проба



У человека берется проба крови, слюны или слезы.



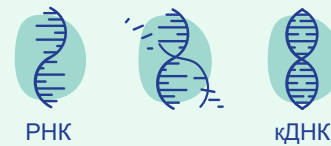
В пробу добавляются химические растворы, чтобы удалить из нее такие вещества, как белки и жиры.



Обратная транскрипция

## 2 Из РНК в ДНК

Чтобы ПЦР дала результат, РНК нужно преобразовать в кДНК.



## 3 Копирование и окрашивание ДНК

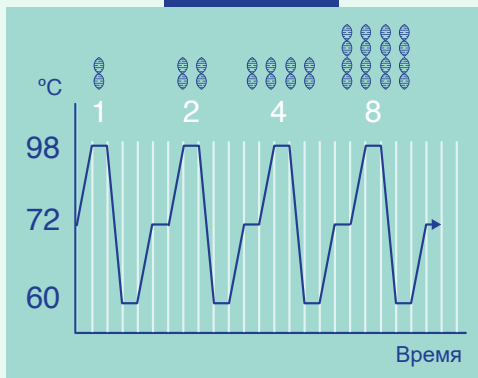


Добавляются химические реактивы, в том числе флуоресцентные красители, которыми будут пометаться все обнаруживаемые вирусные кДНК, чтобы создать копии генетического материала.

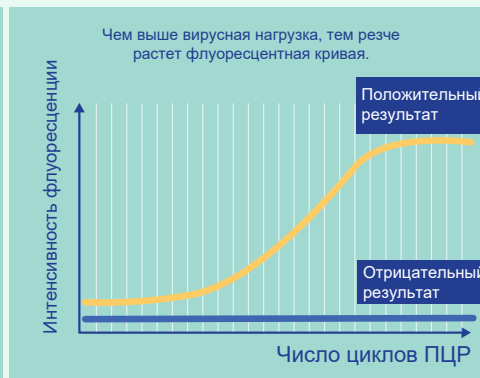


Затем пробы помещаются в термоциклер — прибор для ПЦР.

### Циклы ПЦР

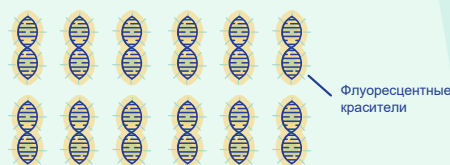


Разные температурные циклы вызывают химические реакции, которые приводят к репликации исходного генетического материала.



Если в пробе присутствует вирус, то при копировании будет возникать свечение. Чем сильнее флуоресценция — тем больше вирусного материала.

Примерно за один час создаются миллиарды копий генетического материала, и становится понятно, есть ли в нем вирус.



# Хорватские исследователи уточнили роль животных в распространении COVID-19

Моника Экснер

**Х**орватские исследователи обнаружили, что вирус, вызывающий COVID-19, может передаваться от человека собакам, но не различным видам других диких и содержащихся в неволе животных. В результате двух отдельных исследований было установлено, что собаки не являются источником заражения людей и что вирус COVID-19 не передается от инфицированных людей или через окружающую среду ряду диких животных и содержащихся в зоопарках зверей. В этом исследовании впервые рассматривалась циркуляция вируса между людьми и дикими животными.

При поддержке МАГАТЭ в сотрудничестве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) научные работники проводили

исследование клинических образцов методом полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР РВ). Этот самый надежный метод обнаружения специфического генетического материала патогенов, включая вирусы, основан на ядерной технологии (см. статью на стр. 8). Почти 300 лабораторий по всему миру, включая Хорватский ветеринарный институт и факультет ветеринарии Загребского университета, получили от МАГАТЭ комплекты оборудования, помогающего лабораториям обнаруживать и характеризовать штаммы вируса, а местным властям — бороться с ним. Это оборудование использовалось для анализа проб, полученных от людей в рамках мер по снижению заболеваемости в стране, но когда таких образцов для исследования не было, ученые с его помощью изучали ситуацию у животных.

**В результате исследования, проведенного в Хорватии при содействии МАГАТЭ, было подтверждено, что в настоящее время COVID-19 может передаваться от человека собаке, но не от собаки человеку.**

(Фото: Freepik.com)



## Глобальная помощь, местное диагностирование

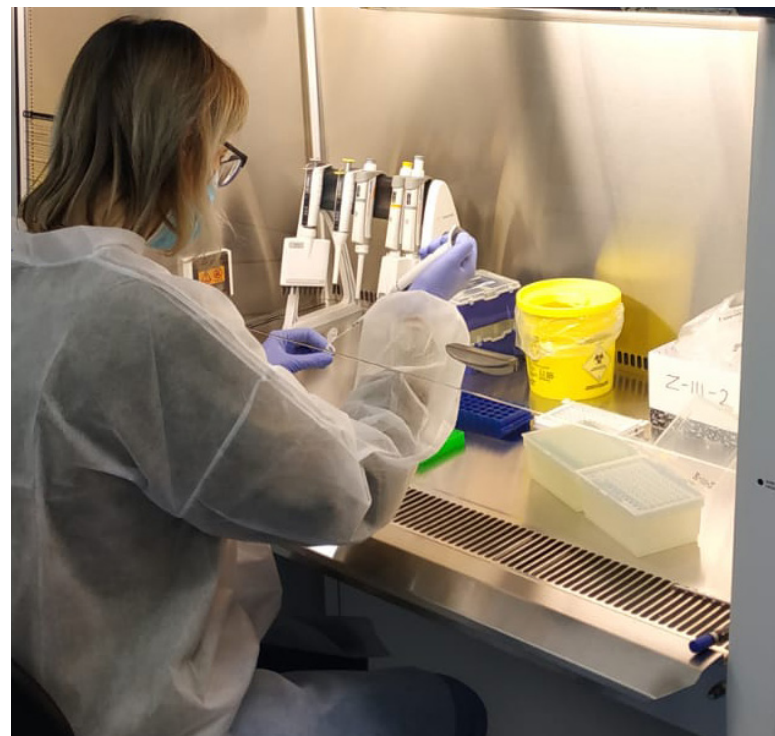
В ответ на пандемию COVID-19 МАГАТЭ в рамках межрегионального проекта технического сотрудничества предоставило лабораториям в 128 странах оборудование и материалы, чтобы помочь им в борьбе с вирусом (см. фоторепортаж на стр. 18). Этот проект, начатый в 2020 году, призван удовлетворить потребности государств-членов в случае вспышек заболеваний, чрезвычайных ситуаций и катастроф. Благодаря помощи МАГАТЭ страны укрепили свой потенциал в сфере готовности к угрозам и вспышкам зоонозных заболеваний и реагирования на них. Кроме того, благодаря техническому содействию ФАО/МАГАТЭ ученым в Хорватии удалось лучше изучить механизм передачи коронавируса.

«Мы помогли органам здравоохранения, а также внесли вклад в уточнение роли животных в эпидемическом процессе этого нового заболевания на глобальном уровне и в изучение влияния инфекций на здоровье и благополучие животных», — говорит Любо Барбич, руководитель лаборатории вирусологии на факультете ветеринарной медицины в Загребе.

Результаты исследования имеют большое значение, учитывая опасения по поводу возможного заражения через животных. «Поскольку у схожих видов животных вирус может вести себя по-разному, для исключения или подтверждения возможности передачи вируса человеку требуется исследование каждого вида», — отметил Иванчо Налетоски, специалист-куратор по вопросам ветеринарии в Совместном центре ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства.

«Оказанная МАГАТЭ помощь имела решающее значение для создания и укрепления лабораторного потенциала раннего и точного обнаружения вируса у людей и у

животных, являющихся потенциальными резервуарами возбудителя инфекции, а также для обеспечения готовности к чрезвычайным ситуациям, вызванным COVID-19 или другими подобными заболеваниями в будущем», — говорит Лорена Емершич, руководитель отдела вирусологии Хорватского ветеринарного института.



**Эксперт Хорватского ветеринарного института готовит пробы для определения наличия COVID-19 методом ОТ-ПЦР в молекулярной лаборатории отдела вирусологии Хорватского ветеринарного института в Загребе.**

(Фото: Л. Емершич/Хорватский ветеринарный институт)

## Содержимое комплектов МАГАТЭ для проведения анализов на наличие COVID-19

1. Основное оборудование и принадлежности (включая термоциклеры для ПЦР), необходимые для проведения анализов, а также боксы биологической безопасности уровня 2 и 3, необходимые для обеспечения безопасности персонала лаборатории и предотвращения распространения инфекции в процессе исследования рутинных проб.
2. Средства индивидуальной защиты (СИЗ), включая комбинезоны, ботинки, маски, перчатки и очки для защиты персонала от заражения вирусом, а также для предотвращения попадания вируса в окружающую среду.
3. Комплект диагностических наборов, необходимых для выявления наличия вируса COVID-19 методом ОТ-ПЦР РВ.

# «Скрытые издержки» COVID-19

## Как пандемия нарушает работу служб радиационной медицины и медицинской визуализации

Пуджа Дая

Мир видел много эпидемий, от различных видов гриппа до тифа, но ни одна из эпидемий нового времени не имела таких глобальных разрушительных последствий, как пандемия COVID-19. Она изменила нашу повседневную жизнь: вводился режим изоляции, объявлялись карантинные и постоянное тестирование. Миллионы людей умерли, а многие выздоровевшие жалуются на долго сохраняющиеся симптомы болезни. Серьезны также и косвенные последствия пандемии для здоровья: из-за объявленных режимов изоляции и переключения ресурсов здравоохранения на борьбу с COVID-19 был ограничен доступ к средствам диагностики и лечебным учреждениям. Эксперты МАГАТЭ помогли многим странам минимизировать последствия COVID-19 для диагностики и лечения неинфекционных заболеваний и доступа к радиационной медицине.

### Оценка последствий пандемии для доступа к радиационной медицине

«МАГАТЭ играет уникальную роль, являясь международным техническим агентством, обладающим организационным потенциалом. Оно может быстро

реагировать и имеет возможность определить, каким образом изменились обстоятельства, влияющие на плановые процессы и процедуры диагностики и лечения пациентов, — говорит директор Отдела здоровья человека МАГАТЭ Мэй Абдель Вахаб. — Кроме того, оно может предоставить руководящие указания о том, как медицинское сообщество может возобновить плановые процедуры, и рекомендовать примеры положительной практики и протоколы, которые помогут практикующим врачам. Очень важно, что рекомендации и указания, подготовленные во время пандемии на основе консенсуса между различными профессиональными организациями, будут приносить пользу и после пандемии COVID-19».

Медицинская визуализация включает различные процессы и технологии создания изображений человеческого тела для точной диагностики и лечения заболеваний. В некоторых из этих технологий используются рентгенография, компьютерная томография и ультразвуковая визуализация, которые часто применяются для того, чтобы лучше понять, как COVID-19 воздействует на организм человека.

**Использование методов радиационной медицины, таких как радиология, ядерная медицина и радиотерапия, важно для диагностики, лечения и ведения пациентов с различными заболеваниями, а также для спасения жизни онкологических больных. Однако пандемия COVID-19 продемонстрировала, что она может мешать их использованию в медицинских учреждениях по всему миру.**

(Фото: Ж. Серси/Лечебно-диагностический центр «Куанта», Куритиба, Бразилия)



При этом исследования, проведенные МАГАТЭ в начале пандемии, показали, что в 70% случаев пандемия мешала проведению процедур ядерной визуализации. Эти процедуры играют также ключевую роль в диагностике и лечении рака и сердечно-сосудистых заболеваний.

Из-за невозможности проводить эти процедуры неинфекционные и другие заболевания могут развиваться и прогрессировать незамеченными, что потенциально может свести на нет десятилетия медицинских достижений и непропорционально сильно ударить по регионам мира с низким уровнем дохода, в которых ресурсы и так ограничены.

## Предоставление консультаций и помощи

На основе данных, собранных в ходе обследований в области ядерной медицины, МАГАТЭ в сотрудничестве с профессиональными организациями со всего мира разработало руководящие материалы, которые распространялись в виде публикаций и в рамках вебинаров. Вебинары по теме COVID-19, в которых приняли участие более 6000 человек, стали площадкой для международной дискуссии. Это позволило обменяться знаниями о передовом опыте и более эффективных подходах к работе в отделениях ядерной медицины и радиационной онкологии, а также о методах диагностики COVID-19.

«В первое время было сложно: мы пытались принять правильные решения, не зная, как это отразится на безопасности пациентов и персонала. Информации у нас было мало, и часто она поступала из ненаучных источников», — говорит руководитель отделения ядерной медицины и молекулярной визуализации Национального института рака в Мексике Франциско Освальдо Гарсия-Перес. — «Когда мы научились выделять точную и полезную информацию, мы смогли принимать более верные решения по корректировке стандартных рабочих процедур, связанных с уходом за пациентами и обязанностями персонала».

Он добавил, что теперь в институте действуют процедуры, позволяющие вести обычное лечение пациентов и одновременно бороться с пандемией, и эти новые протоколы позволят его отделению преодолеть значительные трудности при возникновении пандемий в будущем.

## Здравоохранение с использованием ИТ

Помимо вебинаров и публикаций, благодаря Кампусу по здоровью человека (ведущийся МАГАТЭ сайт, на котором регулярно публикуются образовательные материалы и полезные ресурсы) у медицинских работников в области ядерной медицины и радиотерапии появился доступ к наиболее актуальной и точной информации, необходимой

для того, чтобы справиться с изменениями, с которыми они столкнулись из-за пандемии.

МАГАТЭ, как и многие другие организации по всему миру, было также вынуждено перевести свои конференции в режим онлайн, но это привело к расширению охвата аудитории и, следовательно, к большей результативности. В Международной конференции по молекулярной визуализации и клинической ПЭТКТ в эпоху тераностики (ИПЭТ-2020), организованной в ноябре 2020 года, и Международной конференции по достижениям в радиационной онкологии (ИКАРО-3), проведенной в феврале 2021 года, приняли участие более 3000 человек.

«COVID-19 обусловил появление новых тенденций и новых коммуникационных технологий, необходимых для того, чтобы работа чаще велась в виртуальной среде. Ядерная медицина должна будет адаптироваться, извлечь уроки из кризиса и подготовиться к будущему, по-прежнему оказывая основные услуги», — рассказывает руководитель Секции ядерной медицины и диагностической визуализации МАГАТЭ Диана Паэс.

МАГАТЭ с удвоенными силами совершенствует виртуальное обучение и оказывает помощь в рамках совместной инициативы с медицинскими экспертами, чтобы облегчить и упростить доступ к образовательным ресурсам, созданным различными организациями. Комплексная платформа электронного обучения (CeLP) представляет собой комплекс интерактивных электронных учебных средств и модулей по конкретным заболеваниям.

Помимо этого, были укреплены существующие профессиональные сети, такие как Азиатско-Тихоокеанская сеть по радиационной онкологии (АСПРОНЕТ) и Африканская сеть по радиационной онкологии (АФРОНЕТ), в которых для обмена информацией и установления связей между отделениями ядерной медицины и радиационной онкологии используются онлайн-платформы.

Кроме того, из-за временного прекращения командировок чаще собирались виртуальные группы, в том числе в Восточно-Карибском регионе, где в июле 2021 года были организованы региональные виртуальные онкологические консилиумы. Они способствуют накоплению экспертных знаний в этом регионе и помогают с наименьшими затратами проводить консультации между центрами передового опыта и больницами в рамках Организации Восточно-карибских государств.

МАГАТЭ будет продолжать оказывать поддержку практикующим врачам во всем мире в адаптации к новым условиям и проблемам, затрагивающим радиационную медицину.

# Исследование доказало эффективность альтернативных комплектов для диагностики COVID-19

Джоанн Лю

В первые дни вспышки COVID-19 стремительно вырос спрос на многие расходные материалы, начиная от хозяйственных товаров и средств защиты и заканчивая ингредиентами и веществами, необходимыми для проведения анализов на наличие вируса, превратившийся впоследствии в дефицит. Когда в мире возникла необходимость массового тестирования на COVID-19, лаборатории стали применять для этого метод полимеразной цепной реакции с обратной транскрипцией в реальном времени (ОТ-ПЦР в реальном времени). ОТ-ПЦР в реальном времени является наиболее точным лабораторным методом обнаружения, отслеживания и изучения COVID-19 (более подробная информация содержится на стр. 8), однако его широкое использование привело к нехватке ресурсов, из-за чего некоторые лаборатории стали изыскивать более доступные и дешевые альтернативные варианты.

Недавно МАГАТЭ и Продовольственная и сельскохозяйственная организация Объединенных Наций (ФАО) в сотрудничестве с Австрийским агентством по здравоохранению и безопасности пищевых продуктов (АГЕС) провели исследование для проверки эффективности и качества некоторых из этих альтернативных ресурсов. Результаты исследования имеют значение для борьбы с COVID-19, которая ведется в развивающихся странах и за их пределами.

## Реактивы для реакции

Реактивы — это вещества, соединения, праймеры, малые молекулы, ферменты и буферные растворы, необходимые в лабораторных исследованиях. Подобно базовым ингредиентам в кулинарном рецепте, таким как, скажем, масло и соль, они являются ключевыми компонентами, способствующими химической реакции и обеспечивающими надлежащий конечный результат.

«В ситуации повышенного спроса, как, например, во время вызванного COVID-19 кризиса, многие лаборатории могут быстро оказаться в ситуации, когда они больше не имеют возможности получать реактивы из своих обычных источников и будут вынуждены переключиться на других поставщиков реактивов или использовать другие специальные комплекты для молекулярной диагностики, отличные от тех, к которым они привыкли, — говорит заместитель руководителя отдела молекулярной биологии АГЕС Ади Штайнригль. — Лаборатории, проводящие анализы методом ОТ-ПЦР в реальном времени, используют в работе реактивы из надежных источников, обычно в виде

мастер-микса или готовых растворов для диагностических комплектов — так называемых специальных комплектов для молекулярной диагностики».

Мастер-микс — это предварительно подготовленная смесь-раствор, которая содержит все компоненты для ОТ-ПЦР в реальном времени и не зависит от образца, то есть те же реактивы, которые используются для выявления COVID-19, могут быть использованы и для выявления других вирусов. Специальные комплекты предназначены для выявления конкретных заболеваний и патогенов.

В апреле 2020 года в сотрудничестве с АГЕС Совместный центр ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства начал исследование по оценке и сравнению восьми мастер-миксов и трех специальных комплектов, разработанных компаниями из Австрии, Германии, Республики Корея, Соединенного Королевства, Соединенных Штатов Америки и Японии.

Из многочисленных молекулярных анализов (тестов), применяемых для диагностики COVID-19, исследовались наиболее распространенные типы мастер-миксов, используемых и доступных на международном рынке. На июль 2021 года 388 из них были внесены в список Фонда инновационной диагностики.

## Многообещающие результаты

В лабораториях ФАО/МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия, эксперты МАГАТЭ провели анализ 178 клинических образцов, предоставленных АГЕС, используя каждый из 11 имеющихся в свободной продаже комплектов и мастер-миксов. Результаты исследования показали, что все проанализированные мастер-миксы и специальные комплекты могут быть использованы для стандартных тестов на вирус COVID-19.

«Главное здесь то, что проанализированные продукты дали результаты, аналогичные тем, которые можно получить при использовании реактивов, рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ), — говорит начальник Лаборатории животноводства и ветеринарии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства Джованни Каттоли. — В странах, где реактивы для рекомендованных протоколов недоступны или чрезвычайно дороги, лаборатории могут заменить их некоторыми другими реактивами,



входившими в это исследование, и получить столь же точные результаты. В ходе данного исследования мы проверили альтернативные варианты, чтобы лаборатории по всему миру могли использовать имеющиеся реактивы для массового тестирования населения на COVID-19, таким образом расширяя доступность таких анализов».

Скорость и стоимость проведения теста ОТ-ПЦР в реальном времени могут различаться, особенно, если сравнивать разные страны. Проведение анализа методом ОТ-ПЦР в реальном времени обычно занимает несколько часов от получения проб до выдачи результатов, а стоимость реактивов зависит от производителя и типа реактива. По словам Каттоли, в целом, без учета расходов, связанных с людскими ресурсами, стоимость теста может составлять от 7 до 20 евро.

Штайнригль соглашается с тем, что стоимость реактивов и специальных комплектов для молекулярной диагностики может значительно отличаться: «Проведение сравнения характеристик реактивов может действительно помочь

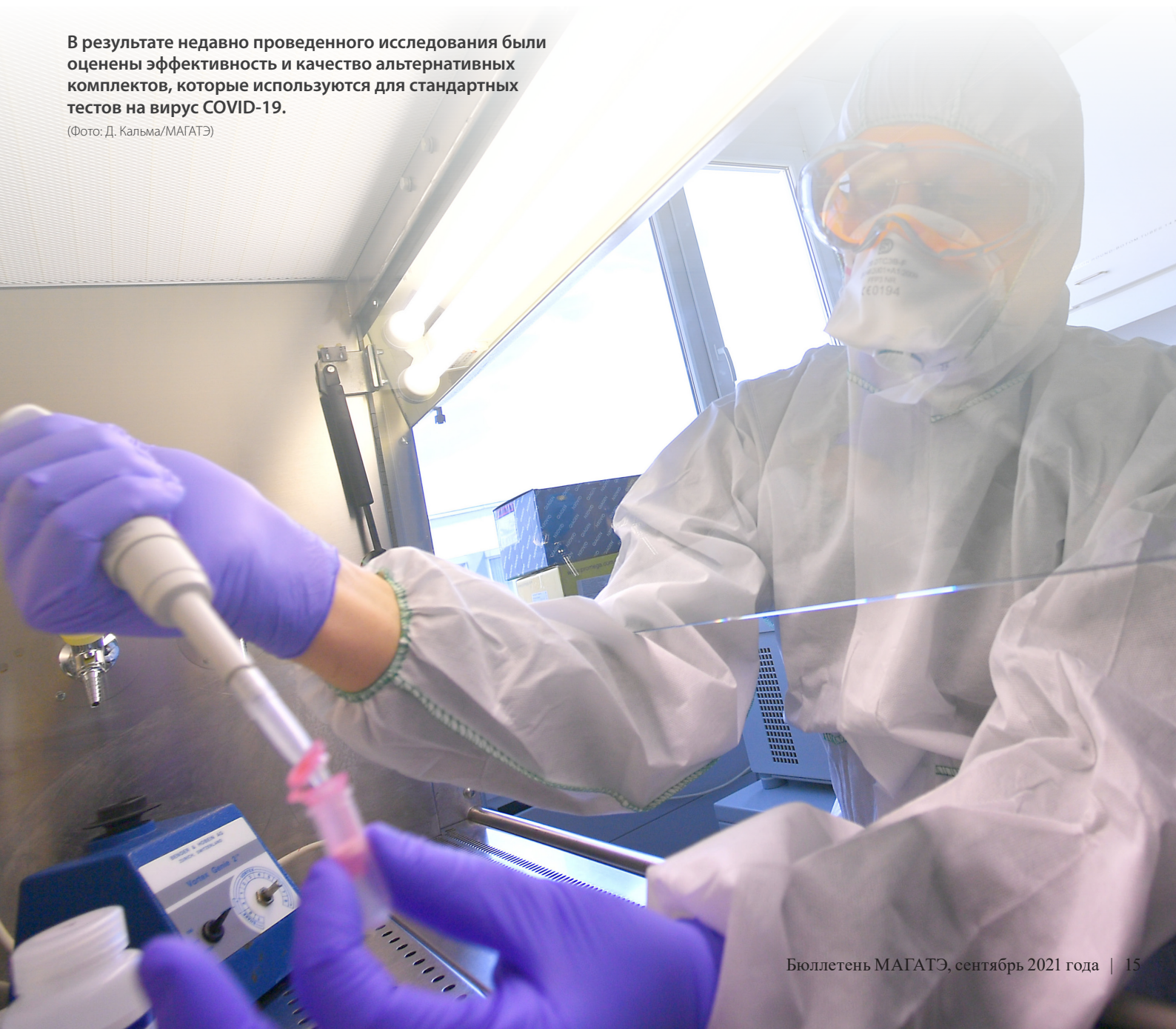
сэкономить деньги. Мы видим, что более дешевые варианты не обязательно менее точны, чем более дорогие».

Процедуры и результаты исследования были переданы в Сеть лабораторий ветеринарной диагностики МАГАТЭ (ВЕТЛАБ), в которой некоторые лаборатории по просьбе национальных органов власти проводят тестирование на COVID-19. В сеть ВЕТЛАБ входят 46 стран Африки и 19 стран Азии. Данное исследование было также опубликовано онлайн в июне 2021 года в журнале «Вирусологические методы» («Journal of Virological Methods»).

«Необходимо проводить подобные исследования других трансграничных болезней животных и зоонозных заболеваний, — отмечает Джованни Каттоли. МАГАТЭ проводит аналогичное исследование африканской чумы свиней. — Важно иметь представление о том, какие реактивы можно использовать для анализа методом ОТ-ПЦР в реальном времени при этих заболеваниях и убедиться, что результаты анализа соответствуют результатам, полученным по рекомендованным протоколам».

**В результате недавно проведенного исследования были оценены эффективность и качество альтернативных комплектов, которые используются для стандартных тестов на вирус COVID-19.**

(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)



# Секвенирование патогенов помогает контролировать болезни животных

Михаэль Амди Мадсен

В 2019 году из-за вспышки афтозной лихорадки (ящура) и применения неэффективной вакцины в Марокко под угрозой оказалось огромное количество крупного рогатого скота, овец, свиней, коз и других копытных животных. Ящур — высококонтагиозное вирусное заболевание, которое вызывает у инфицированных животных лихорадку и везикулярное поражение ротовой полости и конечностей (высыпания в виде пузырьков). Заболевание может приводить к развитию у животных хромоты и других симптомов; из-за него продукты животного происхождения становятся непригодными для употребления, что приводит к убыткам для фермеров. Меры по ликвидации этой вспышки заболевания начались с проведения генетического сравнительного анализа, в результате которого была подобрана другая вакцина — решение, ставшее возможным благодаря помощи, оказанной МАГАТЭ местным властям в партнерстве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) в вопросах создания потенциала в области передовых молекулярных технологий.

Все вирусы, включая возбудителя ящура, постоянно эволюционируют и образуют новые разновидности и штаммы. Эффективным способом борьбы со вспышками вирусных заболеваний является вакцинация, однако конкретные вакцины действуют только на конкретные штаммы вирусов. Для определения наиболее подходящей вакцины необходимо понимание генома вируса.

Работы по защите поголовья копытных животных в Марокко были начаты еще за два года до вспышки, когда сотрудники Национального управления по безопасности пищевых продуктов в Касабланке прошли в рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ курс подготовки в области выявления и характеристики патогенов, вызывающих зоонозные заболевания, и организации мер по реагированию на вспышки таких заболеваний и их ликвидации. Это лишь одна из многих инициатив в области подготовки кадров, осуществляемых с момента учреждения в 2017 году службы МАГАТЭ/ФАО по генетическому секвенированию. Сегодня обратиться в эту службу за помощью могут специалисты из стран Африки, Азии и Латинской Америки, что дает им возможность использовать и освоить новейшие аналитические методы для определения характеристик патогенов.

«Характеризация патогенов и понимание происхождения болезней животных и зоонозов является необходимым условием разработки эффективных мер по реагированию на такие заболевания», — говорит Иванчо Налетоски, специалист-куратор по вопросам ветеринарии в Совместном центре ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. Налетоски является инициатором проекта по секвенированию, и при его поддержке по всему миру ведется деятельность по подготовке ученых в области построения филогенетических деревьев для возбудителей болезней животных и зоонозных заболеваний.

Филогенетическое дерево — схема ветвления филогенетических линий, отражающая эволюционные связи между организмами — помогает ученым лучше понять взаимосвязь между различными вспышками вируса и определить их источник или путь происхождения. По словам Налетоски, с помощью филогенетических деревьев и глубокого генетического анализа можно получить информацию, на основе которой соответствующие органы могут выбирать правильную стратегию борьбы с патогенами: «Для лиц, принимающих решения, очень важно иметь точный генетический профиль вирусов, с которыми они пытаются бороться. Благодаря этим данным страны могут сэкономить время и деньги при выборе вакцин. Соответственно, спрос на наши услуги постоянно растет».

## Сеть лабораторий как механизм взаимопомощи

На сегодняшний день служба секвенирования МАГАТЭ/ФАО получила более 4200 образцов и последовательностей генов для возбудителей 54 различных заболеваний животных (таких как ящур и африканская чума свиней) и зоонозных болезней (таких как бешенство, бруцеллез и лихорадка Рифт-Валли). В создание сетевой базы данных службы секвенирования вносят свой вклад ученые из 25 лабораторий по всему миру, которые полагаются на технические возможности этой службы для решения задач в области генетического секвенирования.

«Оборудование для генетического секвенирования может быть очень дорогим в плане цены приобретения и стоимости дальнейшего обслуживания. Закупка такого оборудования имеет смысл для лабораторий, которые обрабатывают очень большие объемы материала, однако для большинства лабораторий в странах это совсем невыгодно, — поясняет Налетоски. — Мы помогаем небольшим лабораториям в бедных странах сэкономить на капитальных затратах, предлагая возможности для работы с уже зарекомендовавшими себя компаниями, занимающимися секвенированием, и для получения той же информации, как если бы они располагали подобным оборудованием для секвенирования у себя на местах».

Служба секвенирования предоставляет ученым, являющимся участниками сети, необходимые реагенты и обучение по темам, касающимся подготовки высококачественных проб для секвенирования, а также обработки исходных данных и филогенетического анализа. Служба помогает также координировать и оплачивать услуги по секвенированию этих проб в специализированной коммерческой лаборатории. Таким образом, для участвующих лабораторий животноводства и ветеринарии эта услуга бесплатна.

«Поскольку фактически секвенирование выполняется третьей стороной, наша задача состоит в том, чтобы помочь лабораториям правильно подготовить пробы и интерпретировать результаты. Для этого мы разработали пошаговые комплексные рекомендации и до пандемии занимались организацией учебных

мероприятий по всему миру», — подытоживает Иванчо Налетоски, подчеркивая, что обучение опирается на помощь тех пользователей, которые настолько хорошо освоили эту услугу и процесс подготовки проб, что могут сами обучать новых участников.

## Как отслеживают новые вирусы в Виндхуке

Активным пользователем и энтузиастом предоставляемых МАГАТЭ и ФАО услуг по секвенированию является Умберто Молини — старший преподаватель в Университете Намибии. Г-н Молини и центральная ветеринарная лаборатория Виндхука были одними из первых, кто начал обращаться за услугами секвенирования еще в 2016 году. По словам Молини, за последние пять лет служба секвенирования не только не раз помогала властям Намибии лучше понять происхождение и особенности различных штаммов известных вирусов, циркулирующих среди домашнего скота и промысловых животных, но и обнаружила вирусы, о присутствии которых в стране ранее не было известно.

«Мы обнаружили цирковирус свиней второго типа у домашних свиней и бородавочников, а также вирус гриппа типа D у крупного рогатого скота и антилоп гну. Удивительно, но однажды мы даже обнаружили птичий грипп у пингвинов», — добавляет Молини. В 2019 году крупная вспышка птичьего гриппа впервые поразила находящуюся

под угрозой исчезновения популяцию африканских пингвинов (*Spheniscus demersus*) в Намибии. Благодаря помощи со стороны службы секвенирования Молини удалось выделить и охарактеризовать возбудителя болезни — штамм H5N8.

«В результате этой вспышки погибло около 500 пингвинов, однако после того, как мы идентифицировали вирус и определили его штамм, мы смогли обосновать необходимость и уместность усилий, предпринимаемых для того, чтобы остановить распространение вируса среди домашней птицы», — говорит Молини.

Хотя штамм H5N8, вероятно, был занесен в Намибию в результате миграции птиц, вспышки подобных болезней не всегда берут начало в дикой природе. В 2018 году среди кур на птицефабриках Намибии была зафиксирована вспышка инфекционного ларинготрахеита. После обращения в службу секвенирования Молини установил, что вспышка была связана с ненадлежащим использованием вакцины, и тогда уже было нетрудно принять нужные меры, чтобы остановить распространение вируса. «Генетическое секвенирование — это мощный и тщательно продуманный инструмент для борьбы с подобными заболеваниями. Если больше стран смогут получить доступ к секвенированию и научатся использовать этот метод, мы будем лучше подготовлены к тому, чтобы останавливать будущие вспышки заболеваний», — подчеркивает он.

**В 2019 году крупная вспышка птичьего гриппа поразила находящуюся под угрозой исчезновения популяцию африканских пингвинов (*Spheniscus demersus*) в Намибии. Служба секвенирования МАГАТЭ/ФАО смогла оказать необходимую помощь в определении возбудителя этой болезни — штамма H5N8.**

(Фото: Freepik.com)



## Реагирование на пандемию

МАГАТЭ помогает 128 странам остановить распространение COVID-19 посредством реализации крупнейшего за всю свою историю проекта по оказанию содействия

Омар Юсуф

С начала 2020 года системы здравоохранения во всем мире испытывают невероятную нагрузку в связи с пандемией COVID-19. Сотрудники профильных ведомств, лаборанты и медицинские работники, все объединяют свои усилия для удовлетворения растущего спроса на оборудование и мощности для тестирования, чтобы замедлить и взять под контроль динамику новых случаев инфицирования. В ответ на поступающие от стран всего мира просьбы МАГАТЭ незамедлительно приступило к оказанию помощи.



(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)



(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

В партнерстве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и по линии программы технического сотрудничества МАГАТЭ были организованы сотни поставок в диагностические лаборатории по всему миру. Эти поставки включали лабораторное оборудование, в том числе наборы для тестирования методом ОТ-ПЦР в реальном времени, диагностические реагенты и лабораторные расходные материалы, изделия для обеспечения биологической безопасности, такие как средства индивидуальной защиты (СИЗ), а также лабораторные боксы для безопасного обращения с пробами и проведения их анализа. На фото сотрудник Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства готовится к проведению теста методом ОТ-ПЦР в режиме реального времени.

ОТ-ПЦР в реальном времени представляет собой основанный на изысканиях в ядерной области метод выявления патоген-специфического генетического материала, который широко применяется для выявления вируса COVID-19 (см. инфографику на стр. 8). При том что лаборатории во многих странах используют ОТ-ПЦР в реальном времени для диагностики других инфекций, таких как болезни, вызванные вирусами Эбола и Зика, некоторым из них необходима помощь в адаптации этого метода к вирусу SARS-CoV-2, вызывающему COVID-19, и в расширении национальных возможностей в области тестирования.



(Фото: Н. Косса/Мозамбик)

На сегодняшний день помощь МАГАТЭ/ФАО в вопросах оперативного обнаружения COVID-19 получили 296 лабораторий из 128 стран и территорий.

На фото вы можете видеть, как боксы биологической безопасности подготавливаются к отправке из Вены в лаборатории по всему миру.



(Фото: МАГАТЭ)



(Фото: Университет Любляны, Словения)

«Проводившаяся нами ранее в сотрудничестве с МАГАТЭ и ФАО работа по ящуру позволила нашей эталонной лаборатории подготовиться к организации надлежащего тестирования и сравнения результатов огромного количества проб, — рассказывает Ана Мария Никола, директор по вопросам лабораторий и аналитического контроля Национальной службы по безопасности и качеству пищевых продуктов Аргентины (SENASA). — Теперь мы используем этот опыт для того, чтобы быстро адаптироваться, задействовать наши ресурсы и развернуть сеть лабораторий для обеспечения одинакового качества результатов в различных ситуациях, таких как пандемия COVID-19».

На фото специалист Института микробиологии и иммунологии университета Любляны, Словения, готовит пробы для тестирования на наличие вируса с использованием аппарата ОТ-ПЦР в реальном времени, безвозмездно предоставленного МАГАТЭ.

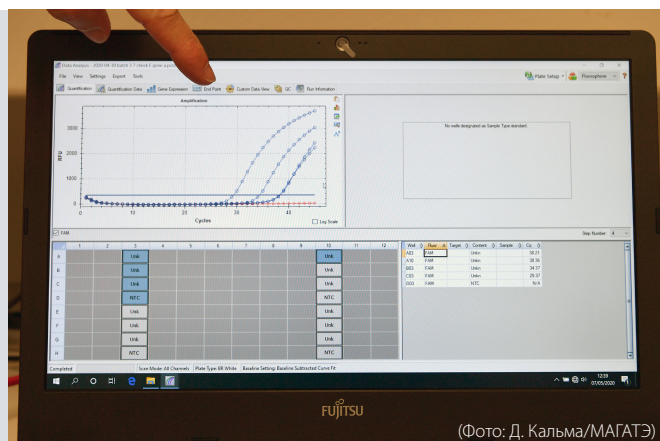
«Поступивший от МАГАТЭ груз включал средства индивидуальной защиты для наших сотрудников, работающих на переднем крае, — вспоминает кабинет-секретарь министерства энергетики Кении Чарльз Кетер. — Наборы, которые мы получили для выявления COVID-19, помогли существенно повысить потенциал страны в области диагностики и лечения этого заболевания. Этот пакет помощи лишний раз свидетельствует об эффективности применения ядерных методов в сфере здравоохранения».

Сотрудники национальной больницы им. Кениаты в Найроби, Кения, готовят пробы к исследованию в аппарате ОТ-ПЦР.



(Фото: К. Мадара, Агентство по ядерной энергии и энергетике, Кения)

Помимо предоставления оборудования было организовано 11 вебинаров для медицинских работников на тему стандартных рабочих процедур, трансляцию которых в прямом эфире смотрело более 6000 человек, и 16 вебинаров, посвященных ОТ-ПЦР, в которых приняло участие чуть больше 2000 человек. В целом непосредственная поддержка была оказана почти 300 лабораториям и медицинским учреждениям, в том числе 44 — в Африке, 28 — в регионе Азии и Тихого океана, 24 — в Европе, 32 — в странах Латинской Америки и Карибского бассейна.



(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)



(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

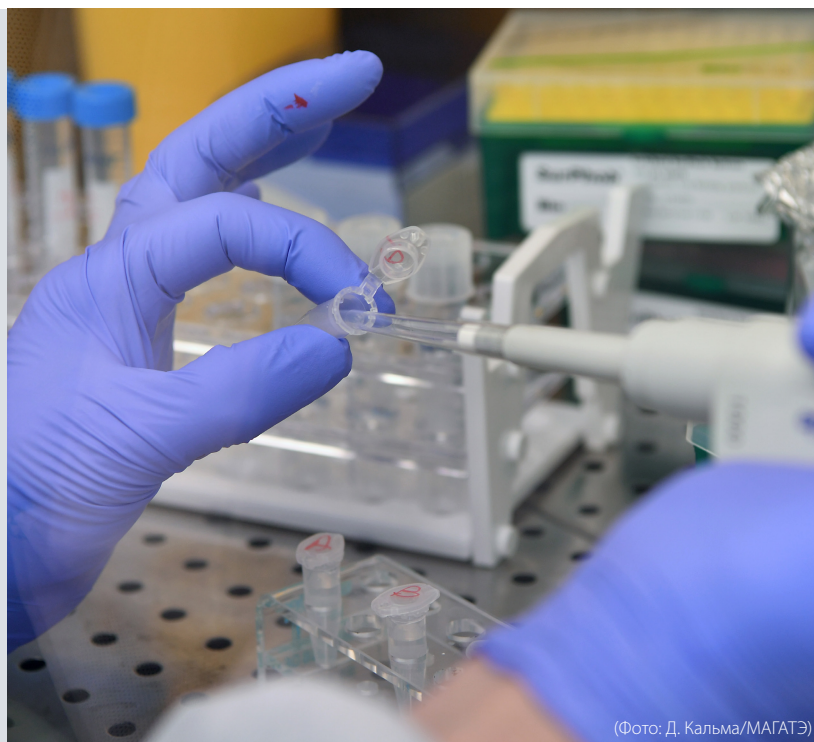
С учетом превысившего 27,7 млн евро объема внебюджетных взносов этот проект технического сотрудничества стал крупнейшим за всю историю Агентства — как в плане финансирования, так и в плане количества стран-бенефициаров.

В основу нового проекта «Комплексные действия по борьбе с зоонозными заболеваниями», также сокращенно называемого ЗОДИАК, был положен опыт МАГАТЭ в части COVID-19 и в деле борьбы со вспышками зоонозных и животных заболеваний (подробнее о проекте ЗОДИАК рассказывается на стр. 6).

Кроме того, помощь странам в оперативном обнаружении вируса SARS-CoV-2 и наблюдении за его распространением оказывается по линии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ и предполагает проведение исследований в области разработки и совершенствования диагностических тестов.

Например, в сотрудничестве с Австрийским агентством по здравоохранению и безопасности пищевых продуктов было выполнено сравнение 11 различных реагентов для ОТ-ПЦР, используемых для взятия мазков и клинических исследований, что помогло расширить доступ к реагентам для ПЦР в целях проведения массового тестирования (см. статью на стр. 14).

По итогам оценки диагностической платформы для обнаружения антител к SARS-CoV-2 у норок и других видов животных будет создан дополнительный и очень полезный инструмент для эпидемиологического надзора и контроля за распространением вируса.



(Фото: Д. Кальма/МАГАТЭ)

# Расширение возможностей стран по выявлению инфекционных заболеваний с помощью iVetNet

**iVetNet** — информационная платформа, предназначенная для обобщения, распространения и согласования методов обнаружения и характеристики патогенов, способных вызывать трансграничные инфекции животных и зоонозные заболевания, управление и поддержку которой осуществляет МАГАТЭ в тесном сотрудничестве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО). Эта платформа, призванная поддержать предпринимаемые ФАО и Всемирной организацией по охране здоровья животных меры реагирования на вспышки болезней животных и зоонозных

заболеваний, предполагает обмен информацией о процедурах обнаружения, о полученных результатах, в случаях, когда это применимо, и другими техническими данными. Запущенная в 2021 году сеть iVetNet объединит более 1000 лабораторий по всему миру и предложит своим пользователям доступ к необходимой информации и к проверенным и подтвержденным процедурам для обнаружения и характеристики патогенов, являющихся возбудителями таких болезней животных и зоонозных заболеваний, как ящур, африканская чума свиней, нодулярный дерматит, Эбола, Зика, COVID-19 и другие. Преимущества платформы:



Объединяет лаборатории, обладающие передовыми технологиями, чтобы они могли выполнять роль центров обмена экспертными знаниями и опытом.



Позволяет лабораториям, которые нуждаются в модернизации, получать экспертные услуги и рекомендации по вопросам совершенствования их технической базы и процессов.



Помогает лабораториям поддерживать более эффективное сотрудничество по вопросам наиболее опасных и новых болезней животных.



Способствует внедрению и поддержанию международных стандартов в области лабораторных испытаний и калибровки.

# Защита от зоонозов за счет обеспечения безопасности пищевых продуктов

Джоанн Лю

С пищей наш организм получает необходимые для поддержания жизни питательные вещества, при этом зараженные патогенами продукты питания, в том числе зоонозного происхождения, могут испортить наше здоровье или даже вызвать смерть. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), причиной более 200 заболеваний является употребление в пищу продуктов, зараженных бактериями, вирусами, паразитами или химическими веществами.

Поскольку потребители не всегда могут по внешнему виду, вкусу или запаху определить заражение пищевых продуктов, во всех странах функцию оборонительного рубежа для предотвращения и сдерживания распространения токсичных веществ и возбудителей заболеваний выполняют лаборатории безопасности пищевых продуктов. МАГАТЭ в партнерстве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) оказывает содействие лабораториям во всем мире в вопросах обнаружения, контроля и отслеживания содержания загрязняющих веществ и остатков агрохимикатов в продуктах питания.

В настоящее время помощь МАГАТЭ в тестировании на безопасность пищевых продуктов главным образом касается

обнаружения и контроля остатков химических веществ, таких как ветеринарные препараты, пестициды и загрязнители. Многие проекты предусматривают также микробиологическое тестирование и обнаружение патогенов — эти компоненты работы планируется в будущем расширить.

«На основе проведения регулярного тестирования, организации санитарного надзора и участия в эпидемиологических исследованиях лаборатории безопасности пищевых продуктов могут обнаруживать отклонения от нормальных ситуаций циркуляции патогенов и выявлять новые патогены, — говорит А.С.М. Сайфулла, главный научный сотрудник Института пищевой и радиационной биологии (ИФРБ) Комиссии по атомной энергии Бангладеш. — Лаборатории безопасности пищевых продуктов способны вносить вклад в подготовку и осуществление мер реагирования на зоонозные заболевания, в том числе в чрезвычайных ситуациях».

## Болезни пищевого происхождения и зоонозы

Некоторые болезни пищевого происхождения, такие как сальмонеллез, вызываемый бактериями сальмонеллы, относятся к числу зоонозов — инфекционных заболеваний, которые могут передаваться от животных людям. Сальмонелла и

**Лаборатория по анализу остатков ветеринарных лекарственных препаратов (ЛВЛП) Комиссии по атомной энергии Бангладеш применяет в своей работе изотопные методы и основанные на ядерных технологиях аналитические разработки для скрининга и проверки пищевых продуктов на предмет содержания остатков опасных веществ и загрязнителей.**

(Фото: ЛВЛП)





другие патогены попадают в употребляемые нами продукты в результате, например, применения на фермах небезопасных практик, неправильного обращения с пищевыми продуктами и их загрязнения в процессе производства или сбыта. Как говорит Джеймс Сасанья, специалист по безопасности пищевых продуктов в Совместном центре ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства, «в случае многих зоонозных заболеваний главным каналом передачи инфекции служит пища».

С этим согласны и сотрудники Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП). В июле 2020 года они опубликовали доклад, анализирующий причины возникновения COVID-19 и других зоонозных заболеваний, под названием «Предотвращение следующей пандемии: зоонозные заболевания — как разомкнуть эпидемиологическую цепь». В докладе отмечается, что около 75% всех новых инфекционных заболеваний человека передаются людям от различных животных и что большинство зоонозов передаются опосредованно, например, через продовольственную систему.

Животные могут выглядеть здоровыми несмотря на наличие инфекции, но после ее передачи человеку она может проявиться и привести к значительным последствиям для здоровья. «Поэтому странам важно быть подготовленным к таким ситуациям и проводить регулярное тестирование пищевых продуктов на предмет возбудителей зоонозов и других факторов микробной опасности, — подчеркивает Сасанья. — Кто знает, из-за чего, где и когда может начаться следующая пандемия. При изучении проблемы инфекций, имеющих пандемический потенциал, и эндемических болезней крайне важно надлежащим образом учитывать соображения безопасности пищевых продуктов».

## Укрепление потенциала лабораторий

Ключевую роль в оказании многим странам помощи в вопросах создания, обеспечения работы и совершенствования лабораторий безопасности пищевых продуктов играет Совместный центр ФАО/МАГАТЭ. В частности, ФАО и МАГАТЭ предложили свою помощь в создании в Бангладеш на базе ИФРБ лаборатории по анализу остатков ветеринарных лекарственных препаратов (ЛВЛП). В рамках проектов технического сотрудничества МАГАТЭ эксперты ФАО и МАГАТЭ проводят обучение сотрудников ЛВЛП по таким темам, как выявление различных факторов опасности, связанных с пищевыми продуктами, а также скрининг и проверка пищевых продуктов на предмет содержания остатков и загрязнителей.

Эксперты ФАО и МАГАТЭ предоставляют лаборатории технические рекомендации по разработке, валидации и внедрению соответствующих аналитических методов. «Теперь ЛВЛП применяет различные изотопные и ядерные аналитические инструменты и методы для обнаружения остатков противомикробных веществ и микотоксинов в пищевых продуктах животного и растительного происхождения», — рассказывает Сайфулла, уточняя, что также ведется работа по созданию потенциала в области микробиологического тестирования пищевых продуктов, включая вопросы, связанные с зоонозами пищевого происхождения.

Раньше заказы Бангладеш на тестирование пищевой продукции передавались в другие страны на условиях аутсорсинга. Сегодня

специалисты ЛВЛП могут использовать такие скрининговые инструменты, как быстрый радиорецепторный анализ и изотопные методы верификации для того, чтобы обнаруживать остатки ветеринарных антимикробных препаратов и микотоксинов в пищевых продуктах. Для формирования массива данных об остатках химических веществ ежегодно анализируется более 3000 образцов продуктов питания, включая яйца, молоко, курицу и креветки. Эти данные позволяют регулирующим органам Бангладеш, в частности, Управлению по безопасности пищевых продуктов, принимать соответствующие меры для защиты здоровья населения и совершенствования системы контроля за безопасностью пищевых продуктов в стране.

«Отрадно видеть, что лаборатория, которая начинала свою работу, располагая лишь ограниченным потенциалом, теперь способна оказывать аналитические услуги государственным органам в области безопасности пищевых продуктов, а также привлекать значительную государственную поддержку для обеспечения устойчивости этой деятельности», — говорит сотрудник МАГАТЭ по вопросам управления программами в Бангладеш Херальд Сирило Рейес.

## Сетевое взаимодействие по вопросам безопасности пищевых продуктов

ЛВЛП в Бангладеш поддерживает сотрудничество с другими лабораториями безопасности пищевых продуктов в Азиатско-Тихоокеанском регионе в рамках координируемой МАГАТЭ Азиатской сети по безопасности пищевых продуктов. Лаборатории безопасности пищевых продуктов предотвращают случаи распространения инфекций пищевого происхождения, контролируя возможные риски путем организации регулярного тестирования, мониторинга и надзора. Однако системы обеспечения безопасности пищевых продуктов далеко не безупречны. «То и дело происходят различные инциденты, и поэтому важно, чтобы соответствующие учреждения и страны находились в состоянии готовности и не допускали недооценки опасных факторов — будь то химические, физические или микробиологические источники опасности, наподобие зоонозов», — добавляет Сасанья.

Лаборатории в составе Азиатской сети по безопасности пищевых продуктов обмениваются информацией и аналитическими методами, а также участвуют в программах проверки квалификации. Это имеет чрезвычайно важное значение для решения проблем безопасности пищевых продуктов в региональном масштабе и может быть положено в основу разработки механизмов реагирования на чрезвычайные ситуации, связанные с безопасностью пищевых продуктов.

Совместный центр ФАО/МАГАТЭ оказывает также поддержку в создании и укреплении сетей по безопасности пищевых продуктов в других регионах, таких как Латинская Америка и Африка. В рамках проекта МАГАТЭ по реагированию на чрезвычайные ситуации, связанные с безопасностью пищевых продуктов, на базе лабораторий Совместного центра ФАО/МАГАТЭ в Зайберсдорфе, Австрия, разрабатываются изотопные и дополнительные аналитические экспресс-методы, а участники сети проходят обучение по применению этих методов в полевых условиях. Джеймс Сасанья уверен: «Подобные сети лабораторий в будущем могут облегчить странам задачу по реагированию на чрезвычайные ситуации, связанные с безопасностью пищевых продуктов, включая зоонозные заболевания пищевого происхождения».

# Как исследования в области вакцин от птичьего гриппа помогают в борьбе с эволюционирующим вирусом

Вольфганг Пикот

В большинстве случаев птичий грипп протекает у птиц так же, как и обычный грипп у людей: одни вообще ничего не чувствуют, у других развиваются легкие симптомы, но в редких случаях инфекция может заканчиваться смертельным исходом. Как и вирус человеческого гриппа, вирус птичьего гриппа постоянно мутирует и образует множество различных штаммов. Некоторые из этих вирусных штаммов могут быть более заразными или смертельно опасными, вызывающими так называемый высокопатогенный птичий грипп, при этом отдельные из них потенциально могут передаваться человеку. Таким образом, мониторинг развития вируса и поиск решений, позволяющих держать ситуацию под контролем,

имеет непосредственное отношение к общественному здравоохранению.

В 1996 году в Китае впервые появился агрессивный высокопатогенный вариант вируса птичьего гриппа, получивший обозначение H5N1. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО), к 2003 году ситуация переросла в глобальную проблему — происшедшие во всем мире вспышки заболевания привели к гибели миллионов цыплят и нанесли ущерб, исчисляемый миллиардами евро. Птицеводческая отрасль во всем мире несла потери,

**Решающее значение приобретает помощь, которую МАГАТЭ оказывает в оснащении лабораторий и обучении научных работников использованию методов быстрой диагностики, разработанных на основе изысканий в ядерной области.**

(Фото: Лаура Хиль Мартинес/МАГАТЭ)



и повсюду власти поспешно вводили меры контроля для ограничения распространения этой болезни. Особенно сильно пострадали мелкие фермеры и производители в Восточной и Юго-Восточной Азии.

Птичий грипп H5N1 — это зоонозная инфекция, а это означает, что вирус может передаваться людям, находящимся в тесном контакте с инфицированными птицами, и поражать их организм. Хотя общее число случаев передачи инфекции было относительно низким и устойчивая передача инфекции от человека к человеку не отмечалась, последствия для здоровья большинства инфицированных людей были тяжелыми. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в период с 2003 по 2020 год в 17 странах произошло всего 862 случая заражения людей птичьим гриппом H5N1, однако более чем половина этих случаев имела летальный исход.

Сегодня вирус H5N1 все еще активен во многих регионах, поэтому во всем мире действуют строгие меры контроля, чтобы предотвратить его распространение. Однако в любое время могут появиться новые агрессивные варианты вируса, способные нанести серьезный ущерб международной торговле, здравоохранению, международному туризму и поездкам, а также благосостоянию фермеров, занимающихся разведением птицы. Ученые активно ведут поиск новых решений, чтобы держать вирус под контролем.

## Вакцинация как часть решения проблемы

Помимо мониторинга заболеваемости среди сельскохозяйственных животных, важнейшую роль в сдерживании птичьего гриппа играет последовательное внедрение санитарных протоколов и других мер, таких как вакцинация. Вместе с тем большинство методов разработки вакцин являются весьма сложными и требуют много времени. Разрабатываемый в настоящее время в лабораториях МАГАТЭ и ФАО в Зайберсдорфе, Австрия, ядерный метод мог бы помочь ускорить разработку вакцин и повысить эффективность борьбы с новыми штаммами.

«В распоряжении МАГАТЭ имеются наиболее передовые ядерные ноу-хау. И в то же время мы обладаем большим опытом в области ветеринарной иммунологии, — говорит Джованни Каттоли, начальник Лаборатории животноводства и ветеринарии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. — Благодаря такому сочетанию наши лаборатории имеют все возможности для исследования и разработки вариантов новых и инновационных вакцин для животных».

В настоящее время изучается метод, предполагающий производство вакцин на основе инактивированных вирусов, то есть неспособных к заражению клеток и репликации. После введения таких безвредных вирусов в организм животного, иммунная система запоминает их характеристики и может обеспечить специфическую защиту от реальной инфекции.

## Быстрее и эффективнее

При инаktivации вирусов крайне важно сохранить их физическую структуру в неизменном состоянии, насколько это возможно. В этом случае иммунная система распознает их как вирусы и сможет эффективно реагировать на будущие вирусные инфекции. Ученые называют это свойство «антигенностью», и пытаются сохранить антигенность инактивированных вирусов для создания эффективных вакцин. С этой целью применяют облучение.

Распространенные стратегии производства вакцин предполагают использование химических или термических методов инаktivации. Это может приводить к повреждению вирусов и потере их антигенности. Воздействие на вирусы заранее определенных доз облучения может дать более надежный результат, так как этот метод позволяет лучше сохранить их структуру.

«Мы сохраняем структуру вирусного белка, используя точно дозированное излучение. В результате иммунная система сможет лучше распознавать инфекцию и более эффективно бороться с ней», — говорит Вискам Виджевардана, ведущий ученый МАГАТЭ в области иммунологии и разработки вакцин.

Используя метод облучения, мы в принципе можем сдерживать постоянно эволюционирующие вирусы и их новые штаммы быстрее и эффективнее, нежели чем с помощью методов, которые применяются в отрасли в настоящее время. В конечном итоге это поможет спасти не только большее число птиц, но, возможно, и сохранить жизни людей», — резюмирует Виджевардана. В настоящее время МАГАТЭ проводит эксперименты, чтобы выяснить, какие дозы облучения необходимы для производства эффективной вакцины.

После облучения вируса ученые МАГАТЭ используют электронную микроскопию для контроля его структурной целостности. Со временем собираемые в ходе таких экспериментов данные помогают сформировать представление о дозе излучения, которую необходимо использовать для получения оптимальных результатов. С помощью дальнейших тестов можно будет установить, позволяет ли вызванный этим прототипом вакцины иммунный ответ все так же распознавать и уничтожать инфекционный агент, тем самым защищая животных от болезни.

МАГАТЭ и ФАО будут публиковать результаты исследований в открытом доступе для сведения научного сообщества, которое сможет использовать эти данные для разработки и производства вакцин. В случае успеха предложенная стратегия позволила бы относительно быстро и экономически эффективно производить вакцины для борьбы с новыми вариантами вирусов. Она могла бы также способствовать борьбе с будущими вспышками птичьего гриппа и другими трансграничными болезнями животных и зоонозными заболеваниями.

# Ядерные методы помогают фермерам бороться со вспышками заразного узелкового дерматита в Азии

Михаэль Амди Мадсен

В последние четыре года болезнь, которая когда-то встречалась только в жарком и влажном климате Африки, впервые начала появляться в различных частях Азии и Европы. Стремительное распространение заразного узелкового дерматита — заболевания, поражающего скот и приводящего к его истощению, а иногда и к смерти — столь же загадочно, как и тревожно.

Лаборатории МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) оказывают поддержку азиатским странам в диагностике заразного узелкового дерматита и выявлении различных генетических штаммов этого заболевания. Такая работа является обязательным условием для принятия эффективных мер по борьбе с повсеместным распространением этой болезни животных.

ФАО указывает на то, что эта болезнь наносит значительный экономический ущерб фермерам, а официальные органы несут дополнительные расходы в связи с необходимостью организации мер по профилактике и контролю. По оценкам ФАО, произошедшая в 2016–2017 годах вспышка узелкового дерматита на Балканах непосредственно обошлась пострадавшим странам в более чем 20 млн евро, потраченных на вакцинацию, выплату компенсаций за выбракованных и погибших животных и мероприятия по обеззараживанию путем аэроfumигации. Экономические убытки от гораздо более масштабной вспышки этого заболевания в Азии еще только предстоит подсчитать.

## В центре внимания — пути распространения болезни

Механизм распространения заразного узелкового дерматита — получившего свое название из-за характерных бугорков, которые образуются на коже инфицированного крупного рогатого скота, — изучен лишь частично. В ходе предыдущих вспышек в Африке и на Ближнем Востоке в качестве переносчиков этого заболевания были определены различные виды мух, однако существуют подозрения, что другие пути его передачи связаны с перемещением инфицированных животных и зараженных продуктов животного происхождения, таких как сперма или молоко.

«Мы должны еще раз обстоятельно изучить вопрос о том, каким образом может распространяться эта болезнь. У нас есть некоторое понимание того, как происходило ее распространение в Африке. При этом у нас есть только слабое представление о переносчиках этого заболевания в Европе, и мы теряемся в догадках, пытаемся установить,

какие переносчики вызывают его распространение в Азии», — говорит Джованни Каттоли, начальник Лаборатории животноводства и ветеринарии Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. Лабораторная группа поддерживает прямые контакты с лабораториями, исследователями и ветеринарными органами в Бангладеш, Бутане, Вьетнаме, Индонезии, Камбодже, Непале, Монголии, Мьянме, Таиланде и Шри-Ланке, помогая им понять пути происхождения и распространения вируса, вызывающего заразный узелковый дерматит, с помощью основанного на изысканиях в ядерной области метода полимеразной цепной реакции — того же самого метода, который используется во всем мире для выявления и анализа COVID-19 (см. инфографику на стр. 8).

Исходя из списка наиболее пострадавших стран, вероятным представляется путь распространения вируса из Северной Африки на Ближний Восток и в Европу, включая Российскую Федерацию. Затем он неожиданно появился в Китае и в Южной Азии. В итоге вирус распространился в многочисленных климатических зонах, и пока не установлено, как это могло произойти за столь короткий период времени.

«Вирус распространяется очень быстро, намного быстрее, чем ожидалось. Впервые он появился в Китае в 2019 году, и всего через год в Азии мы выявили несколько новых штаммов», — поясняет Каттоли.

Так или иначе, введенные в связи с пандемией глобальные ограничения на поездки вынудили МАГАТЭ адаптировать свой подход к оказанию помощи для сдерживания вспышки этой болезни. Когда заразный узелковый дерматит был впервые обнаружен в Болгарии в 2016 году, эксперты имели возможность выехать туда, чтобы провести расследование причин вспышки. В этот раз Каттоли и его команда взаимодействуют с партнерами в пострадавших азиатских странах в режиме онлайн, чтобы координировать оказание экстренной помощи в виде оборудования, реагентов и расходных материалов, а также расследовать вспышки этой болезни и проводить анализ проб, представленных в лабораторию ФАО-МАГАТЭ в Австрии. В рамках Сети лабораторий ветеринарной диагностики (ВЕТЛАБ) лаборатории в Азии могут обмениваться данными и результатами практически в режиме реального времени, а группа специалистов ФАО и МАГАТЭ может оперативно представлять замечания и предложения по поводу того, как страны могут усовершенствовать соответствующие рабочие процедуры.

## Правильная стратегия реагирования как залог успеха

Решающее значение для контроля за распространением вируса имеет быстрое принятие мер реагирования при обнаружении случаев этой болезни, включая убой, вакцинацию и ограничение перемещения скота. Когда в Европе началась вспышка этого вируса, изначально с ней пытались бороться путем убоя животных, однако это не находило понимания у фермеров. В конечном счете ликвидировать вирус в этом регионе помогли вакцинация и введенные ограничения на перемещение, однако еще предстоит проверить, насколько существующие вакцины эффективны против новых азиатских штаммов.

«Для экономии средств и поддержания эффективности работы крайне важно убедиться в том, что вы правильно выбрали вакцину — ведь не подходящая для конкретного варианта вируса вакцина может лишь усугубить проблему», — продолжает Каттоли, объясняя, что менее оптимальная вакцина может привести к появлению новых штаммов и увеличению продолжительности вспышки и

расширению ареала распространения заболевания. МАГАТЭ сотрудничает с региональным отделением ФАО в Таиланде в целях оказания поддержки азиатским странам в области гарантий качества и обеспечения эффективности вакцин против распространяющихся в регионе вирусных штаммов.

Бездействие может вылиться в тяжелые экономические последствия. Заразный узелковый дерматит — это заболевание, внесенное в перечень Всемирной организации по охране здоровья животных (МЭБ), поэтому если в какой-либо стране произойдет вспышка этого заболевания, экспорт крупного рогатого скота может быть остановлен. К тому же это заболевание больше всего угрожает благосостоянию сельских сообществ и деревенских жителей. «У них мало животных, и поэтому в экономическом плане и в плане питания они могут быть особенно зависимы от таких продуктов животного происхождения, как молоко. В нынешнее и без того непростое время этот появившийся в дополнение ко всем прочим бедам вирус становится тяжелым бременем», — подытоживает Каттоли.

**Заразный узелковый дерматит, зона распространения которого когда-то ограничивалась Африкой, за последние четыре года впервые был обнаружен в различных частях Азии и Европы. Механизмы его переноса в Азии изучены еще не до конца.**

(Фото: Миклош Гашпар/МАГАТЭ)



# Как положить конец африканской чуме свиней

## Защита путем обнаружения

Пуджа Дая

Для многих 2018 год ассоциируется с зимней Олимпиадой в Южной Корее или британской королевской свадьбой принца Гарри и Меган Маркл, но для китайских свиноводов этот год запомнился прежде всего приходом африканской чумы свиней (АЧС). В том году на китайских свинофермах произошла вспышка этой болезни, некогда эндемичной только для Африки к югу от Сахары, что привело к гибели или санитарному убою более четверти мирового поголовья домашних свиней. По оценкам декана Колледжа животноводства и зоотехнологии при Китайском сельскохозяйственном университете в Пекине, через год после своего появления АЧС нанесла Китаю прямой ущерб в размере более триллиона юаней (141 млрд долл. США) и вызвала рост цен на свинину в стране на 85%.

Китай, вторая по величине экономика мира, смог противостоять продолжающейся вспышке АЧС, однако это удастся не всем странам. МАГАТЭ в сотрудничестве с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) тесно сотрудничает с Китаем, а также с Вьетнамом, Индонезией, Камбоджей, Малайзией, Монголией, Мьянмой и Таиландом в Азии и Буркина-Фасо,

Мали, Намибией, Нигерией и Сенегалом в Африке в вопросах использования ядерных методов для создания механизмов раннего обнаружения АЧС и контроля ее распространения, что позволяет спасти свиней и не дает фермерам разориться.

«Если мы сумеем сдержать распространение этой болезни, то мы сможем ограничить убой больных свиней, наносящий огромный урон экономикам стран, которые в значительной степени зависят от животноводства и торговли», — говорит Шарль Элож Ламьен, специалист-куратор по вопросам ветеринарии в Совместном центре ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. Последние 15 лет он обучает экспертов отбору проб и точному обнаружению АЧС в их странах.

В Китае свинина является основным ингредиентом традиционной кухни, и рост цен на свинину заставил некоторых потребителей обратиться к мясу диких животных как к более дешевой альтернативе. Оно продается на традиционных продовольственных рынках, где человек может подхватить от животных неизвестные зоонозные инфекции. «После того, как АЧС будет взята под контроль,

**Африканская чума свиней, трансграничная болезнь животных, является причиной смерти миллионов домашних и диких свиней.**

(Фото: Л. Мартинес/МАГАТЭ)



снизится также потребление мяса диких животных, которые являются разносчиками зоонозных заболеваний», — говорит Ламьен.

АЧС, болезнь, вызываемая вирусом АЧС (ВАЧС), возникла у диких свиней, но затем перешла к домашним. Вторичными переносчиками являются клещи, зараженные мясные продукты и продукты убоя. Хотя АЧС не является зоонозной болезнью, таковыми являются около 70% инфекционных заболеваний, и поэтому особенно важно остановить распространение потенциальных зоонозов (подробнее о подходе «Единое здоровье» читайте на стр. 30).

## Раннее обнаружение — меньший урон

Поскольку от АЧС нет ни вакцины, ни лечения, большое значение для борьбы с ней имеет раннее обнаружение. «Предоставление лабораториям возможности как можно скорее обнаруживать АЧС — это наиболее эффективный способ принять соответствующие меры по сдерживанию вируса, чтобы не дать ему распространиться по стране или даже в другие страны», — поясняет Ламьен. Ядерные методы позволяют ученым обнаружить вирус, отследить место его происхождения и определить механизм его передачи.

С 2012 года Лаборатория животноводства и ветеринарии ФАО/МАГАТЭ работает над проблемой АЧС, разрабатывая так называемые инструменты синдромного надзора, обеспечивающие сбор, анализ и интерпретацию данных для создания системы раннего предупреждения заболевания, а также определяя характеристики вируса из разных стран. В настоящее время известно 24 варианта ВАЧС. Понимание их различных характеристик позволяет экспертам определить, как связаны между собой вспышки АЧС, обнаруживались ли вызвавшие их штаммы ВАЧС раньше в той или иной стране и откуда они могли там появиться.

В 2019 году МАГАТЭ в партнерстве с ФАО помогло обследовать страны Азии, входящие в группу риска, такие как Вьетнам, Камбоджа, Лаос, Монголия и Таиланд, чтобы выявить вирус на достаточно ранней стадии, снизить вероятность развития новых штаммов и защитить свиноводческую отрасль этих стран. Шарль Элож Ламьен надеется таким же образом помочь и другим странам и оказывает им содействие в работе по определению характеристик ВАЧС, вспышки которых происходили недавно.

Сеть лабораторий ветеринарной диагностики ФАО/МАГАТЭ (ВЕТЛАБ), в которую входят лаборатории из стран Африки и Азии, помогает вести эту работу путем обмена опытом и методами использования технологий, основанных на изысканиях в ядерной области, для отслеживания ВАЧС. Используются такие методы, как твердофазный иммуноферментный анализ, полимеразная цепная



**Африканская чума свиней — это высококонтагиозная болезнь, которая может иметь разрушительные последствия для владельцев небольших свиноводческих хозяйств.**

(Фото: Л. Мартинес/МАГАТЭ)

реакция (ПЦР), ПЦР в реальном времени (см. инфографику на стр. 8) и молекулярное секвенирование.

Обнаружив инфицированных АЧС свиней на ранней стадии, ученые могут отделить их от неинфицированных свиней и предотвратить распространение болезни через границы стран. Так произошло в Индонезии в 2020 году.

«После проведения расследования и получения подтверждения инфицирования животных местные органы власти запретили перемещение зараженных свиней, продуктов свиноводства и материалов», — говорит Ни Лух Путу Инди Дармаянти, директор Индонезийского исследовательского центра ветеринарии.

Когда обнаруживается новый тип вируса, эксперты могут проанализировать его геном, чтобы оценить тяжесть заболевания. Например, в 1961 году в Португалии был обнаружен генотип I вируса АЧС, который распространился по всей Европе. В 2007 году в Европе вновь появилась АЧС с генотипом II. Как показывает опыт, районы, эндемичные по АЧС, подвержены повторному заражению новыми штаммами вируса. Поскольку наиболее распространенными вариантами, выявляемыми за пределами Африки, являются генотипы I и II, ядерные методы позволяют быстро обнаружить их и остановить как передачу болезни, так и развитие новых вариантов.

# «Единое здоровье»: на благо людей и окружающей среды

Текущая ситуация высветила взаимосвязь глобальных проблем, таких как пандемия COVID-19 и изменение климата, и сделала очевидной необходимость рассматривать защиту здоровья человека и охрану окружающей среды как единое целое. Чтобы лучше понять, что делают для этого другие организации, мы взяли интервью у Генерального директора Всемирной организации по охране здоровья животных (МЭБ) Моник Элуа, которая пропагандирует подход «Единое здоровье» в общественном здравоохранении.



**В основе «Единого здоровья» лежит представление о том, что люди, животные и окружающая среда тесно взаимосвязаны и взаимозависимы.**

— Моник Элуа, Генеральный директор Всемирной организации по охране здоровья животных

**Вопрос (В.): Что такое «Единое здоровье» и чем этот подход отличается от подходов, применявшихся в последние 50 лет?**

Ответ (О.): Веками люди признавали важность и занимались обеспечением взаимодействия между сферами здравоохранения, животноводства и охраны окружающей среды. Около 20 лет назад появилась концепция «Единое здоровье», предполагающая целостный и межотраслевой подход к разработке и осуществлению программ по обеспечению здоровья человека, а также программ, влияющих на здоровье животных и состояние окружающей среды. В свете кризиса, вызванного гриппом в 2000-х годах, более недавних проблем, обусловленных устойчивостью к противомикробным препаратам (УПП), и вызванного COVID-19 кризиса необходимо продолжать придерживаться этого подхода.

В основе «Единого здоровья» лежит представление о том, что люди, животные и окружающая среда тесно взаимосвязаны и взаимозависимы. По оценкам, 60% существующих инфекционных заболеваний человека являются зоонозными, и по меньшей мере 75% новых инфекционных заболеваний происходят от животных. Для выживания людей и животных нужны здоровые экосистемы. Мы больше не можем думать о здоровье одной группы, не учитывая состояние здоровья других. Это осознание является принципиальным отличием от представлений, бытовавших в предыдущие 50 лет, согласно которым во главу угла ставилось только здоровье человека.

С 2010 года МЭБ взяла на себя обязательства по популяризации подхода «Единое здоровье» в рамках Трехстороннего альянса с Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) и Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ). У нас общие цели, мы вместе занимаемся профилактикой и контролем рисков для здоровья, а также распространением и популяризацией научной информации по таким темам «Единого здоровья», как УПП, бешенство и птичий грипп. Недавно Трехсторонний альянс расширился за

счет включения в него Программы ООН по окружающей среде и создал группу экспертов высокого уровня по концепции «Единое здоровье». Эксперты будут предоставлять консультации по вопросам долгосрочного глобального плана действий по предотвращению всплеск зоонозных заболеваний.

**В.: Изменение климата — это вопрос, влияющий на многие решения. Как климатический кризис влияет на «Единое здоровье» и усилия по борьбе со вспышками зоонозных заболеваний?**

О.: Из-за изменения климата болезни возникают чаще, что влияет на системы здравоохранения. Кроме того, из-за изменения климата чаще происходят экстремальные погодные явления, что напрямую влияет на здоровье животных. Так, повышение температуры повлияло на пространственно-временное распределение комаров и клещей — переносчиков трансмиссивных болезней.

Потеряв среду обитания в результате изменения климата, а также такой антропогенной деятельности, как добыча полезных ископаемых, сельское хозяйство и вырубка лесов, дикие животные вынуждены перемещаться на новые территории. В результате расширенного контакта диких животных с населенными пунктами или домашним скотом возможна передача патогенов. Странам необходимо наращивать потенциал по эпидемиологическому надзору за болезнями как людей, так и животных, а также взять на себя обязательства по улучшению охраны здоровья диких животных, чтобы обеспечить безопасность диких животных и их экосистем.

**В.: Пандемия COVID-19 наглядно показала недостаточную способность стран обнаруживать и контролировать вспышки зоонозных заболеваний. Как страны могут лучше подготовиться к вспышкам заболеваний в будущем?**

О.: Образование в области здравоохранения и ветеринарии должно включать как теоретическое, так и практическое изучение концепции «Единого здоровья». Вне университетских стен специалисты и руководители, работающие в системе здравоохранения, должны участвовать в проведении профессиональной подготовки и инициатив, способствующих межотраслевому сотрудничеству в области эпидемиологического надзора и выявления заболеваний.

Рамочная программа МЭБ по охране здоровья диких животных помогает странам снизить воздействие болезней на здоровье населения, скота и популяции диких животных, сохранив при этом экосистемные услуги, оказываемые дикой природой. В рамках этой концепции предполагается, чтоб принимающие решения лица будут содействовать сотрудничеству между службами здравоохранения и ветеринарии, а также органами, занимающимися вопросами дикой природы, для укрепления



эпидемиологического надзора за болезнями диких животных и предотвращения вспышек зоонозных заболеваний. Странам необходимо создать законодательную или нормативную базу для санитарного надзора за торговлей видами дикой флоры и фауны.

Страны должны также увеличить объем инвестиций в национальные ветеринарные службы, которые зачастую находятся в авангарде борьбы с зоонозными заболеваниями. Они играют ключевую роль в раннем выявлении заболеваний, возникающих на стыке «человек-животные-окружающая среда», однако они нуждаются в финансировании, профессиональной подготовке в целях создания потенциала и таких моделях регулирования, которые способствуют сотрудничеству в рамках инициативы «Единое здоровье».

Кроме того, для повышения устойчивости ветеринарных лабораторий, особенно тех, которые занимаются эпидемиологическим надзором, необходимы инвестиции в инфраструктуру ветеринарных служб. МЭБ в рамках своей инициативы «Устойчивые лаборатории», осуществляемой при поддержке министерства иностранных дел Канады, вместе со своими членами работает над тем, чтобы определить их потребности в организации и поддержании строгих лабораторных мер биобезопасности и биозащиты. В ходе проводимых МЭБ мероприятий по оценке эффективности работы инфраструктуры ветеринарных служб в области охраны здоровья животных постоянно выявляется потребность в помощи в модернизации оборудования лабораторий, передаче технологий и укрепления потенциала. МАГАТЭ активно участвует в удовлетворении этой потребности, имеющей важнейшее значение в глобальном масштабе.

Кроме того, Лаборатория животноводства и ветеринарии ФАО/МАГАТЭ является центром сотрудничества МЭБ по вопросам тИФА\* и молекулярных методов диагностики болезней животных. Важнейшими элементами реагирования на международный кризис в области здравоохранения являются создание лабораторного потенциала и передача технологий. Накопленный опыт реагирования на глобальные кризисы в области здравоохранения, консультации с экспертами, обследования и оценки в государствах-членах свидетельствуют о том, что при содействии укреплению потенциала лабораторий необходимо уделять большое внимание вопросу их устойчивости.

Лица, принимающие решения, должны в первую очередь сосредоточиться на разработке планов управления чрезвычайными ситуациями. У большинства членов МЭБ есть национальные планы действий в чрезвычайных ситуациях, однако большинству членов не хватает ресурсов для организации мер реагирования на случай возникновения подобных ситуаций. Лидеры должны обязаться не только разработать планы для таких случаев, но и финансировать их.

### **В.: Как можно участвовать в «Едином здоровье»?**

О.: Граждане могут применять принцип «Единое здоровье» в своей жизни, если будут изучать взаимосвязь и взаимозависимость животных, людей и окружающей среды, а также понимать, как действия человека и меры политики могут влиять на здоровье животных и состояние окружающей среды. Если граждане потребуют надлежащего межотраслевого управления в сфере здравоохранения, политикам придется сделать «Единое здоровье» приоритетом в законодательстве.

Помимо повышения собственной осведомленности, каждый из нас может предпринять определенные действия, чтобы помочь «Единому здоровью». Например, если в лесу вы увидели, что животные ведут себя странно, сообщите об этом соответствующим службам, поскольку это может свидетельствовать о вспышке заболевания среди животных. Что касается устойчивости к противомикробным препаратам, то люди должны использовать антибиотики только по назначению медицинского работника для лечения самих себя и своих домашних или сельскохозяйственных животных. Это помогает предотвратить распространение лекарственно устойчивых бактерий. Например, владельцы собак могут проявить ответственность и не подвергать риску заражения бешенством своих питомцев, а также прививать их.

Поскольку пассажирские и грузовые перевозки растут, можно разобраться в том, каков ваш углеродный след и как ваши действия влияют на окружающую среду, животных и окружающих. Каждый отдельный шаг приближает планету к более здоровому будущему.

---

\* *Твердофазный иммуноферментный анализ*

# Роль искусственного интеллекта и медицинской визуализации в борьбе с зоонозными заболеваниями

Георг Лангс



Георг Лангс — руководитель исследовательской лаборатории вычислительной визуализации на кафедре биомедицинской визуализации и терапии с визуальным контролем Венского медицинского университета. Профессор и исследователь в области искусственного интеллекта и его применения в медицине, а также член исследовательской группы

«Медицинское зрение» при лаборатории информатики и искусственного интеллекта Массачусетского технологического института (МТИ).

**М**ашинное обучение (МО) — развивающаяся сфера искусственного интеллекта (ИИ) — используется для решения сложных задач с помощью компьютеров, но не путем использования заранее запрограммированных решений, а путем создания моделей, которые могут учиться на примерах. В последние годы этот подход достиг больших успехов. Теперь модели МО могут распознавать людей и предметы на изображениях, понимать, переводить и воспроизводить устную речь, а также определять неявные взаимосвязи в биологических данных. Став более эффективными, эти модели вошли в нашу повседневную жизнь.

В сфере здравоохранения модели МО играют все более важную роль в точной медицине: с их помощью принимаются решения о лечении на основании данных медицинской визуализации (например компьютерной томографии (КТ), магнитно-резонансной томографии (МРТ), позитронно-эмиссионной томографии (ПЭТ) и рентгенографии), геномики и других объективных клинических показателей. Выявляя неочевидные закономерности, признаки развития болезни и реакцию на лечение, модели могут предсказывать риски и будущее течение болезни у отдельных пациентов. В медицине модели МО позволяют проводить новые измерения и количественные наблюдения, а также получать ранее не известную информацию о болезни.

Модели МО позволили выявить новую динамику заболеваний легких, связанную с течением болезни и реакцией организма. С помощью МО можно измерить незначительные изменения в легочной ткани и ее визуализационных характеристиках, составив на основании этого новую номенклатуру признаков

болезни. Эти признаки образуют комплекс различных взаимосвязей, регулярно наблюдаемых у разных пациентов. Их постепенное изменение позволяет лучше понимать болезнь и с большей точностью прогнозировать риск для отдельных пациентов. Кроме того, МО позволяет учитывать дополнительную информацию, полученную с помощью методов визуализации, и сведения о сопутствующих заболеваниях, чтобы повысить точность прогноза для отдельных пациентов.

МО становится инструментом исследований и открытий в медицине, поскольку оно позволяет определять закономерности даже в разрозненных явлениях. Вместе с тем, хотя мы и понимаем принципы прогнозирования, мы лишь начинаем постигать принципы воспроизведения основанной на этих моделях механики биологических процессов, лежащих в основе болезни и реакции на лечение. В ближайшие годы можно ожидать значительного прогресса в этой области.

## Роль медицинской визуализации и машинного обучения

Медицинская визуализация, используемая вместе с МО, позволяет получить точное представление о фенотипическом многообразии болезни у отдельных пациентов и ее индивидуальном течении. Она дополняет другие методы наблюдения, такие как характеристика вирусов, геномное и эпигеномное профилирование и протеомика, а также результаты лабораторных исследований, которые отражают системные процессы. В ходе плановых обследований генерируется огромный объем данных медицинской визуализации. По мере расширения нашего понятийного аппарата использования этой информации вычислительные модели позволяют нам получить точное представление о вариабельности заболевания, новых клинически значимых фенотипах и взаимосвязи между конкретным пациентом, болезнью и лечением.

Во время пандемии COVID-19, спустя всего несколько недель после описания возбудителя, были опубликованы проявления, обнаруженные на рентгенограммах и снимках КТ грудной клетки, которые были признаны весьма характерными для COVID-19, в отличие от относительно неспецифических клинических респираторных симптомов. На снимках были видны ранее не заметные особенности, и на ранней стадии пандемии КТ служила средством диагностики. По мере роста доступности тестирования роль КТ менялась от вспомогательного средства диагностики до способа получения информации для лечения и ведения отдельных пациентов.

Это обуславливает возможную роль ИИ в будущей борьбе с зоонозными заболеваниями, становящимися пандемией: раннее обнаружение нового фенотипа заболевания в клинической группе и эффективное руководство лечением пациентов уже на раннем этапе.

## Потенциал и цели искусственного интеллекта: а если прецедентов нет?

Проблема превращения зоонозной болезни в пандемию заключается в том, что, на первый взгляд, парадигма обучения на примерах тут неприменима. У нас нет многолетних наблюдений, на основании которых можно обучить машину, и мы не знаем, на что обращать внимание, когда мы пытаемся обнаружить вспышку нового заболевания или варианта уже существующего. Поэтому роль МО заключается в выявлении и определении взаимосвязей, наблюдаемых в гетерогенной группе пациентов.

Во-первых, МО все шире применяется для обнаружения аномалий — структур изображений, их конфигураций или их одновременного появления с результатами, не относящимися к визуализации. Такие методы, как генеративные состязательные сети могут изучать, как меняются изображения в контролируемой группе, так что становится возможным обнаружение новых проявлений или особенностей даже при отсутствии маркированных обучающих данных. В настоящее время это используется для расширения уже существующего набора маркеров, но это может привести также и к выявлению новых фенотипов.

Во-вторых, модели МО могут помочь лучше понять взаимосвязь между наблюдаемыми характеристиками пациента, течением заболевания, а также потребностями в лечении и реакцией на него на основе ранних случаев заболевания в обычной группе до того, как была определена наилучшая практика. Это может помочь в определении эффективного лечения и подготовке руководящих принципов на ранней стадии пандемии.

## Извлеченные уроки: как достичь желаемой цели?

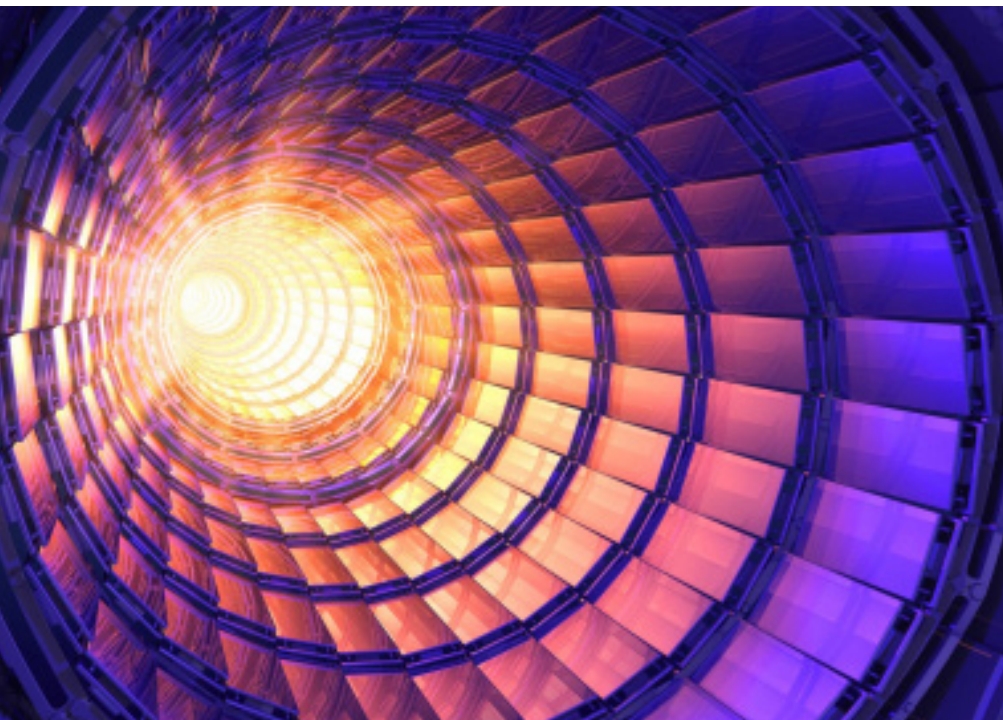
Чтобы обеспечить эффективное использование ИИ и визуализации для лечения зоонозных заболеваний в будущем, мы должны устранить несколько преград. Во время пандемии COVID-19 препятствия, мешающие оперативному обмену клиническими данными (и данными визуализации) и снижающие их доступность для исследовательского сообщества, крайне негативно отразились на эффективности и надежности созданных моделей МО. Нам необходимо собирать и отбирать такие данные в глобальном масштабе оперативным и транспарентным образом, чтобы сделать их доступными для исследовательского сообщества. Обмен данными и контрольными показателями оказывает каталитическое воздействие на скорость и качество разработки.

Что же касается методологических исследований, то мы должны наращивать наш потенциал по борьбе с факторами, вызывающими смещение в данных или искажающими их, вызванными неоднородностью и многообразием мира. Модели МО должны не просто воспроизводить результаты, но объективно отличать биологические взаимосвязи от неоптимальных и, возможно, предвзятых решений о лечении. Мы должны убедиться, что обучение моделей основано на всеобъемлющих наборах данных и служит на благо всего населения, не исключая отдельные сообщества, регионы или группы.

Наконец, мы должны работать с сообществом специалистов в области МО, чтобы помогать новаторам по всему миру, вдохновляя их на решение задач по превращению наблюдений в инструменты, которые помогут нам раньше обнаруживать новые зоонозные заболевания и лучше бороться с уже распространенными. Это сообщество может способствовать определению оптимальных и наиболее точных схем лечения отдельных пациентов и разработке подходов, позволяющих ускорить создание новых и инновационных методов лечения.



## Специальный доступ к программному обеспечению и данным АЯЭ/ОЭСР в области ядерной энергетики для государств — членов МАГАТЭ



Художественная визуализация процесса передачи ядерных данных.

(Фото: АЯЭ)

Благодаря специальной договоренности государствам — членам МАГАТЭ, не являющимся членами Агентства по ядерной энергии Организации экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР), был предоставлен доступ к широкому спектру пакетов программного обеспечения и баз данных АЯЭ/ОЭСР в области ядерной науки.

Согласно этой договоренности, в рамках которой ежемесячно обрабатывается более 25 запросов, государства — члены МАГАТЭ получают доступ к широкому спектру инструментов моделирования из Банка данных АЯЭ/ОЭСР для содействия национальной деятельности в области ядерной науки: от анализа состава отработавшего топлива до визуализации ядерных данных.

«Эта услуга помогает Национальной метрологической лаборатории ионизирующих излучений Бразилии (НМЛИИ) моделировать срабатывание средств измерения ионизирующего излучения, поскольку благодаря ей упрощается доступ к обновленным компьютерным кодам, — говорит Эвалду Симойнш да Фонсека из НМЛИИ. — Это моделирование является одним из шагов, необходимых для обеспечения

калибровки и прослеживаемости пучков излучения, которые используются в тысячах лечебных и диагностических процедур, ежегодно проводимых в Бразилии».

Банк данных АЯЭ/ОЭСР собирает, тестирует и распространяет более 1400 пакетов программного обеспечения, разработанных экспертами из более чем 40 стран, а также организует учебные курсы по широко используемым программам для расширения обмена ядерными знаниями и их сохранения. Эксперты, запрашивающие доступ, получают пакеты ПО на DVD.

Эти инструменты применяются в широком спектре дисциплин, от ядерной энергетики до медицины. Они включают обширную базу данных «Изотопный состав отработавшего топлива» (ИСОТ), в которой содержится подробная информация о составе различных видов отработавшего топлива, и базу данных и аналитическое инструментальное средство «Международный справочник по физике реакторов» (ИДАТ), который облегчает изучение динамики ядерных реакторов в зависимости от конфигурации активной зоны и других переменных.

«Банк данных АЯЭ/ОЭСР содержит множество крайне полезных баз данных и аналитических инструментальных средств, и вновь предоставленный доступ к ним для учреждений государств-членов является большим преимуществом для научного сообщества, — говорит заместитель Генерального директора МАГАТЭ и руководитель Департамента ядерной энергетики Михаил Чудаков. — Мы рассчитываем на продолжение этого плодотворного и взаимовыгодного сотрудничества».

Страны, не входящие в ОЭСР или АЯЭ/ОЭСР, могут воспользоваться этой услугой посредством Международной системы ядерной информации (ИНИС) МАГАТЭ. Она обеспечивает доступ ко всем пакетам данных, хранящимся в архивах Банка данных, за исключением разработанных в Соединенных Штатах Америки. Были разработаны руководящие принципы, помогающие государствам — членам МАГАТЭ запросить доступ к Банку данных.

«Предоставление услуг Банка данных государствам — членам МАГАТЭ, которые не состоят в АЯЭ/ОЭСР, является убедительным примером отличного сотрудничества между двумя организациями, — говорит Генеральный директор АЯЭ/ОЭСР Уильям Д. Магвуд IV. — Эта договоренность помогает реализовать миссию Банка данных АЯЭ/ОЭСР — содействовать международному обмену научными знаниями».

### Инициатива в отношении мирного использования ядерной энергии

Услуга оказывается при финансовой помощи Соединенных Штатов Америки в рамках Инициативы в отношении мирного использования ядерной энергии (ИМИ). С 2010 года предоставленные по линии ИМИ внебюджетные взносы используются для поддержки широкого диапазона деятельности МАГАТЭ, направленной на содействие достижению масштабных целей развития в государствах-членах.

— *Бабатунде Адигун*

## Повышение разнообразия, качества и устойчивости чайного куста на Шри-Ланке



Чай был завезен на Шри-Ланку британцами в 1820-х годах, а в 1867 году его стали выращивать на продажу. Сегодня именно чайная отрасль приносит стране основную часть валютной выручки, и прямо или косвенно в ней занято два миллиона жителей Шри-Ланки.

(Фото: Научно-исследовательский институт чая Шри-Ланки)

Прежде всего Шри-Ланка известна своим чаем. Выращивание цейлонского чая, начавшееся в XIX веке, сегодня представляет собой многомиллиардную отрасль, привлекающую инвестиции и туристов. Страна планирует расширить производство чая и улучшить его качество, но сталкивается с серьезными вызовами, связанными с изменением климата и растущей конкуренцией на мировом рынке. Посредством программы технического сотрудничества МАГАТЭ ученые Шри-Ланки теперь будут использовать ядерные технологии для преодоления этих трудностей путем повышения продуктивности чайных растений за счет увеличения генетического разнообразия.

Руководит этой работой Махасен А. Б. Ранатунга, руководитель и главный научный сотрудник отдела селекции растений Научно-исследовательского института чая Шри-Ланки. Его институт не перестает искать возможности выведения и выращивания новых сортов чая.

«Поскольку чай является завезенным на Шри-Ланку растением, его генетическое разнообразие здесь невелико, и, несмотря на огромные объемы производства чая, у нас есть всего семь региональных разновидностей чайного куста. Посредством сотрудничества с МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организацией Объединенных Наций (ФАО) мы надеемся использовать новые ядерные методы в дополнение к традиционным для того, чтобы увеличить разнообразие чая на нашем острове», — говорит Ранатунга. Улучшение генетического разнообразия важно, поскольку генетически разнообразные культуры более устойчивы к болезням и могут легче приспосабливаться к меняющимся погодным условиям.

### Стимулирование разнообразия

Ядерным методом, на который делает ставку Ранатунга, является индуцированный мутагенез одиночных

клеток — метод облучения одиночных растительных клеток при помощи радиоактивного источника. Использование облучения для выведения новых сортов растений не является чем-то новым, и оно успешно применяется во всем мире еще с 1950-х годов. Новация заключается в адаптации этого метода для культур, жизненный цикл которых составляет более двух лет, т. е. для многолетних растений.

«В регионе Азии и Тихого океана облучение часто применяется в отношении семенных культур, однако его использование для культур, которые не разводятся из семян, затруднено», — говорит Шоба Сивасанкар, руководитель Секции селекции и генетики растений Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. Выращивание новых растений из обрезков является более сложным, чем использование семян, и требует специальных знаний и оборудования. Команда Сивасанкара разрабатывает

процедуры, которые помогут экспертам со всего мира индуцировать генетическое разнообразие в многолетних и древесных культурах с помощью мутагенеза и регенерации одиночных клеток, при этом недавно была завершена важная работа в отношении кофе.

Метод заключается в использовании отдельных клеток таких частей чайного куста, которые обычно не используются для разведения, в том числе обрезки листьев. Эти клетки изолируют во взвешенной жидкой среде и облучают. Радиация вызывает генетические мутации, и затем, когда эти одиночные клетки «культивируются» (выращиваются и размножаются) в единую ткань, они являются генетически однородными. «Создание генетического разнообразия таким способом является менее сложным и более быстрым, чем традиционные методы культуры тканей», — объясняет Сивасанкар.

## Лицом к лицу с изменением климата

Временные рамки, предлагаемые ядерными технологиями, когда новый сорт чая может быть разработан всего за десять лет, имеют большое значение, поскольку чайная отрасль Шри-Ланки сталкивается с трудностями, которые могут лишить ее положения ведущего производителя этого одного из наиболее широко потребляемых напитков в мире (уступающего только воде).

«Традиционно одной из самых больших угроз, с которыми мы когда-либо

сталкивались, является болезнь, называемая экзобазидиоз чайного куста, но обычно она поражает только отдельные районы и в основном во время влажных сезонов. Нас беспокоит то, как повлияет на эту ситуацию изменение климата, в результате которого экзобазидиоз чайного куста станет более часто встречающимся и широко распространенным, что потенциально может сказаться на качестве нашего чая», — рассказывает Ранатунга.

«Некоторые сорта чая, которые мы надеемся вывести, смогут справиться с этими изменениями, особенно с перепадами влажности, высокими температурами и засухой», — добавляет он. Приоритетом Научно-исследовательского института чая Шри-Ланки в использовании индуцированного мутагенеза будет повышение урожайности, качества и устойчивости чая для смягчения силы воздействия этих обстоятельств.

Совместный центр ФАО/МАГАТЭ впервые оказывает поддержку проекту по совершенствованию культуры чая с использованием индуцированного мутагенеза. Результаты и уроки этого проекта могли бы помочь другим странам, которые рассматривают вопрос о расширении производства чая с использованием этого метода.

В Шри-Ланке изменение климата может иметь серьезные последствия для чая и пагубно повлиять на экономику страны. Для страны чай является главным источником иностранной валюты, и два миллиона жителей Шри-Ланки,

примерно 10% населения страны, прямо или косвенно заняты в чайной отрасли. Кроме того, до 70% производства чая в Шри-Ланке приходится на малые хозяйства, которые в меньшей степени способны противостоять последствиям изменения климата. Ранатунга говорит, что они определили на острове некоторые районы, где выращивают чай, которые, как они считают, могут быть уязвимы к изменению климата и серьезно от него пострадать.

В настоящее время принимаются соответствующие меры, и сотрудничество МАГАТЭ с Научно-исследовательским институтом чая Шри-Ланки в рамках программы технического сотрудничества в первую очередь предполагает оказание помощи в обучении персонала использованию и созданию установок для мутагенеза одиночных клеток. Николай Курильчик, сотрудник МАГАТЭ по вопросам управления программами в Шри-Ланке, говорит, что, несмотря на то, что из-за пандемии COVID-19 часть этого обучения пришлось перенести, благодаря помощи МАГАТЭ удалось создать соответствующие лаборатории для осуществления этого проекта, рассчитанного на четыре года.

«Для нас открылась хорошая возможность, и Шри-Ланка впервые применила подобный метод к многолетней культуре. Мы считаем, что это окажет далеко идущее воздействие на столь важную отрасль», — говорит Ранатунга.

— *Михаэль Амди Мадсен*

## Мексика: при помощи данных МАГАТЭ изучена миграция бабочек

База данных МАГАТЭ и использование методов стабильных изотопов позволяют ученым определить пути миграции некоторых насекомых, в том числе бабочек. В работе, недавно опубликованной в научном журнале «Дайверсити», группа ученых представила результаты исследования миграции шести видов бабочек из Канады и Соединенных Штатов Америки в Мексику. Это первое исследование

такого рода, которое позволило установить отправные точки и маршруты миграции нескольких видов бабочек в Мексике. На основе этих научных данных компетентные органы могут разработать стратегии защиты этих насекомых во время их путешествия.

«Знание того, откуда бабочки прилетают во время миграции, помогает обосновать стратегии сохранения, которые могут

потребоваться для защиты ресурсов в местах их размножения. А знание того, куда они улетают зимой, соответственно помогает защитить эти места обитания в то время, когда они там находятся», — говорит бывший руководитель Лаборатории изотопной гидрологии МАГАТЭ Леонард Вассенаар. — Связь между географическими местами обитания бабочек в течение их годового жизненного цикла без использования



Ученые изучили с помощью изотопов миграцию шести видов бабочек: *Libytheana carinenta*, *Danaus gilippus*, *Phoebis sennae*, *Asterocampa leilia*, *Euptoieta claudia* и *Zerene cesonia*. (Фотографии предоставили: С. Брайт, В. Чарни, Дж. Галлахер и Дж. Грин)

изотопных методов установить невозможно».

Исследование основано на измерении дейтерия — редкого изотопа водорода — непосредственно попадающего в организм животных и людей с дождевой водой. Поскольку дождевая вода и ее дейтериевый состав имеют уникальные характеристики той местности, где она выпала в виде осадков, содержание дейтерия в дождевой воде служит прямым маркером, который ученые могут использовать для определения происхождения отдельных животных, родившихся в разных районах, путем измерения содержания дейтерия в шерсти, крыльях, когтях, перьях или костях. У бабочек содержание дейтерия измеряется в крыльях; оно показывает, в каком районе родилось то или иное насекомое.

Хотя изотопы уже несколько десятилетий используются для точного определения маршрутов миграции некоторых насекомых, например бабочки данаида монарх (*Danaus plexippus*), схемы и пути миграции десятков других видов бабочек, насекомых и прочих мигрирующих животных в Мексике и других странах еще предстоит установить.

### Модели миграции бабочек: цепная миграция, перепрыгивающая миграция и панмиксия

Исследование показало, что четыре из шести видов бабочек летают зимовать с севера Соединенных Штатов Америки или с юга Канады в Мексику. Исследование позволило также получить дополнительную информацию о характере миграции этих видов бабочек.

Исследование показало, что бабочка вида *Libytheana carinenta* имеет самый длинный маршрут миграции и что ее миграция является «цепной». Это означает, что особи, родившиеся в северных районах субконтинента, остаются на зимовку в Мексике только после того, как бабочки, родившиеся в южных районах, уже мигрировали дальше на юг.

В отличие от *Libytheana carinenta* бабочка вида *Danaus gilippus*, по данным наблюдений, практикует «перепрыгивающую миграцию» в пределах субконтинента. Это означает, что родившиеся в южных частях субконтинента особи совершают

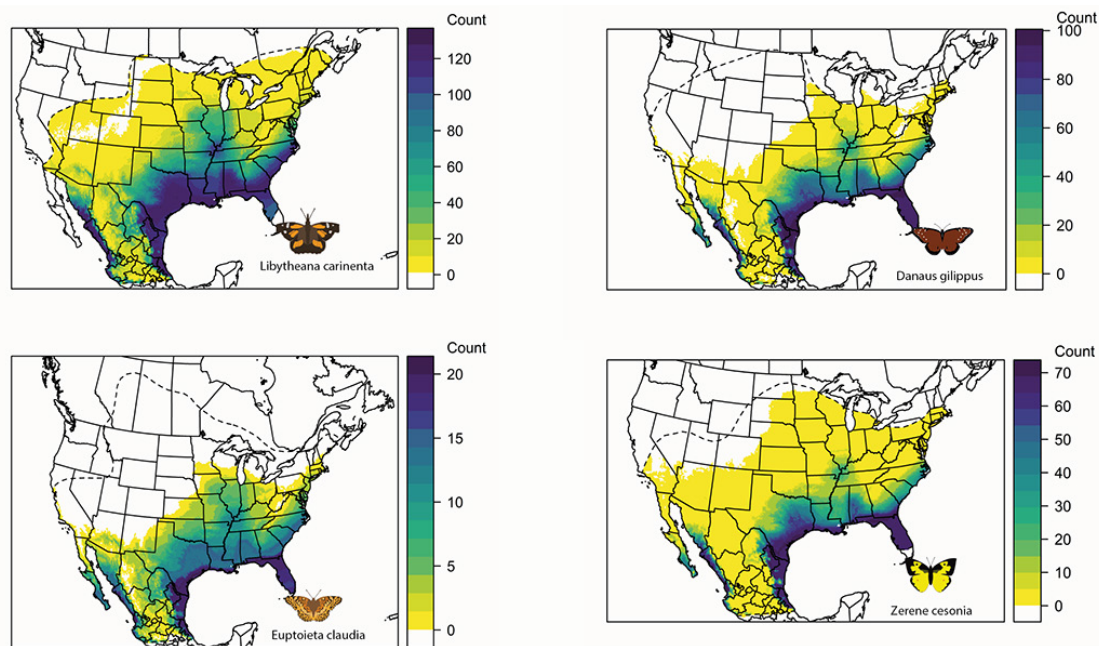
короткое путешествие на юг, в то время как их собратья, родившиеся на севере, на зиму улетают дальше на юг, как будто «перепрыгивая» через них.

Третий вид, бабочка *Zerene cesonia*, как было установлено, придерживается модели «панмиксии», что означает, что во время миграции особи из разных популяций перемешиваются и селятся вместе независимо от района происхождения.

### Определение мест рождения бабочек по их крыльям

Чтобы изучить маршруты миграции шести видов бабочек, ученые собрали образцы бабочек, сбитых проезжающими автомобилями на одной дороге в горной долине, где часто пролетает нескольких видов мигрирующих бабочек. Образцы собирались с сентября по ноябрь 2019 года. Для составления маршрутов миграции ученые определяли место рождения бабочек, проанализировав дейтерий в их крыльях и сравнив его с данными об изотопах в дождевой воде из базы данных МАГАТЭ.

«Этот тип исследования важен, потому что, с одной стороны, он помогает



Этим мигрантам расстояние не помеха: *Libytheana carinenta*, *Euptoieta claudia*, *Danaus gilippus* и *Zerene cesonia*. Чем темнее область на каждой карте, тем больше бабочек оттуда летит в Мексику.

(Изображение: Университет Западного Онтарио)

нам понять эволюцию поведения у животных и насекомых, а с другой стороны, с точки зрения их защиты, он помогает нам предсказать, какие популяции могут быть более подвержены

негативному воздействию различных событий на маршрутах миграции, таким как погодные явления, столкновения с автомобилями и потеря среды обитания», — отмечает Кейт Хобсон,

исследователь из Университета Западного Онтарио в Канаде и одна из соавторов данного исследования.

— *Андреа Галиндо*

## МАГАТЭ безвозмездно передало Молдове специализированный грузовой автомобиль для укрепления физической безопасности перевозок

МАГАТЭ на безвозмездной основе передало Молдове специализированный грузовой автомобиль для обеспечения безопасной и надежной перевозки радиоактивных источников в назначенные специализированные хранилища в рамках поддержки усилий этой страны по укреплению национальной инфраструктуры физической ядерной безопасности.

«В последние годы сохранность радиоактивных материалов выделяется в качестве ключевого приоритета для Молдовы, особенно в связи с определением места нахождения и обеспечением сохранности бесхозных источников, т. е. источников, которые были утеряны, пропали или вообще

никогда не ставились на регистрацию, и их перевозкой в безопасные хранилища, — говорит Юлиан Джиска, директор Национальной компании по обращению с радиоактивными отходами Молдовы. — Частью работы в этой области является обеспечение того, чтобы после определения места нахождения этих источников их можно было безопасно и надежно перевезти в назначенные хранилища. Поэтому этот специализированный грузовой автомобиль имеет для нас жизненно важное значение».

В Молдове имеется ряд радиоактивных источников, а также небольшие количества ядерного материала, которые используются в медицинских и

промышленных применениях, а также в исследовательских целях. Посредством своей программы технического сотрудничества МАГАТЭ оказывает помощь Молдове в связи с внедрением ядерной науки и технологий, и ключевое значение в рамках этой работы имеет обеспечение безопасности и сохранности источников во время их использования и хранения.

По оценкам, ежегодно в мире совершается около 20 миллионов перевозок радиоактивных материалов. МАГАТЭ оказывает помощь правительствам и заинтересованным сторонам во всем мире в расширении их возможностей по обеспечению безопасности и сохранности ядерного





**Этот безвозмездно переданный автомобиль имеет улучшенные характеристики, что будет способствовать укреплению Молдовы ее возможностей в области обеспечения физической безопасности при перевозке.**

(Фото: Д. Сиргедас/«Полимастер»)

и другого радиоактивного материала во время перевозки, использования и хранения.

По просьбе правительства Молдовы эксперты МАГАТЭ посетили страну в 2018 году для оценки ее потенциала в области безопасного использования, хранения и перевозки радиоактивного материала. Впоследствии эксперты рекомендовали приобрести специализированный грузовик для обеспечения безопасной и надежной перевозки радиоактивных источников.

Технические требования к автомобилю были подготовлены МАГАТЭ в тесном сотрудничестве с конечным пользователем (Национальной компанией по обращению с радиоактивными отходами Молдовы), национальным ядерным органом и международными экспертами. «Современная система обеспечения физической безопасности этого автомобиля включает в себя новейшие средства обнаружения, барьеры задержки, комплексы отслеживания и связи, что существенно укрепит возможности Молдовы в области обеспечения физической безопасности перевозок», — говорит Давид Ладсу, руководитель Группы по обеспечению физической безопасности при перевозке в МАГАТЭ. После завершения спецификации МАГАТЭ закупило автомобиль и безвозмездно передало его правительству Молдовы. Финансирование закупки грузовика и организации соответствующего обучения персонала было предоставлено правительством

Германии через Фонд ядерной безопасности МАГАТЭ.

Автомобиль оборудован для работы в тяжелых погодных и дорожных условиях и полностью соответствует требованиям Европейского союза в отношении безопасности перевозки и международному руководству по обеспечению физической безопасности при перевозке.

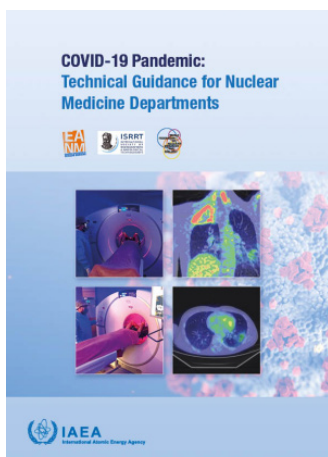
«Безвозмездная передача специального автомобиля — это только один пример того, как МАГАТЭ помогает государствам-членам укреплять их национальные режимы физической защиты при перевозке ядерного и другого радиоактивного материала, — объясняет Елена Буглова, директор Отдела физической ядерной безопасности МАГАТЭ. — Такая поддержка помогает международному сообществу защитить людей, имущество и окружающую среду от злоумышленных действий, которые могут иметь место во время перевозки».

МАГАТЭ также помогает Молдове в подготовке проекта регулирующих положений в области физической безопасности при перевозке и организации учебных курсов для персонала соответствующих официальных органов. Вслед за успешным проведением в начале этого года в Румынии семинара-практикума, посвященного учениям по обеспечению физической безопасности при перевозке, с 10 по 13 мая 2021 года был организован

региональный семинар по этой же теме в поддержку координации между Молдовой и Румынией в отношении трансграничных перевозок радиоактивных источников. Значение обеспечения физической безопасности при перевозке будет освещаться на Международной конференции МАГАТЭ по безопасной и надежной перевозке ядерных и радиоактивных материалов, которая пройдет в Вене, Австрия, 13–17 декабря 2021 года. Цель конференции — помочь государствам — членам МАГАТЭ углубить понимание вопросов, касающихся безопасности перевозок, обеспечения физической безопасности при перевозке и взаимосвязей между ними.

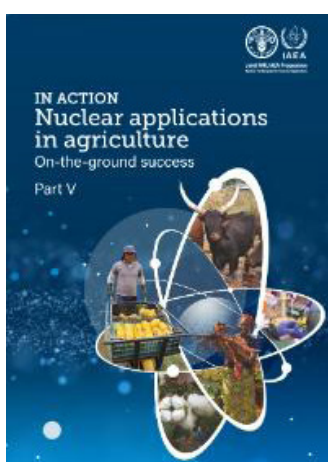
Кроме того, в документах «Security of Radioactive Material in Transport» («Обеспечение сохранности радиоактивного материала при перевозке») (IAEA Nuclear Security Series No. 9-G (Rev. 1)) и «Security of Nuclear Material in Transport» («Физическая безопасность ядерного материала при перевозке») (IAEA Nuclear Security Series No. 26-G), версии которого есть также на арабском и французском языках, МАГАТЭ предлагает разработанные на основе международного консенсуса руководящие материалы по всем аспектам физической ядерной безопасности, включая обеспечение физической ядерной безопасности при перевозке.

— Сара Генри Болт



**«COVID-19 Pandemic: Technical Guidance for Nuclear Medicine Departments» («Пандемия COVID-19: технические руководящие материалы для отделений ядерной медицины»)**

посвящена мерам профилактики и контроля инфекционных заболеваний, которые должны учитываться при выполнении всех действий, необходимых для проведения диагностических и терапевтических процедур в сфере ядерной медицины. В публикации приводятся подробные указания относительно соответствующей корректировки всех этапов оказания услуг ядерной медицины, от составления расписания до подготовки отчетов, во время пандемии COVID-19. При том, что во многих учреждениях существуют внутренние руководства для практикующих врачей и специалистов по визуализации, данные рекомендации будут полезны отделениям ядерной медицины, заинтересованным в разработке или совершенствовании своих подходов.



**«In action — Nuclear applications in agriculture: On-the-ground success, Part V» («Практические примеры — Ядерные применения в сельском хозяйстве: успехи на местах, часть V»)**

рассказывает об успехах партнерства МАГАТЭ и Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) в рамках Совместного центра ФАО/МАГАТЭ по ядерным методам в области продовольствия и сельского хозяйства. Применение инновационных технологий Совместного центра ФАО/МАГАТЭ помогает странам в решении глобальных проблем, в том числе в борьбе с пандемией COVID-19. Этот и другие новостные материалы включены в данную публикацию, выходящую раз в два года, которая посвящена совместной работе МАГАТЭ и ФАО, направленной на повышение продовольственной безопасности и улучшение питания во всех его формах; защиту, восстановление и содействие рациональному использованию ресурсов наземных и морских экосистем, а также противодействие изменению климата; борьбу с бедностью в сельских районах и содействие инклюзивному экономическому росту; поощрение устойчивых моделей потребления и производства посредством устойчивых и инклюзивных цепей поставок.

За дополнительной информацией и для заказа книг  
просьба обращаться по адресу:

Группа маркетинга и сбыта (Marketing and Sales Unit)  
International Atomic Energy Agency  
Vienna International Centre  
P.O. Box 100, A-1400 Vienna (Austria)  
Эл. почта: [sales.publications@iaea.org](mailto:sales.publications@iaea.org)



# SCIENTIFIC FORUM

NUCLEAR SCIENCE FOR HEALTH



**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

*Атом для мира и развития*

2021

#ATOMS4HEALTH

Читайте этот и другие выпуски Бюллетеня МАГАТЭ в интернете по адресу  
[www.iaea.org/es/bulletin](http://www.iaea.org/es/bulletin)

С более подробной информацией о МАГАТЭ и его работе можно ознакомиться на сайте  
[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

или на наших страницах

