



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

Атом для мира и развития

Совет управляющих
Генеральная конференция

GOV/INF/2021/32-GC(65)/INF/6

Общее распространение

Русский

Язык оригинала: английский

Для служебного пользования

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ — 2021

Доклад Генерального директора

Для служебного пользования

Пункт 18 предварительной повестки дня Конференции
(GC(65)/1 и Add.1)

Международное состояние и перспективы ядерной энергетики — 2021

Доклад Генерального директора

Резюме

- В резолюции GC(50)/RES/13 Генеральной конференции Секретариату было предложено представлять на двухгодичной основе начиная с 2008 года всеобъемлющий доклад о международном состоянии и перспективах ядерной энергетики. В резолюции GC(60)/RES/12, изданной в сентябре 2016 года, Генеральная конференция предложила Секретариату в дальнейшем, начиная с 2017 года, издавать публикацию «Международное состояние и перспективы ядерной энергетики» на 4-летней основе. Настоящий доклад представляется во исполнение резолюции GC(60)/RES/12.

Международное состояние и перспективы ядерной энергетики — 2021

Доклад Генерального директора

А. Экологически чистая энергия на службе климата и развития: социально-экономический контекст

А.1. Меняющиеся условия

1. Со времени публикации доклада «Международное состояние и перспективы ядерной энергетики — 2017» (документ GOV/INF/2017/12-GC(61)/INF/8) на национальном и международном уровнях произошли значимые события, которые подтвердили роль ядерной энергетики в смягчении последствий изменения климата и достижении целей устойчивого развития. В настоящем разделе говорится о некоторых из наиболее крупных событий, повлиявших на состояние и перспективы ядерной энергетики.

А.1.2. События на международном уровне

2. В мире растет осознание того, что без доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех (цель Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития (ЦУР) 7) невозможно достичь практически ни одной из других 16 ЦУР. В ЦУР, принятых мировыми лидерами в сентябре 2015 года, содержится призыв ко всем странам мобилизовать усилия для того, чтобы к 2030 году покончить со всеми формами нищеты, преодолеть неравенство и решить проблему изменения климата. Эти усилия неразрывно связаны с реализацией стратегий, предусматривающих экономический рост и удовлетворение социальных потребностей, в том числе в области образования, здравоохранения, социальной защиты и занятости, наряду с решением проблемы изменения климата и охраной окружающей среды. Как указывает Департамент Организации Объединенных Наций по экономическим и социальным вопросам (ДЭСВ ООН), выполняющий роль секретариата ЦУР, ЦУР 7 исключительно важна для достижения практически всех остальных ЦУР, «от ликвидации нищеты за счет улучшения ситуации в области здравоохранения, образования, водоснабжения и индустриализации до смягчения последствий изменения климата». Об этом же неоднократно говорило Международное энергетическое агентство (МЭА) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), которое в марте 2018 года заявило, что «энергетика составляет стержневой элемент многих из этих целей в области устойчивого развития — от расширения доступа к электроэнергии до создания более экологичного топлива для приготовления пищи, от сокращения расточительных субсидий в энергетике до борьбы со смертоносным загрязнением атмосферы, от которого преждевременно умирают миллионы людей на планете».

3. Оценки того, какого количества выбросов диоксида углерода (CO₂) удалось реально избежать за последние 50 лет благодаря использованию ядерной энергетики, варьируются в диапазоне от 70 гигатонн (Гт) до 78 Гт — в зависимости от того, какие технологии использовались бы, если бы не были построены атомные электростанции (АЭС). Рассчитать объем предотвращенных выбросов благодаря нынешнему парку АЭС непросто, поскольку круг альтернатив ядерной энергетике широк — от газа до сочетания газа с возобновляемыми источниками энергии. В период с 1970 по 2010 год очевидными альтернативами ядерной энергетике были нефть и уголь, а позднее — газ. Страны, широко использующие энергию атома, такие как Франция и Швеция, смогли декарбонизировать свою структуру производства электроэнергии за два-три десятилетия. В 2019 году на долю ядерной энергетики пришлось 10,4% произведенной в мире электроэнергии — 2657 тераватт-часов (ТВт·ч) низкоуглеродного электричества. Если бы такой объем был произведен с помощью газа, выбросы CO₂ составили бы около 1,5 Гт. Анализ жизненного цикла технологий электрогенерации показывает, что ядерная энергетика относится к числу самых низкоуглеродных технологий, наравне с гидроэнергетикой и энергией ветра. В предстоящие десятилетия использование энергии атома останется одним из главных путей к декарбонизации электроэнергетического сектора, наряду с энергией ветра и фотоэлектрической энергией.

Углеродный след

Роль ядерной энергетики

Ядерная энергетика помогла избежать выбросов

70 Гт-78 Гт CO₂ за последние 50 лет.

4. Признание международным сообществом той существенной роли, которую играет ядерная энергетика в смягчении последствий изменения климата и обеспечении устойчивого развития, неуклонно растет. Многие национальные и международные организации проанализировали потребности, связанные с декарбонизацией энергосистемы в порядке достижения целей Парижского соглашения, и многие из их сценариев предусматривают значительное наращивание мировых ядерно-энергетических мощностей, в том числе все четыре иллюстративных сценария, описанных Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК) в опубликованном ею в 2018 году «Special Report on Global Warming of 1.5°C» («Специальном докладе о глобальном потеплении на 1,5°C»). И действительно, для достижения цели в 1,5°C четыре иллюстративных сценария МГЭИК требуют увеличения ядерно-энергетических мощностей к 2050 году на 60–500%. В то же время ядерная энергетика все чаще рассматривается как важный способ удовлетворения растущего спроса на энергоресурсы и повышения уровня жизни в развивающихся странах без наращивания объема выбросов парниковых газов (ПГ). Согласно сценарию устойчивого развития МЭА, опубликованному в его издании «World Energy Outlook 2019» («Обзор мировой энергетики — 2019»), ядерная энергетика должна шагнуть далеко за пределы своих исторических рынков и прийти в страны-новички, в том числе в развивающиеся страны, а также за пределы энергетического сектора, чтобы у нашей планеты появился реальный шанс на достижение целей в области изменения климата, а также других ЦУР, имеющих отношение к энергетике.

Сценарии МГЭИК

Роль ядерной энергетики

Для достижения цели в 1,5°C
4 иллюстративных сценария МГЭИК

требуют увеличения мощностей на

 **60-500%**
к 2050 году.

5. В октябре 2019 года Агентство организовало свою первую Международную конференцию по изменению климата и роли ядерной энергетики. На этот форум, объединивший более 500 участников из 79 государств-членов и 17 международных организаций, впервые в истории собрались главы крупных международных организаций, занимающихся вопросами энергетики и изменения климата (Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата, МГЭИК, МЭА и ДЭСВ ООН), чтобы обсудить роль ядерной энергетики в борьбе с глобальным потеплением. Как заявил председатель Конференции Михаил Чудаков, заместитель Генерального директора и руководитель Департамента ядерной энергии, подводя итоги форума, ядерная энергетика призвана сыграть важную роль в декарбонизации энергетического сектора для достижения целей в области глобального климата, но для раскрытия всего ее потенциала потребуются проведение соответствующей политики.

6. В своем майском докладе 2019 года «Nuclear Power in a Clean Energy System» («Роль ядерной энергетики в экологически чистой энергосистеме») МЭА предупредило, что неспособность принять своевременные решения по ядерной энергетике будет чревата ростом затрат на переход к экологически чистой энергии, а также серьезно затруднит достижение целей нулевого уровня выбросов. Ту же мысль МЭА повторило в своем программном докладе «Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector» («Нулевые выбросы к 2050 году: дорожная карта для мирового энергетического сектора»), опубликованном в мае 2021 года, в котором описан потенциальный путь к ликвидации выбросов парниковых газов на нашей планете к середине столетия. В нем предусматривается, что к 2050 году ядерные генерирующие мощности вырастут почти вдвое, причем в отдельные годы к энергосети будет ежегодно подключаться порядка 30 гигаватт, даже несмотря на то, что совокупная доля ядерной энергетики в мировой структуре производства электроэнергии несколько сократится — до 8% в 2050 году. Остальное электричество, по этому сценарию нулевого уровня выбросов, будет в 2050 году вырабатываться главным образом возобновляемыми источниками, такими как энергия солнца и ветра. Однако в недавнем докладе «The role of critical minerals in clean energy transitions» («Роль важнейших полезных ископаемых в переходе к экологически чистой энергии») МЭА также отметило, что технологии ветровой, солнечной и аккумуляторной энергетики сильно зависят от важнейших видов минерального сырья, недоступность которых может замедлить внедрение этих технологий. С другой стороны, ядерная энергетика, наряду с гидроэнергетикой, — это одна из низкоуглеродных технологий, в наименьшей степени потребляющих минеральное сырье.

7. В докладе «Энергетической инициативы» Массачусетского технологического института (МТИ), изданном в сентябре 2018 года, содержится призыв к существенному наращиванию мировых ядерных генерирующих мощностей для достижения целей нулевого уровня выбросов. Чтобы добиться такого увеличения, в докладе излагается политика, которая поставит ядерную энергетику в более равные условия для конкуренции с другими низкоуглеродными энерготехнологиями, а также шаги, необходимые для снижения затрат на

проекты строительства новых ядерных мощностей. Как и в докладе МЭА, в исследовании МТИ делается вывод, что без существенного вклада ядерной энергетики с регулируемым уровнем генерации переход к экологически чистой энергии будет намного более затратным и труднодостижимым.

8. Как указывается в докладе «Projected Costs of Generating Electricity» («Прогноз затрат на производство электроэнергии»), подготовленном в декабре 2020 года совместными усилиями МЭА и Агентства по ядерной энергии ОЭСР, продление срока службы существующих АЭС — это самая эффективная с точки зрения затрат инвестиция в генерацию низкоуглеродной электроэнергии. В докладе отмечается, что хотя гидроэнергетика может внести аналогичный вклад при сопоставимых ценах, она по-прежнему сильно зависит от природно-ресурсного потенциала отдельных стран.

9. Как указывается в докладе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций, изданном в марте 2021 года, ядерная энергия — это «незаменимый инструмент» для достижения ЦУР, которому принадлежит важнейшая роль в производстве недорогой энергии, смягчении последствий изменения климата, ликвидации нищеты, полном искоренении голода, стимулировании экономического роста и обеспечении как инноваций в промышленности, так и снабжения населения чистой водой. Как отмечается в докладе, озаглавленном «Application of the United Nations Framework Classification for Resources and the United Nations Resource Management System: Use of Nuclear Fuel Resources for Sustainable Development – Entry Pathways» («Применение Рамочной классификации ресурсов Организации Объединенных Наций и Системы управления ресурсами Организации Объединенных Наций: использование ресурсов ядерного топлива в целях устойчивого развития — пути выхода на новые рубежи»), надежная ядерная энергия может стать важнейшей частью безуглеродных энергосистем в странах, стремящихся достичь целей в области борьбы с изменением климата и устойчивого развития.

10. В марте 2021 года Объединенный исследовательский центр (ОИЦ) — научная и информационная служба Европейской комиссии — в своей технической оценке указал, что не существует «научно обоснованных данных о том, что ядерная энергия наносит больше вреда здоровью человека или окружающей среде, чем другие [низкоуглеродные] технологии производства электроэнергии, уже включенные в таксономию [ЕС] как виды деятельности, способствующие смягчению последствий изменения климата». Эта оценка проводилась в отношении критериев «ненанесения значительного вреда» Регламента о таксономии Европейского союза, который устанавливает рамки для содействия устойчивым инвестициям и в конечном итоге заложит основу для наращивания объема инвестиций в низкоуглеродную энергетику по всему Европейскому союзу. В докладе ОИЦ приводятся данные 2016 года, показывающие, что ядерная энергетика очень хорошо выглядит на фоне других источников энергии при оценках ее влияния на здоровье, которые проводятся с использованием показателя общего бремени болезней за прожитые годы с поправкой на инвалидность, выражаемого как совокупное число лет, потерянных в результате плохого здоровья, инвалидности или преждевременной смерти.

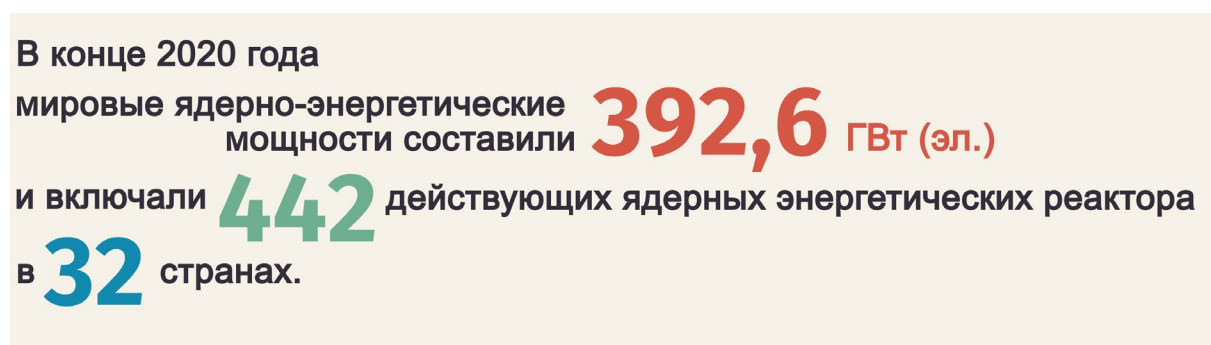
11. Как указывается в рабочем документе «Building Back Better: How Big Are Green Spending Multipliers?» («Восстановление по принципу "лучше, чем было": насколько велики мультипликаторы "зеленых расходов"?»), опубликованном Международным валютным фондом (МВФ) в марте 2021 года, инвестиции в экологически чистые источники энергии, такие как энергия солнца, ветра и атома, оказывают влияние на валовой внутренний продукт (ВВП), которое в два-семь раз больше, чем влияние средств, расходуемых на органическое топливо, такое как газ, уголь и нефть. В документе говорится, что ядерная энергетика дала наибольший мультипликативный эффект из всех экологически чистых источников энергии, и добавляется,

что ядерная энергетика обеспечивает примерно на 25% больше занятости на единицу произведенной электроэнергии, чем ветроэнергетика, и что работники ядерной отрасли зарабатывают на треть больше, чем работники сферы возобновляемых энергоресурсов.



В. Ядерная энергетика сегодня

12. К концу 2020 года общая мощность мировой ядерной энергетики составила 392,6 ГВт (эл.)¹, которые вырабатывают 442 действующих ядерных энергетических реактора в 32 странах. Страны продемонстрировали способность адаптироваться к пандемии коронавирусной инфекции (COVID-19), приняв эффективные меры, доказавшие высокий уровень организационной культуры. На раннем этапе пандемии в начале 2020 года Агентство создало сеть «Опыт эксплуатации АЭС в условиях пандемии COVID-19», предназначенную для обмена информацией о мерах, принимаемых для борьбы с пандемией и смягчения ее негативных последствий для эксплуатации АЭС. Ни одна из 32 стран, эксплуатирующих АЭС, не сообщила о вызванных пандемией эксплуатационных событиях, повлиявших на безопасность и надежность эксплуатации АЭС.



13. В 2020 году ядерная энергетика произвела 2553,2 тераватт-часов электроэнергии, не связанной с выбросами ПГ, что составило приблизительно 10% общемировой электрогенерации и примерно треть мирового производства низкоуглеродной электроэнергии.

¹ ГВт (эл.), или гигаватт (электрической мощности), равен одному миллиарду ватт электрической мощности. Все данные, касающиеся ядерных энергетических реакторов, указаны согласно записям в Информационной системе МАГАТЭ по энергетическим реакторам (ПРИС) по состоянию на 1 июня 2021 года.

14. Приблизительно 5,5 ГВт (эл.) подключенных к сетям новых ядерных мощностей приходится на пять новых реакторов с водой под давлением (PWR): 1110 мегаватт (электрической мощности) (МВт (эл.)) — первый энергоблок Белорусской АЭС в Беларуси; 1000 МВт (эл.) — пятый энергоблок АЭС «Тяньвань» и 1000 МВт (эл.) — пятый энергоблок АЭС «Фуцин» в Китае; 1066 МВт (эл.) — второй энергоблок Ленинградской АЭС-2 в Российской Федерации; 1345 МВт (эл.) — первый энергоблок АЭС «Барака» в Объединенных Арабских Эмиратах. С пуском первого энергоблока Белорусской АЭС в Беларуси и первого энергоблока АЭС «Барака» в Объединенных Арабских Эмиратах был дан старт ядерной электрогенерации в этих двух странах.

15. В 2020 году были введены в промышленную эксплуатацию первый в мире усовершенствованный малый модульный реактор (ММР) и единственная в мире плавучая АЭС «Академик Ломоносов». Эта АЭС расположена у арктического побережья Российской Федерации и имеет в своем составе два малых модульных энергоблока КЛТ-40С мощностью 35 МВт (эл.) каждый.

16. Приблизительно 89,5% действующих в мире мощностей ядерной энергетики приходится на реакторы с легководным замедлителем и теплоносителем, 6% — на реакторы с тяжеловодным замедлителем и теплоносителем, 2% — на легководные реакторы с графитовым замедлителем (LWGR) и 2% — на газоохлаждаемые реакторы. Оставшиеся 0,5% — это три реактора на быстрых нейтронах с жидкометаллическим теплоносителем общей мощностью 1,4 ГВт (эл.).

17. В течение 2020 года были выведены из эксплуатации 5,2 ГВт (эл.) ядерных мощностей, при этом были окончательно остановлены шесть ядерных энергетических реакторов: PWR первого и второго энергоблоков АЭС «Фессенхайм» мощностью 880 МВт (эл.) каждый во Франции; LWGR второго энергоблока Ленинградской АЭС мощностью 925 МВт (эл.) в Российской Федерации; кипящий реактор (BWR) первого энергоблока АЭС «Дуэйн-Арнольд» мощностью 601 МВт (эл.) и PWR второго энергоблока АЭС «Индиан-Пойнт» мощностью 998 МВт (эл.) в Соединенных Штатах Америки. В Швеции в последний день 2020 года был остановлен первый энергоблок АЭС «Рингхальс» (BWR мощностью 881 МВт (эл.)), прослуживший более 46 лет.

18. В течение прошедшего десятилетия суммарный объем мощностей ядерной энергетики демонстрировал тенденцию к плавному росту; за счет появления новых реакторов и модернизации существующих было добавлено приблизительно 23,7 ГВт (эл.) новых мощностей. Производство электроэнергии на АЭС постоянно росло и за период с 2011 года увеличилось более чем на 6%.

19. Из 52 ныне строящихся реакторов 9 находятся в странах-новичках. В общей сложности 28 стран проявляют интерес к ядерной энергетике и проводят обсуждения, строят планы или ведут активную работу для ее включения в свою структуру энергопроизводства. Еще 24 государства-члена участвуют в мероприятиях Агентства, связанных с ядерной инфраструктурой, или заняты в проектах энергетического планирования по линии программы технического сотрудничества. От 10 до 12 государств-членов, встающих на путь развития ядерной энергетики, планируют ввести в строй АЭС к 2030-2035 годам, что потенциально приведет к увеличению числа стран, эксплуатирующих АЭС, примерно на 30%. Ряд стран-новичков также проявляют интерес к технологии ММР; это, в частности, Гана, Иордания, Кения, Польша, Саудовская Аравия, Судан и Эстония, а также страны, расширяющие свои программы, такие как Южная Африка. Опираясь на веховый подход, МАГАТЭ предлагает свои услуги по комплексной оценке ядерной инфраструктуры (ИНИР) как странам-новичкам, так и странам, расширяющим свои ядерно-энергетические программы, для обеспечения того, чтобы инфраструктура, необходимая для безопасного, надежного и устойчивого использования ядерной энергетики, разрабатывалась и внедрялась ответственным и планомерным образом.

Страны, в которых строится первая АЭС	4	
Страны, в которых обсуждается или подписан договор на первую АЭС	2	
Страны, которые уже приняли решение о внедрении ядерной энергетики и приступили к подготовке инфраструктуры, либо готовые принять такое решение	6	
Страны, где ведется активная подготовка, но окончательное решение не принято	8	
Страны, рассматривающие возможность реализации ядерно-энергетической программы	8	

20. Комплексная оценка ядерной инфраструктуры (ИНИР) остается весьма востребованной услугой Агентства, помогающей государствам-членам систематично и комплексно оценивать состояние национальной ядерной инфраструктуры и выявлять имеющиеся недостатки. На сегодняшний день было проведено 32 миссии ИНИР в 22 государствах-членах.

Возможное увеличение мощностей

Африка

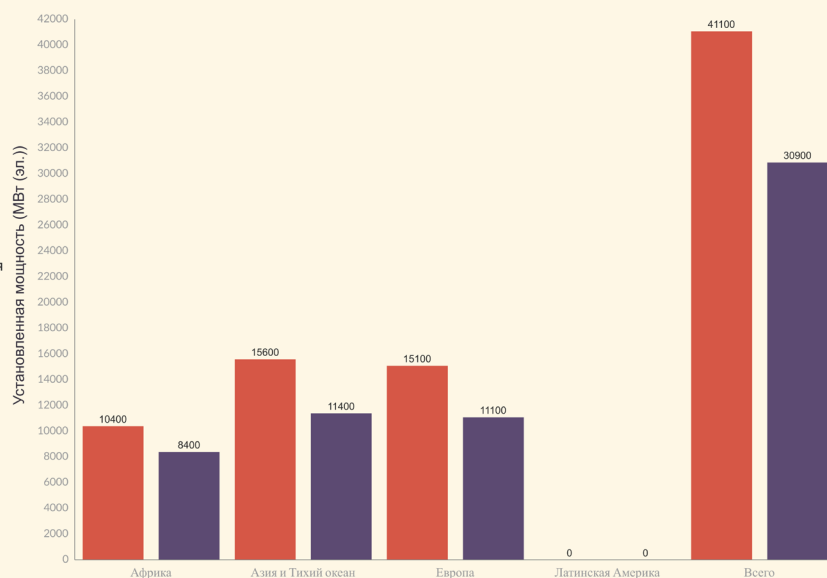
Гана, Египет, Кения, Нигерия

Азия и Тихий океан

Бангладеш, Иордания, ОАЭ, Саудовская Аравия

Европа

Беларусь, Польша, Турция, Узбекистан



С. Перспективы ядерной энергетики

21. Разработка сценария в соответствии с целями Парижского соглашения 2015 года обычно показывает, что ядерная энергетика является неременным условием успеха в деле декарбонизации электроэнергетического сектора благодаря тому, что она обеспечивает надежную и круглосуточную подачу низкоуглеродной энергии в энергетическую сеть. В условиях роста мирового спроса на электроэнергию для удовлетворения потребностей мирового населения и обеспечения его доступа к электричеству к 2050 году, а также роста уровня электрификации экономики объем низкоуглеродной генерации потребуется существенно увеличить. Хотя основная часть этой генерации будет обеспечиваться различными возобновляемыми источниками, такими как энергия ветра и фотоэлектрическая энергия, атомная энергия сохранит свою долю в мировом энергобалансе на уровне 8–10% и обеспечит необходимую гибкость и возможность регулирования нагрузки, которая необходима низкоуглеродным электроэнергетическим системам. По оптимистическим прогнозам Агентства до 2050 года, установленная мощность АЭС вырастет до 715 ГВт (эл.) и ее основу будет составлять интенсивная долгосрочная эксплуатация существующего парка, а также 500 ГВт (эл.) новых мощностей, которые будут построены за три десятилетия. Согласно пессимистической оценке, к 2050 году мировое производство электроэнергии на атомных станциях снизится на 7% до 363 ГВт (эл.) и составит 6% от общемировой электрогенерации (в 2019 году — 10%). Однако даже пессимистичный сценарий предполагает широкомасштабное строительство новых АЭС исходя из того, что примерно треть существующих ядерных энергетических реакторов будут выведены из эксплуатации к 2030 году, а новые реакторы добавят почти 80 ГВт (эл.) мощности. Ожидается, что в период с 2030 по 2050 год этот прирост мощности новых реакторов удовлетворит практически все потребности.

Оптимистический прогноз МАГАТЭ

Установленная ядерная мощность
вырастет на

715 ГВт (эл.) 

В ее основе — интенсивная долгосрочная эксплуатация
существующего парка, а также

500 ГВт (эл.)

новых мощностей,
которые будут построены
за три десятилетия.

22. Для преодоления последствий пандемии COVID-19 правительства стран мира обсуждают пакеты мер по восстановлению экономики. Эти меры дают уникальную возможность для того, чтобы увязать государственные капиталовложения с потребностями перехода к экологически чистой энергии. В этой связи особое внимание уделяется влиянию инвестиций на развитие экологических технологий. В марте 2021 года МВФ опубликовал рабочий документ, показывающий, что инвестиции в экологичные технологии оказывают большее влияние на национальный ВВП, чем капиталовложения в органическое топливо. Кроме того, инвестиции в ядерные программы дают больший эффект (более высокий мультипликатор ВВП), чем инвестиции в любые другие «зеленые» технологии. Макроэкономический анализ, проведенный Агентством, также показывает, что ядерно-энергетические проекты ведут к созданию большого числа высокооплачиваемых рабочих мест и иным образом положительно влияют на экономику.

Д. Факторы, влияющие на будущее развитие ядерной энергетики

Д.1. Финансирование и субсидирование

23. Капитальные затраты, связанные с созданием новой АЭС, весьма высоки и могут составлять около трех четвертей приведенной стоимости произведенной на ней электроэнергии. Эти взятые под проценты обязательства погашаются в течение всего срока службы станции и компенсируются доходами, получаемыми от произведенной электроэнергии. Вместе с тем капиталоемкие проекты чувствительны к изменениям процентных ставок и срокам строительства, а также к характеру этих факторов неопределенности. Было разработано несколько возможных моделей финансирования, позволяющих устранить некоторые из таких факторов неопределенности, особенно риски рыночного характера, с которыми стороны, реализующие проекты и финансирующие их, могут столкнуться на эксплуатационной стадии жизненного цикла станции. Их можно снизить за счет договоренностей — возможно, при поддержке правительства страны, в которой расположена станция, — о полном или частичном выкупе производимой станцией электроэнергии по гарантированной цене. Такие договоренности сыграли решающую роль при разработке таких проектов, как АЭС «Олкилуото» и «Ханхикиви» в Финляндии, АЭС «Аккую» в Турции и АЭС «Хинкли-Пойнт» в Соединенном Королевстве.

Договоренности

о полном или частичном выкупе энергии, производимой на АЭС,
по гарантированным ценам



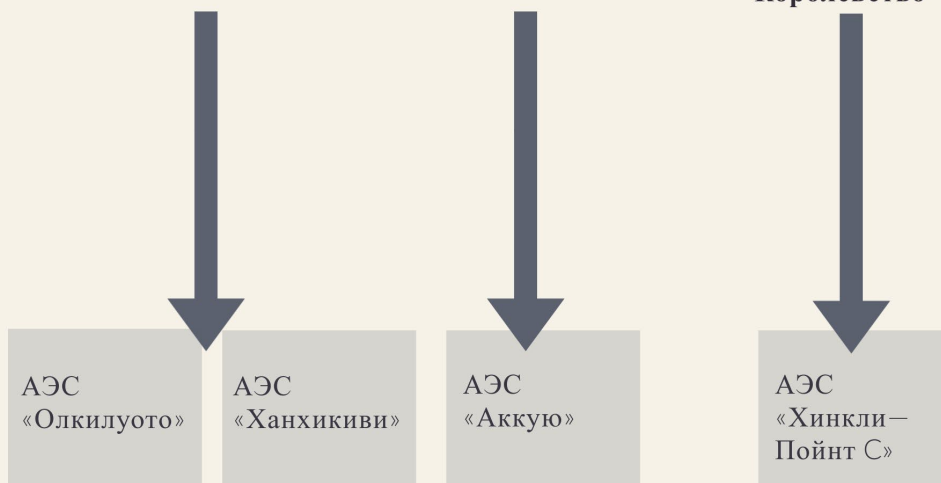
Финляндия



Турция



Соединенное
Королевство



24. Смягчить риски на более ранних стадиях жизненного цикла АЭС — связанные с задержками в строительстве и соответствующим перерасходом средств — можно рядом способов, например если правительство страны, где располагается АЭС, предоставит прямые суверенные гарантии кредиторам или если поставщики ядерных паропроизводящих установок согласятся стать акционерами проекта. Последнее имело место в рамках проекта АЭС «Барака» в Объединенных Арабских Эмиратах, когда Корейская электроэнергетическая корпорация приобрела 18% акций компании «Нава энерджи энд Барака-Уан», в рамках проекта АЭС «Ханхикиви» в Финляндии, когда российская Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» приобрела 34% акций, а также в рамках проекта АЭС «Хинкли-Пойнт С» в Соединенном Королевстве, где компания «Электрисите де Франс» и Главная ядерно-энергетическая группа Китая владеют соответственно одной третью и двумя третями акций. Что касается недавних проектов нового строительства в странах-новичках и странах, расширяющих свои программы, таких как Бангладеш, Беларусь, Венгрия, Египет, Иран и Пакистан, то страна-поставщик и правительство страны, где строится АЭС, пошли по пути заключения межправительственных соглашений с государственным кредитованием.

25. ММР могут иметь ряд преимуществ по сравнению с реакторами большой мощности, в частности такие, как меньшее время строительства, меньшие начальные капитальные затраты, совместимость с небольшими электросетями и возможность добавления новых модулей для постепенного удовлетворения спроса. Такие преимущества могут натолкнуть на мысль о пересмотре нынешних финансовых моделей, используемых для крупных АЭС. Успешная демонстрация работы ММР в течение следующего десятилетия может побудить большее число стран, расширяющих свои программы, и стран-новичков обратить внимание на данную технологию. Частные инвесторы проявляют растущий интерес к развитию, демонстрации и внедрению технологии ММР.

26. Другое важное обязательство касается затрат, возникающих в конце срока службы установки; это, например, затраты на вывод установки из эксплуатации и долгосрочное обращение с высокоактивными радиоактивными отходами. Как и в случае начальных затрат, в доходах от эксплуатации необходимо также выделить резерв на покрытие этих расходов конечной стадии. Последние могут составлять до 10% от приведенной стоимости произведенной на АЭС электроэнергии. В законодательстве, регулирующем использование ядерной энергии, обычно устанавливаются требования о резервировании средств на покрытие расходов конечной стадии в тот период срока службы станции, когда она приносит доход. Здесь применяется множество разных подходов — от подхода, требующего от владельцев предусмотреть соответствующие ассигнования в бюджете компании, до требования о перечислении соответствующих средств независимой организации, которая будет отвечать за их хранение и, в итоге, выплату на покрытие обязательств конечной стадии.

D.2. Рынки электроэнергии и политика в этой сфере

27. К числу основных событий на глобальных энергетических рынках с 2017 года относится постоянное внедрение крупных мощностей возобновляемых энергоресурсов со снижением цен на такую энергию (для энергии ветра и фотоэлектрической энергии), смещение центра тяжести спроса на электричество со стран ОЭСР на страны, не входящие в ОЭСР, ввиду растущей электрификации различных отраслей, значительный рост тарифов за выбросы углерода по политическим причинам и изменения в схемах торговли выбросами. Наряду с разработкой таксономии или, говоря в более общем плане, экологических, социальных и управленческих (ЭСУ) критериев устойчивых инвестиций и более твердой линией многих государств-членов на достижение целей нулевого уровня выбросов к середине столетия, имеющиеся запасы угля превращаются в обязательство, и финансовые учреждения прекращают инвестировать средства

в уголь. Производство энергии на АЭС продолжало расти, достигнув в 2019 году второго по величине уровня в истории. В 2020 году режим изоляции, вызванный COVID-19, внес разлад в работу энергетических рынков; за несколько месяцев резко упал спрос на энергию, а еще сильнее сократилось производство органических видов топлива, уступив место малозатратным технологиям, включая возобновляемую энергию и энергию атома. С тех пор с подъемом экономики восстановился прежний уровень выбросов. Помимо уделения внимания сокращению выбросов углерода, политики должны помнить о необходимости обеспечения гарантированных поставок, качества воздуха и устойчивости.

28. Парижское соглашение должно позитивно сказаться на развитии ядерной энергетики, если ее потенциал как низкоуглеродного источника электроэнергии получит более широкое признание. «Специальный доклад о глобальном потеплении на 1,5°C», выпущенный МГЭИК в 2018 году, и недавно изданный МЭА доклад «Нулевые выбросы к 2050 году: дорожная карта для мирового энергетического сектора» показывают, что большинство путей к достижению нулевого уровня выбросов предполагают участие ядерной энергетики с удвоением объема электрогенерации на АЭС за следующие три десятилетия. Судя по всему, определяемые на национальном уровне вклады в соответствии с Парижским соглашением, которые были недавно обновлены, пока не указывают на изменение роли ядерной энергетики как фактора, способствующего реализации национальных стратегий смягчения последствий изменения климата. Однако в некоторых странах проблема изменения климата дает стимул к дальнейшей эксплуатации АЭС или частичное обоснование для программы строительства новых мощностей. Одним из явных преимуществ ядерной энергетики является ее способность содействовать декарбонизации «трудных» отраслей, которые не так-то легко электрифицировать. Низкоуглеродное тепло или водород, производимые современным парком и усовершенствованными реакторами, могут дать ключ к успеху в достижении странами целей нулевого уровня выбросов при условии, что эта технология станет рентабельной в течение примерно десяти лет. Пока же исключительно важным остается увеличение роли атомной энергии в производстве низкоуглеродной электроэнергии и отчасти тепла за счет долгосрочной эксплуатации существующего парка и строительства новых АЭС.

29. Прогнозы Агентства на период до 2050 года показывают, что для достижения целей Парижского соглашения нынешние ядерно-энергетические мощности к 2050 году потребуется увеличить как минимум вдвое, в соответствии с прогнозами МЭА. Энергетическая политика и стимулы на рынках электроэнергии, поощряющие все типы низкоуглеродных технологий, включая ядерную энергетику, сыграют фундаментальную роль в стимулировании инвестиций в ядерную энергетику и сократят риски и стоимость кредитования. Это необходимо для своевременного ввода в строй объектов ядерной энергетики в интересах смягчения последствий изменения климата. Одновременно с этим необходимо признать преимущества гарантированных поставок, надежности и предсказуемости, которые дает ядерная энергетика, а также ее вклад в обеспечение климатической устойчивости энергетической инфраструктуры. Это тем более важно для такого рынка электроэнергии, на котором все больший вес имеют возобновляемые энерготехнологии с переменным характером генерации, такие как ветровая и фотоэлектрическая энергия. Недавние примеры проводимой политики ясно свидетельствуют о роли рынков электроэнергии в развитии ядерной энергетики: в Соединенном Королевстве это механизмы контрактов на маржевую разницу или регулируемой базы инвестиционного капитала, которые рассматриваются для новых ядерных проектов с целью гарантировать доход от инвестиций; в Соединенных Штатах Америки это различные типы законодательных актов, издаваемых в ряде штатов (Нью-Йорке, Иллинойсе, Коннектикуте, Нью-Джерси и Огайо) для стоимостной оценки низкоуглеродной электрогенерации на АЭС и поддержки существующих АЭС.

D.3. Устойчивость

30. В феврале 2021 года снежная буря в Северной Америке, повлекшая за собой серию отключений подачи электроэнергии в результате сочетания ряда факторов, показала важность наличия устойчивых энергосистем. Предполагается, что вследствие глобального потепления увеличится частота и интенсивность экстремальных погодных явлений. Эти явления могут принимать разные формы — от снежных бурь до сильных наводнений или аномальной жары и засухи — и негативно влиять на генерирующие мощности, а также на инфраструктуру энергосетей. Хотя за последние десятилетия число перебоев в работе ядерной отрасли вследствие погодных условий и возросло², такие перебои вызвали относительно небольшую потерю в объеме генерации по той причине, что АЭС рассчитаны на безопасную и эффективную работу в экстремальных погодных условиях.

31. На ряде станций, которые могут в наибольшей степени пострадать от наводнений или потери эффективности теплоносителя в результате аномальной жары и засухи, были введены в действие специальные адаптационные меры. Однако несмотря на постоянное инвестирование средств в обеспечение максимального уровня безопасности, адаптационные меры, нацеленные только на улучшение работы станции при экстремальных климатических явлениях, могут приниматься, а могут и не приниматься — в зависимости от ожидаемой отдачи от вложенных средств. Это экономическое решение, которое должны принимать энергопредприятия, оценивая затраты на адаптацию и ожидаемую отдачу исходя из оставшегося срока службы станции, а также прибыль, связанную с улучшением функционирования/генерации данной станции. Цена, по которой энергия может быть реализована на электроэнергетических рынках, играет ключевую роль — и низкие оптовые цены на электричество, отмечавшиеся за последнее десятилетие на европейском и североамериканском рынках, не способствуют инвестициям в такие адаптационные меры. Что касается новых АЭС, то при выборе площадки и размера оборудования также принимаются в расчет потенциальные риски климатических явлений, которые могут произойти в течение столетия.

32. Во время режима изоляции, вызванного COVID-19, предпринимаемые государствами-членами шаги были направлены на обеспечение безопасности и благополучия работников за счет оперативного введения мер по минимизации рисков распространения пандемии и обеспечения при этом непрерывности работы и надлежащего уровня безопасности, надежности и устойчивости эксплуатации АЭС. Ни от одного государства-члена не поступало сообщений о вынужденном останове каких-либо ядерных энергетических реакторов в результате воздействия COVID-19 на работающий на них персонал или основные услуги, такие как цепи поставок. Во время пандемии регулирующие органы, как правило, применяли дифференцированный подход и корректировали объемы инспекционной работы для целей регулирования и прочих инспекций исходя из их значимости с точки зрения безопасности. В Агентство поступили сообщения о последствиях отключений на АЭС в 26 из 32 государств-членов, эксплуатирующих АЭС. В одних случаях масштабы отключений были сокращены за счет отказа от не имеющих критического значения работ для того, чтобы свести к минимуму присутствие на площадке внешних работников. В других случаях сроки отключений были продлены с тем, чтобы замедлить темпы проведения работ с учетом требований о соблюдении физической дистанции. Еще в ряде случаев отключения были целиком перенесены на следующий год. В полном объеме их последствия проявятся не ранее следующего года, когда планы будущих отключений будут пересмотрены с учетом необходимости завершения отложенных работ.

² Информационная система МАГАТЭ по энергетическим реакторам (ПРИС).

D.4. Усовершенствованные реакторы и неэлектрические применения

33. Были достигнуты ощутимые успехи в развитии технологии ММР для всех основных технических модификаций, диапазонов мощности, категорий использования и типов ввода в эксплуатацию. Ключевыми факторами, стимулирующими развитие технологии ММР, является меньший объем капиталовложений, меньшие сроки строительства, гибкость при выборе площадки и применимость для самых разных нужд, включая замену выведенных из эксплуатации электростанций, работавших на органическом топливе, а также ее способность работать совместно с возобновляемыми источниками энергии в рамках интегрированной энергосистемы и неэлектрические применения, такие как низкоуглеродное производство тепла и водорода.

34. Первый ММР был установлен на морском плавучем энергоблоке в Российской Федерации и находится в промышленной эксплуатации с мая 2020 года, имея мощность 70 МВт (эл.). Что касается наземных ММР, то первый модульный высокотемпературный газоохлаждаемый реактор (HTGR) в настоящее время находится на заключительном этапе «горячих» функциональных испытаний, и его планируется подключить к электросети в Китае ближе к концу 2021 года. Другой пример — это ММР (PWR интегрального типа) на продвинутой стадии (75%) строительства в Аргентине; пуск и достижение критичности намечены на 2024 год, ожидаемая мощность составит 30 МВт (эл.).

35. Ожидается, что технологическая конкурентоспособность ММР будет реализована за счет активного модульного строительства, которое уменьшит расходы и сроки строительства, а также «эффекта серийного производства» вместо «эффекта масштаба» для крупных реакторов. Сегодня существуют 72 проекта ММР разного уровня технической готовности³, 25 из которых планируется реализовать до 2030 года. Если для пуска этих ММР в мире будут созданы все необходимые условия, включая организацию топливного цикла, прирост мощности в результате их работы может составить порядка 1,6 ГВт (эл.). Тем не менее технология ММР еще должна преодолеть некоторые трудности с внедрением и стать конкурентоспособной в промышленном масштабе, для чего должен быть выполнен ряд условий: демонстрация безопасности и эксплуатационных характеристик «головных образцов» реакторов новой конструкции и с новыми технологиями; непрерывность поступления заказов, способность конкурировать по ценам с альтернативами, надежная цепь поставок, наличие топливного цикла в требуемом масштабе, жизнеспособные схемы финансирования; необходимо установить, путем согласования, принципы регулирования (пути получения лицензии). Должна быть создана надлежащая ядерная инфраструктура для ответственного управления предполагаемым широким серийным выпуском ММР на новые рынки.

³ INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advances in Small Modular Reactor Technology Developments, A Supplement to: IAEA Advanced Reactors Information System (ARIS), IAEA, Vienna (2020).

Сегодня существуют

72 проекта
ММР

разного уровня технической готовности,

из которых

25 проектов
ММР

планируется реализовать к 2030 году.

36. Еще одной новейшей технологией являются микрореакторы с диапазоном мощности от 1 до 20 МВт (эл.), которые могут снабжать электричеством удаленные промышленные районы или зоны, не подключенные к энергосети, обеспечивать энергетическую устойчивость, служить альтернативой дизельным генераторам и применяться на рынках, не подходящих даже для «нормальных» ММР.

37. В настоящий момент в эксплуатации находятся уже пять быстрых реакторов: два действующих реактора (БН-600 и БН-800) и один опытный реактор (БОР-60) в России, индийский испытательный реактор-размножитель на быстрых нейтронах и китайский экспериментальный быстрый реактор. В Российской Федерации в июне 2021 года началось строительство быстрого реактора БРЕСТ-ОД-300, который станет первым быстрым реактором гражданской ядерной отрасли со свинцовым теплоносителем. Поскольку свинец не вступает в реакцию с воздухом и водой, конструкцию реактора можно упростить, сделав ее более экономичной по сравнению с другими быстрыми реакторами. Этот реактор мощностью 300 Мвт является частью проекта «Прорыв», имеющего целью демонстрацию стабильной работы на отдельно взятой площадке установок, которые необходимы для полностью замкнутого ядерного топливного цикла. В случае успеха он станет важным шагом на пути дальнейшего развития ядерной энергетики, обеспечив более высокую экологичность за счет регенерации топлива и сокращения объема отходов. Другие страны также делают шаги в этом направлении. Например, в Китае сооружаются два крупных демонстрационных быстрых реакторных блока и планируется в конечном счете внедрить быстрые реакторы в промышленном масштабе. В Индии завершается ввод в эксплуатацию прототипа быстрого реактора-размножителя с натриевым теплоносителем мощностью 500 МВт (эл.) — первого из нескольких планируемых к сооружению в стране промышленных быстрых реакторов. Компания «ТерраПауэр» объявила о строительстве своего первого реактора следующего поколения «Натриум» на площадке одного из выведенных из эксплуатации угольных заводов в Вайоминге. Япония по линии своей программы «Ядерная энергия, помноженная на стимулирование инноваций» (НЕКСИП) подготавливает технико-экономическое обоснование в качестве первого этапа реализации «Стратегической дорожной карты по созданию быстрых реакторов».

38. После аварии на АЭС «Фукусима-дайити» продолжается внедрение инноваций, связанных с технологией водоохлаждаемых реакторов (WCR), в таких областях, как безопасность, строительные технологии и экономика. Системы безопасности, проектируемые для сегодняшних усовершенствованных WCR, имеют пассивные функции, которые не зависят от энергоснабжения и предусматривают наличие больших запасов воды, что позволяет в случае незапланированных ситуаций, таких как длительное обесточивание станции, иметь временной резерв, исчисляемый не часами, а сутками. Дополнительными преимуществами усовершенствованных WCR являются меньшие объемы отходов, более эффективное

использование топлива, более высокая надежность, устойчивость к распространению и возможность объединения электрических и неэлектрических применений. Благодаря лучшему тепловому КПД и экономическим показателям концептуальные проекты сверхкритических WCR, разрабатываемые в ряде государств-членов как логическое продолжение проектов PWR и BWR, демонстрируют достоинства таких конструкций с точки зрения экономики, безопасности и технологии.

39. Необходимость декарбонизации сектора производства тепла и энергии обусловила растущий интерес к использованию ядерной энергии не только для генерации электричества, но и для других энергоемких неэлектрических применений, таких как опреснение морской воды, централизованное теплоснабжение, выработка технологического тепла для производственных нужд и синтез топлива (включая производство водорода). Существуют большие возможности для использования тепла, производимого обычными ядерными реакторами, где 60–70% тепла выбрасывается в атмосферу в виде сбросного тепла и теряется. Такое сбросное тепло может повторно использоваться в режиме когенерации, т.е. при одновременном производстве электроэнергии и тепла либо продукта, полученного на основе тепла. Например, в конце 2020 года китайская АЭС «Хайян» начала обеспечивать централизованное теплоснабжение прилегающих районов, что, как ожидается, позволит избежать использования 23 200 тонн угля в год и тем самым сократить выбросы CO₂ на 60 000 тонн.



40. Интерес к производству водорода на АЭС растет во многих странах, включая Китай, Польшу, Российскую Федерацию, Соединенное Королевство, Соединенные Штаты Америки, Францию и Японию. Фактическое начало производства водорода на АЭС будет зависеть от рыночных условий, выражающихся в ценах, наличии конкурентов, общем спросе и географическом распределении потребителей. В контексте мер по борьбе с изменением климата для производства водорода откроются широкие возможности в том случае, если будет поощряться (за счет повышения налогов) повсеместный отказ от технологии паровой конверсии метана.

41. Энергия атома и возобновляемая энергия — это два основных способа низкоуглеродного производства энергии. Гибридные ядерные/возобновляемые энергетические системы (ГЭС) используют преимущества обеих технологий и свой режим функционирования для подачи надежной, устойчивой и недорогой электроэнергии в энергосеть и низкоуглеродной энергии в другие сектора. Благодаря такой интеграции ядерных и возобновляемых ресурсов тепло, электричество и другие энергетические продукты или услуги могут производиться и при необходимости храниться. Помимо электроэнергии, ядерные/возобновляемые ГЭС могут поставлять энергию для различных применений, таких как производство водорода и

углеводорода, централизованное теплоснабжение или охлаждение, добыча третичных ресурсов нефти, опреснение морской и солоноватой воды и различные формы применения технологического тепла, включая когенерацию, перегонку угля в жидкое топливо и его очистку и синтез химического сырья. Однако для создания полностью работоспособных и тесно интегрированных ядерных/возобновляемых ГЭС необходимо выявить и устранить ряд существующих недостатков, включая достижение требуемого уровня безопасности ядерных/возобновляемых ГЭС, который был бы по крайней мере сопоставим с уровнем безопасности существующих автономных АЭС; развитие человеческого капитала для эксплуатации и технического обслуживания таких систем; взаимодействие ядерных/возобновляемых ГЭС с рынком электроэнергии и регулирование энергосети; уровень технической готовности ядерных/возобновляемых ГЭС, который во многом зависит от уровня технической готовности каждой подсистемы и схем соединения и эксплуатации.

42. В последние годы был отмечен большой прогресс в развитии технологии термоядерного синтеза, следствием чего стал повышенный интерес к ней частного сектора и создание новых рабочих мест. Проект ИТЭР планомерно развивается, представляя собой важнейший шаг на пути к достижению цели освоения энергии термоядерного синтеза. Важные действия по линии этого проекта будут предприниматься в предстоящие пять лет и далее до 2035 года, когда ИТЭР, как ожидается, достигнет своей конечной цели — демонстрации практической применимости энергии термоядерного синтеза. Помимо физики плазмы, создание термоядерных реакторов сопряжено с серьезными проблемами в таких областях, как разработка материалов для конструкций, содержащих источник тепла (материал, контактирующий с плазмой), и проектирование систем охлаждения для высокоэффективной работы. Термоядерный синтез может и не стать источником энергии завтрашнего дня, но он может быть решением энергетической проблемы в конце столетия. Передача 70-летнего опыта мирного использования энергии деления ядра будущей технологии термоядерного синтеза позволит добиться синергизма между двумя источниками ядерной энергии, который сможет обеспечить устойчивое энергоснабжение будущих поколений.

D.5. Устойчивость топлива и инновационные топливные циклы

43. Согласно прогнозам, к 2040 году годовые потребности нашей планеты в уране будут составлять от 56 640 до 100 225 тонн урана (т U) — в зависимости от количества новых АЭС и продления срока службы существующих. Таким образом, согласно пессимистическому прогнозу Агентства, нынешний объем мирового предложения урана должен остаться таким же, как в 2019 году. И наоборот, по оптимистическому прогнозу Агентства, годовое производство урана должно вырасти примерно на 41 000 т U. Для этого потребуются масштабные поисково-разведочные работы, инновации и освоение новых месторождений урана.

К 2040 году **ежегодные мировые потребности в уране** прогнозируются на уровне

56 640 - 100 225 т U

в зависимости от числа новых АЭС и продления срока службы существующих.

44. С 2009 года первичное производство урана на действующих месторождениях удовлетворяло в среднем 87% мирового спроса. Дефицит восполнялся вторичными источниками поставок, которые начиная с 2010 года постепенно истощаются. По прогнозам, запасы многих крупных урановых месторождений подойдут к концу в середине 2030-х годов. В связи с тем, что многие месторождения пребывают в законсервированном состоянии, выросло производство на существующих предприятиях, и полного освоения находящихся в разработке объектов может оказаться недостаточно для восполнения дефицита поставок. С учетом того, что на обустройство и ввод в эксплуатацию нового месторождения требуется в среднем 15–20 лет, в отрасли выражаются опасения по поводу надежности поставок в средней и долгосрочной перспективе. Чрезвычайные события, такие как пандемия COVID-19, могут создать дополнительную нагрузку на систему поставок: например, в 2020 году ряд крупных производителей урана приостановили работу или существенно сократили объем производства. В итоге первичное производство урана на действующих месторождениях сократилось до общемирового уровня примерно в 46 500 т U. Это составило приблизительно 78% мирового спроса на уран, в связи с чем возросла значимость вторичных источников поставок для удовлетворения потребностей в уране как ядерном топливе.

45. Дальнейшее совершенствование технологии, в том числе современных материалов и ядерного топлива, остается залогом успеха в работе ядерной отрасли. Главными побудительными мотивами для разработчиков ядерного топлива являются увеличение запаса эксплуатационной безопасности топлива, снижение затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание АЭС и минимизация объемов ядерных отходов за счет создания новых типов топлива для нынешнего и будущих поколений АЭС, а также рециклирования ядерных материалов.

46. Идет разработка инновационных типов топлива (ИТ) в качестве альтернативных технологий топливных систем для дальнейшего повышения безопасности, конкурентоспособности и экономических показателей промышленных АЭС применительно к нынешним и будущим конструкциям реакторов. Для ИТ, разработанного в Европе, Российской Федерации и Соединенных Штатах Америки, в топливных элементах и оболочке которого применены новые материалы, в некоторых случаях необходим уран-235 (^{235}U) более высокого уровня обогащения, позволяющего компенсировать меньшую нейтронную прозрачность оболочки. В связи с этим в настоящее время в стадии производства, разработки и испытаний находятся типы топлива на основе высокообъемного низкообогащенного урана (HALEU) с уровнем обогащения выше 5% (но ниже 20%). Кроме того, для улучшения экономических показателей ведется работа по увеличению глубины выгорания выгружаемого топлива и продлению циклов эксплуатации топлива на АЭС, для чего также требуется более высокий уровень обогащения по ^{235}U . Вместе с тем новые концепции топлива с большей глубиной выгорания повлияют на такие аспекты конечной стадии топливного цикла, как перевозка топлива и процедуры обращения с отработавшим топливом (от хранения и захоронения до переработки). Для строительства и лицензирования «головных образцов» реакторов, работающих на усовершенствованном топливе, требуются крупные капиталовложения.

47. Поскольку ММП бывают разных типов (например, легководные реакторы (LWR), HTGR, быстрые реакторы и реакторы на расплавах солей), ведется разработка традиционных и новых типов топлива — например, разных конструкций, разной геометрии и с разным уровнем обогащения. Для некоторых типов ММП проектирование и изготовление топлива ведется по известным технологиям, но топливо может потребовать обогащения на максимальном уровне того, что считается низкообогащенным ураном (топливо HALEU с обогащением по ^{235}U выше 5%, но ниже 20%).

48. Важным фактором обеспечения устойчивости ядерной энергетики является замкнутый ядерный топливный цикл. Из отработавшего ядерного топлива может быть получен делящийся материал для производства нового топлива. Сегодня переработка оксидного уранового топлива и рециклирование урана и плутония — это стандартный промышленный процесс для LWR, хотя в настоящее время лишь считанные LWR лицензированы для работы на регенерированном топливе. Достигнуты успехи в многократном рециклировании плутония в топливе типа REMIX, CORAIL и MIX. Такое регенерированное топливо даст возможность перехода к стратегиям многократного рециклирования плутония в быстрых реакторах, что позволит более эффективно использовать природные ресурсы и уменьшить объем производимых отходов. Для промышленного внедрения таких технологий многократного рециклирования потребуются значительные капиталовложения.

D.6. Захоронение радиоактивных отходов

49. Способность найти ответы на все проблемы обращения с радиоактивными отходами, в том числе соответствующие технические решения по захоронению отходов, — это краеугольный камень и ключевое условие дальнейшего устойчивого использования ядерных технологий. Опираясь на опыт и наработки, накопленные по всему миру за несколько десятилетий, страны в своих национальных программах используют испытанные и опробованные технологии для применения эффективных, безопасных, надежных и — если речь идет о ядерных материалах — устойчивых к распространению решений на всех этапах обращения с радиоактивными отходами. Все эти этапы ведут к заключительному этапу захоронения радиоактивных отходов, для которого во всем мире созданы и эксплуатируются многочисленные объекты, рассчитанные на очень низкоактивные, низкоактивные и среднеактивные отходы.

50. Международным сообществом накоплен большой объем достоверных знаний благодаря ряду программ глубокого геологического захоронения высокоактивных отходов, которые включают в себя ядерное топливо, если оно будет классифицировано как отходы. Как показывают некоторые из ведущих программ глубокого геологического захоронения (ГГЗ) во всем мире, за прошедшее десятилетие в рамках ряда национальных программ были сделаны крупные шаги в направлении захоронения высокоактивных отходов, что, по словам Генерального директора МАГАТЭ применительно к ситуации в Финляндии, открывает новые перспективы для ядерной отрасли. Наиболее продвинутые национальные программы находятся на этапе ожидания официальной рекомендации в отношении пункта захоронения (Канада и Швейцария), разработки подходов к строительству и промышленной эксплуатации пункта глубокого геологического захоронения (Франция и Швеция) или подготовки заявки на получение лицензии на помещение отработавшего топлива в строящееся хранилище (Финляндия). Большая группа таких национальных программ сегодня использует систему сотрудничества в сфере исследований, разработок и демонстрации — «Платформу по внедрению технологии геологического захоронения радиоактивных отходов» — для продолжения процесса индустриализации и оптимизации процесса глубокого геологического захоронения высокоактивных отходов.

Состояние программ геологического захоронения

подготовка заявки на лицензию на помещение отработавшего топлива в строящееся хранилище



Финляндия

разработка подходов к сооружению и промышленной эксплуатации глубинного геологического хранилища



Франция



Швеция

национальные программы на продвинутом этапе, ожидается получение официальной рекомендации по пункту захоронения



Канада



Швейцария

51. Чтобы и в дальнейшем обеспечивать своевременное и эффективное обращение с будущими объемами радиоактивных отходов, государства-члены совершенствуют оценку всей совокупности отходов, образующихся в стране в результате применения всех ядерных технологий и создают комплексные подходы к выполнению национальных обязательств по обращению с радиоактивными отходами. Комплексный подход открывает большие перспективы для снижения затрат, связанных с выполнением обязательств по обращению с радиоактивными отходами, что полностью совместимо с применяемым на всех этапах принципом «на разумно достижимом низком уровне», одновременно оптимизируя использование ресурсов и внося больше ясности в краткосрочное и долгосрочное планирование. Опыт государств-членов показывает, что разработка и внедрение технических решений по обращению с отходами и соответствующих им конечных точек утилизации практически осуществимы. Во многих случаях, однако, сохраняются трудности, связанные с прошлой национальной практикой и прошлым наследием. Неполные данные об объемах отходов и их неточная характеристика осложняют их дальнейшую эффективную переработку и сужают круг вариантов надлежущей утилизации. Неточные оценки ресурсов в прошлом затрудняют создание необходимого потенциала и инфраструктуры, а прошлая практика утилизации укореняет всеобщее мнение, что с радиоактивными отходами «ничего нельзя поделать». Это ведет к закреплению негативных представлений об утилизации отходов, вследствие чего руководящие органы неохотно берут на себя эту ответственность и не формулируют ясные национальные принципы для уверенной реализации технических решений.

D.7. Вывод из эксплуатации

52. В прошлые десятилетия собственники установок в качестве стратегии вывода из эксплуатации в основном выбирали отсроченный демонтаж, однако сейчас все большее распространение получает подход, предполагающий немедленный демонтаж. Более того, окончательный демонтаж выведенных из эксплуатации станций начинается все раньше, и ряд стратегий предусматривает замену отсроченного демонтажа на немедленный. Это изменение обусловлено желанием уменьшить неопределенность в отношении расходов на вывод из эксплуатации.

53. С учетом того, что вывод из эксплуатации означает перевод ненужных объектов в состояние пассивной безопасности, способность продолжать реализацию проекта во многом зависит от наличия достаточных финансовых ресурсов и надлежащей системы долгосрочного обращения с отработавшим топливом и радиоактивными отходами. Хотя пока не введено в строй ни одно предприятие по окончательному захоронению отработавшего топлива, такое топливо можно безопасно хранить в бассейнах выдержки или сухих хранилищах, и поэтому на ряде окончательно закрытых станций были сооружены сухие хранилища в непосредственной близости от площадки ядерной установки, чтобы ускорить операции по демонтажу и сносу.

54. Большая часть материала, изъятого из употребления в результате вывода из эксплуатации, обладает незначительным уровнем радиоактивности, и поэтому во многих случаях он может быть освобожден от регулирующего контроля (в зависимости от национального правового режима) и повторно использован в других целях. Такой подход успешно применяется в ряде стран — но не во всех странах без исключения. В последнем случае речь идет о ситуациях, когда неприятие обществом идеи повторного использования материала с ядерных установок, независимо от уровня его радиоактивности, может помешать повторному использованию или рециклированию такого материала. Поскольку такая деятельность не сопряжена со значительным риском, подобные ситуации считаются субоптимальными с научно-технической точки зрения.

D.8. Развитие людских ресурсов: следующее поколение

55. К числу главных приоритетов ядерного сообщества относится поиск и удержание подготовленного персонала для формирования высококвалифицированной рабочей силы, обслуживающей ядерные установки на всех этапах жизненного цикла. Вместе с тем долгосрочные перспективы карьерного роста на всех этапах жизненного цикла ядерных установок и организаций делают работу в ядерной отрасли весьма привлекательной. Кроме того, карьера в ядерной области также открывает многочисленные возможности для социально значимой работы, такой как снабжение населения экологически чистой энергией и водой или оказание помощи странам в деле социально-экономического развития.

56. Опасения по поводу возможной нехватки квалифицированных кадров порождают разного рода проблемы в разных странах. Особенно остро для проектов строительства новых станций стоит проблема привлечения экспертных ресурсов и развития человеческого капитала, поскольку такие проекты редки и между ними часто проходит много лет (это не относится к Китаю, Республике Корея, Российской Федерации и Японии). Чтобы сделать профессиональную подготовку, обучение и развитие потенциала в ядерной сфере более доступными для новых поколений специалистов как в странах-новичках, так и в странах, где ядерная энергетика уже функционирует, применяются инновационные подходы, такие, как цифровое и комбинированное обучение. Для стран, расширяющих свои ядерно-энергетические программы, проблема состоит в расширении масштабов ведущейся учебно-образовательной работы с целью обеспечения наличия требуемого квалифицированного персонала, как только в нем возникнет необходимость.

57. Страны, планирующие экспортировать свои ядерные энерготехнологии, могут оказывать помощь странам-получателям в удовлетворении их национальных кадровых потребностей путем передачи необходимых средств для создания учебно-образовательной инфраструктуры. Сотрудничество между странами, эксплуатирующими АЭС, и странами-новичками уже доказало свою ценность как способ восполнения нехватки опыта.

58. В меняющемся мире задача привлечения и удержания талантливых специалистов в ядерной сфере еще больше осложняется технологическими инновациями, возросшей мобильностью и меняющейся демографической картиной. В то же время, чтобы сделать профессиональную подготовку, обучение и развитие потенциала в ядерной сфере более доступными для новых поколений специалистов как в странах-новичках, так и в странах, где ядерная энергетика уже функционирует, внедряются инновационные технические подходы, такие как цифровое и комбинированное обучение.

D.9. Основа лицензирования/регулирования и подходы в этой области

59. Формированию благоприятных условий для безопасного, надежного и устойчивого создания или расширения объектов ядерной энергетики способствует участие правительств в разработке надлежащей политики, программ и правовой базы для ядерно-энергетических программ. Для внедрения всех без исключения низкоуглеродных источников энергии требуется особая политика. Проводимая политика должна находить отражение в национальных правовых, институциональных и нормативных системах, чтобы обеспечивать создание стабильного и предсказуемого режима и добиться максимальной отдачи от них.

60. В настоящее время порядок создания ядерных мощностей по всему миру регулируется давно устоявшимся международно-правовым режимом. Поскольку ядерная энергия играет важную роль в смягчении последствий изменения климата, такие вопросы, как дальнейшее нормативное согласование или бизнес-модели новых проектов, могут изначально учитываться в инновациях, чтобы создать предпосылки для более экологичного и устойчивого будущего.

61. Лицензирование АЭС требует детальной оценки ее конструкции и технических характеристик с точки зрения безопасности, физической безопасности и гарантий. Нормы безопасности и руководящие материалы по физической безопасности Агентства используются странами для разработки собственной национальной основы регулирования. Более широкое международное сотрудничество считается исключительно важным для передачи знаний, приобретения навыков разработки и применения национальной основы регулирования и ускоренного внедрения ядерных мощностей.

62. Своевременное создание подходящей ядерной инфраструктуры и соответствующей ядерной нормативно-правовой базы, которая в настоящее время применяется в отношении реакторов большой мощности в странах-новичках, — это важное условие ускоренной подготовки рынка к ожидаемому внедрению ММР.

63. Существующие инструкции по регулированию и процедуры оценки усовершенствованных технологий, таких как ММР, отстают от требований времени, а в некоторых случаях их пока не имеется. В будущем надежные и нейтральные с технологической точки зрения методологии проверки регулирующими органами будут полезными с точки зрения минимизации времени, необходимого для освоения и выведения на рынок новых технологий ядерных реакторов. В любом случае регулирующие органы и разработчики должны будут работать сообща над тем, чтобы упростить сертификацию и демонстрацию этих «головных проектов» реакторов, с тем чтобы путь к строительству и эксплуатации был безопасным и прямым, а уровень затрат гарантировал конкурентоспособность. Сегодня Агентство служит площадкой для работы Форума регулирующих органов по ММР и изучает вопрос о применимости норм безопасности с технологически нейтральным подходом при рассмотрении проектов ММР.

D.10. Отношение общества

64. Ядерная энергия может помочь в решении насущных глобальных проблем, однако ошибочные представления о ядерной энергетике продолжают негативно отражаться на ее восприятии обществом и выработке политики. Отношение общества к выгодам и рискам, связанным с ядерной энергетикой, и в особенности опасения по поводу радиационных рисков, обращения с отходами, безопасности и распространения остаются теми факторами, которые в наибольшей степени влияют на уровень ее социальной приемлемости. Поскольку общественное мнение играет серьезную роль в выборе правительствами форм производства энергии, понимание точек зрения заинтересованных сторон, осведомленность и знания о ядерной энергетике являются важнейшим компонентом принятия решений и слагаемым успеха ядерно-энергетической программы. Налаживание прочных, позитивных и долгосрочных взаимоотношений с заинтересованными сторонами — одно из ключевых условий реализации существующих, новых и будущих ядерно-энергетических программ.

65. Как показывает опыт, вовлечение заинтересованных сторон в процессы принятия решений, даже тех групп, которые не влияют на принимаемые решения напрямую, может повысить уровень доверия общества к применению достижений ядерной науки и технологии. Это предполагает открытый и прозрачный диалог, ведущий к укреплению взаимного доверия между различными заинтересованными сторонами — от ядерной отрасли и государственных учреждений до средств массовой информации, местного населения и неправительственных организаций. Такое взаимодействие не только помогает повысить уровень знания и понимания всех аспектов ядерного топливного цикла — от добычи урана до обращения с отработавшим топливом и радиоактивными отходами, — но и дает возможность заинтересованным сторонам выразить свои опасения и повлиять на принятие решений, которые затрагивают жизнь их общин.

66. Открытые и доступные средства привлечения заинтересованных сторон к реализации существующих ядерных программ уже созданы, и эти стратегии уже стали нормой при решении многих вопросов обращения с отходами, выбора и обустройства площадок под установки. Этой тенденции следуют и новые ядерно-энергетические программы. По существу, привлечение заинтересованных сторон является одним из 19 инфраструктурных вопросов в рамках вехового подхода Агентства — хорошо продуманного трехступенчатого процесса создания необходимой инфраструктуры для ядерно-энергетической программы.

67. Своевременное, основательное и регулярное привлечение заинтересованных сторон будет также способствовать разработке и внедрению новых технологий, таких как ММР, при оценке странами их применимости как возможного способа низкоуглеродного производства электроэнергии, а также для неэлектрических применений. В успешном внедрении новых ядерных технологий может помочь опыт стран, эксплуатирующих АЭС, и стран-новичков, а также уроки внедрения существующих технологий.

68. Наконец, лучшее понимание различными заинтересованными сторонами важной роли ядерной энергетике в обеспечении стабильной работы электросетей, особенно сетей с высоким удельным весом непостоянных возобновляемых источников энергии, может повысить уровень социальной приемлемости ядерной энергетике. Подобное сочетание ядерной и возобновляемой энергии в рамках ГЭС может привести к существенному снижению выбросов ПГ и одновременно обеспечить надежное электроснабжение для нужд социально-экономического развития, сняв опасения многих заинтересованных сторон. Лучшее осознание заинтересованными сторонами того, что ядерная энергия может использоваться для опреснения морской воды, низкоуглеродного производства водорода и генерации тепла для строительных и промышленных нужд может дать обществу стимул к еще более активной поддержке этого низкоуглеродного источника энергии, расширив его возможности в плане содействия решению задач в области климата и устойчивому развитию.



IAEA

Международное агентство по атомной энергии

Атом для мира и развития

www.iaea.org

Международное агентство по атомной энергии
Венский международный центр, а/я 100
1400 Вена, Австрия
Тел.: (+43-1) 2600-0
Факс: (+43-1) 2600-7
Эл. почта: Official.Mail@iaea.org