IAEA
Атом для мира

Совет управляющих
Генеральная конференция

GOV/INF/2014/13-GC(58)/INF/6
29 августа 2014 года

Общее распространение

Русский
Язык оригинала: английский

Только для официального пользования

Пункт 16 предварительной повестки дня Конференции
(GC(58)/1, Add.1 и Add.2)

Международное состояние и перспективы ядерной энергетики – 2014

Доклад Генерального директора

Резюме

- В своей резолюции GC(55)/RES/12, выпущенной в сентябре 2011 года, Генеральная конференция предложила Секретариату продолжать каждые два года представлять доклад о международном состоянии и перспективах ядерной энергетики. Настоящий доклад подготовлен во исполнение этой резолюции.

Международное состояние и перспективы ядерной энергетики – 2014

Доклад Генерального директора

A. Введение

1. В настоящее время в 30 странах мира эксплуатируется 435 ядерных энергетических реакторов, и в 15 странах строится 72 реактора[1]. В 2013 году на АЭС было произведено 2359 тераватт-часов (ТВт·ч) электроэнергии, что составило менее 11% мирового объема электрогенерации – наименьший показатель с 1982 года. Доля возобновляемых источников энергии продолжает увеличиваться, но мир по-прежнему отдает предпочтение органическому топливу, в особенности углю.

2. Международная конференция на уровне министров "Атомная энергетика в XXI веке"[2], организованная Агентством в Санкт-Петербурге, Российская Федерация, в июне 2013 года, стала первым крупным форумом по изучению перспектив ядерной энергетики после аварии на АЭС "Фукусима-дайити". На ней был сделан вывод о том, что для многих стран ядерная энергетика является проверенной, чистой, безопасной и экономичной технологией, которая будет играть все более важную роль в укреплении энергетической безопасности, уменьшении негативного эффекта от нестабильности цен на органическое топливо и смягчении последствий изменения климата. На конференции была признана ведущая роль Агентства в содействии мирному использованию ядерных технологий, разработке норм безопасности и руководств по физической безопасности, а также в содействии международному сотрудничеству и усилиям по повышению глобальной ядерной безопасности, физической безопасности и укреплению системы гарантий. На ней также было признано, что ядерные аварии легко перешагивают национальные границы и что меры по обеспечению ядерной безопасности должны быть продуманными, эффективными и прозрачными.

---

[1] Данные на июль 2014 года. В Обзоре ядерных технологий — 2014 (документ GC(58)/INF/4) подробно описано положение дел в области ядерной энергетики по состоянию на 31 декабря 2013 года. В настоящем докладе приводятся только основные выдержки из него, отражающие условия, от которых зависят перспективы ядерной энергетики в ближайшем и более отдаленном будущем.

[2] Конференция была организована в сотрудничестве с Агентством по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР), а ее принимающей стороной выступила Российская Федерация. Это мероприятие, которое посетили 500 участников, в том числе 38 министров, более чем из 80 стран и международных организаций, было гораздо более представительным, чем предшествующие конференции в 2005 и 2009 годах. Все заявления и доклады, прозвучавшие на конференции, опубликованы по адресу: http://www-pub.iaea.org/iaeameetings/43049/International-Ministerial-Conference-on-Nuclear-Power-in-the-21st-Century.

3. Низкий и высокий прогнозы мирового развития установленной ядерной мощности, подготовленные Агентством, указывают на рост ее объема к 2030 году. Хотя с 2010 года каждый новый прогноз был ниже прогноза за предыдущий год, потенциал долгосрочного развития по-прежнему остается высоким. В создании ядерной энергетики заинтересованы 33 страны. В 13 из 30 стран, уже эксплуатирующих атомные электростанции (АЭС), сооружаются новые блоки либо активно завершается сооружение объектов, строительство которых было ранее приостановлено. Еще 12 стран активно планируют строительство новых станций либо завершение приостановленных строительных работ.

B. Ядерная энергетика сегодня

B.1. Меняющиеся условия

4. Национальные и международные стратегии, конъюнктура рынка и технологические процессы, формирующие условия, в которых конкурирует ядерная энергетика, постоянно меняются. В данном разделе описаны важные изменения, происшедшие со времени публикации документа "Международное состояние и перспективы ядерной энергетики – 2012" (GOV/INF/2012/12-GC(56)/INF/6).

B.1.1. Международные инициативы

5. На глобальном уровне увеличиваются масштабы использования возобновляемых источников энергии, что обусловлено улучшением их экономических показателей, возможностями гибкого применения и низким уровнем выбросов углерода. На протяжении последних двух лет выросло значение инициативы "Устойчивая энергия для всех" (SE4ALL) и деятельности Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (ИРЕНА). Их работа, посвященная возобновляемым источникам энергии, пользуется значительной поддержкой правительств и населения на национальном и международном уровнях. Объемы генерации на ветровых и солнечных установках увеличиваются в десятки раз, что зачастую объясняется существенными субсидиями. Возможности "технологического обучения" или "обучения на практике" позволили добиться столь существенного сокращения инвестиционных расходов, что в некоторых местах стоимость производства энергии из возобновляемых источников (без учета расходов на компенсацию непостоянства работы и отсутствия возможности диспетчерского управления) почти достигла сетевого паритета.

6. В сентябре 2011 года Генеральный секретарь Организации Объединенных Наций дал старт Инициативе SE4ALL для решения двух насущных проблем: обеспечения доступности энергоресурсов и предотвращения загрязнения. Отсутствие у 1,3 млрд человек доступа к электроэнергии - одно из основных препятствий на пути к искоренению нищеты и обеспечению благополучия. Выбросы двуокиси углерода и других парниковых газов в результате сжигания органического топлива усугубляют опасное антропогенное воздействие на климатическую систему. Изменение климата представляет опасность для всех нас. В первую очередь – и в наибольшей степени – от этого страдают малообеспеченные слои населения.

7. Агентство ИРЕНА, созданное в 2009 году в качестве межправительственной организации для оказания поддержки странам в переходе к устойчивой энергетике, насчитывает 132 государства-члена, а еще 37 государств находятся на этапе присоединения. В целях содействия развитию, повышению доступности энергоресурсов, энергетической безопасности и

низкоуглеродному экономическому росту оно пропагандирует использование всех форм возобновляемой энергии, включая биоэнергию, геотермальную энергию, гидроэнергетику, энергию океана, солнца и ветра.

B.1.2. Тенденции развития энергетических рынков и технологий

8. Последствия финансового кризиса 2008 года и неодинаковые темпы последующего восстановления наиболее пострадавших стран по-прежнему являются наиболее важными в краткосрочной перспективе факторами, влияющими на состояние энергетических рынков. Кризис серьезно ограничил темпы роста спроса на энергию в мире.

9. Еще одним важным фактором является продолжающееся и практически всеобщее заглушение ядерных реакторов в Японии, где до аварии на АЭС "Фукусима-дайити" вырабатывалось примерно 30% всей электроэнергии в стране. Рост потребления органических видов топлива в Японии взамен утраченных мощностей в сочетании с расширением использования сланцевого газа привели к крупным изменениям глобальной структуры импорта и экспорта, в частности, угля и природного газа.

10. С 2012 года к числу технологических разработок, которые сильнее всего повлияли на прогнозы развития ядерной энергетики, относятся гидроразрыв пласта (для добычи сланцевого газа) и освоение возобновляемых источников энергии, как описано в разделе B.1.1. Влияние этих двух направлений разработок на перспективы ядерной энергетики рассматривается в разделе C.

B.2. Современное состояние ядерной энергетики

11. В 2013 году на всех АЭС мира было выработано 2359 ТВт·ч электроэнергии, что на 220 ТВт ч меньше среднегодового показателя за первые десять лет XXI века. Это сокращение обусловлено главным образом снижением выработки вследствие окончательного и временного останова реакторов в Японии (266 ТВт·ч) и окончательного останова реакторов в Германии (41 ТВт ч) и США (17 ТВт·ч), которые частично скомпенсированы увеличением генерации в Китае (34 ТВт ч) и других странах.

12. В левой части рисунка 1 показано географическое распределение 435 ядерных реакторов, которые эксплуатируются в 30 странах мира. Лидерство в коммерческом использовании ядерной энергетики по-прежнему принадлежит промышленно развитым странам. Совершенно другое положение складывается в отношении строящихся АЭС (правая часть рисунка 1): из 72 строящихся энергоблоков мира 38 находятся в быстроразвивающихся странах Азии, не входящих в ОЭСР. С 2000 года в регионе начато сооружение 55 из 92 реакторов и подключено к энергосетям 30 из 53 новых реакторов.

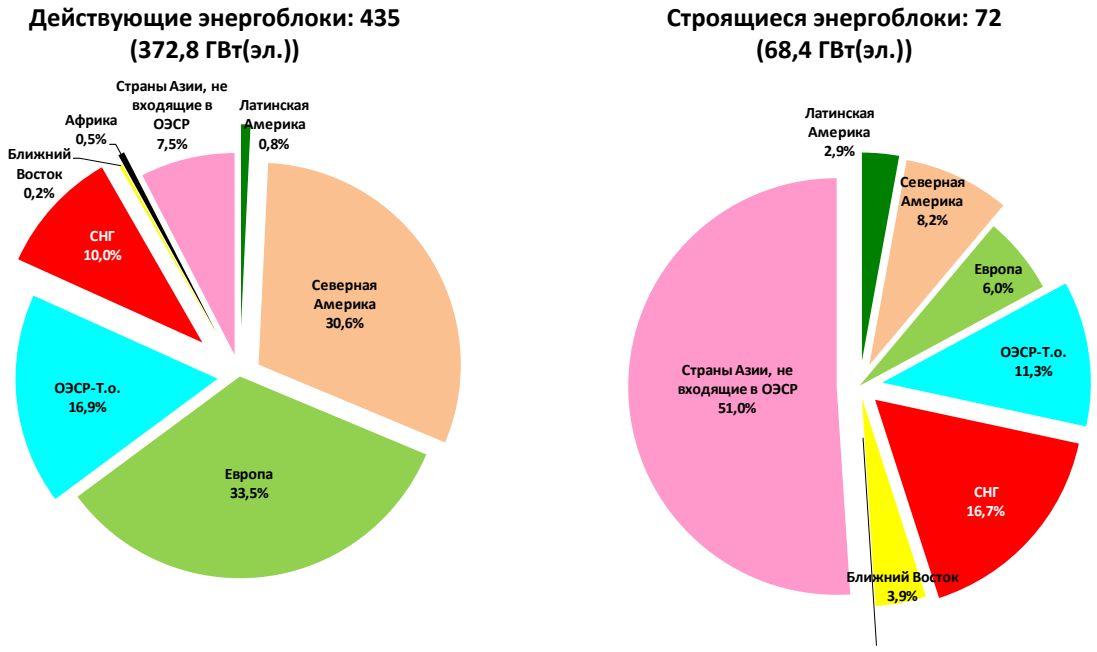

РИС. 1. Действующие ядерные реакторы (слева) и строящиеся ядерные реакторы (справа) мира по состоянию на июль 2014 года. Источник: Информационная система МАГАТЭ по энергетическим реакторам. СНГ = Содружество Независимых Государств; ОЭСР-Т.о. = страны ОЭСР в регионе Тихого океана.

13. В 2011–2013 годах мировой спрос на электроэнергию увеличивался на 2,5% в год, что значительно ниже средних темпов роста в 3,3% в год, наблюдавшихся до 2011 года. В странах ОЭСР спрос не изменился или несколько снизился, поэтому весь объем роста относится к развивающимся странам. Вялый экономический рост в большинстве стран ОЭСР с 2008 года объясняется, главным образом, медленным восстановлением после финансового кризиса 2008 года. Стагнация спроса на электроэнергию связана как с медленным восстановлением экономики, так и с деятельностью по управлению электропотреблением со стороны потребителей, например, с целевыми показателями "20-20-20" Европейского союза[3], которые ограничили спрос на электроэнергию в странах ОЭСР. Темпы роста спроса в странах, не являющихся членами ОЭСР, замедлились в связи со снижением экономической активности в странах БРИКС[4]. Продолжается быстрое повышение спроса на электроэнергию в малых развивающихся странах, однако эта тенденция теряется на фоне совокупных показателей стран, не являющихся членами ОЭСР, ввиду больших размеров экономики стран БРИКС.

14. Доля ядерной энергетики в общем объеме мирового производства электроэнергии сокращалась десятый год подряд, составив в 2013 году менее 11%, что является самым низким значением с 1982 года. Вследствие сознательно проводимой политики продолжался быстрый рост доли энергии ветра, солнца и биомассы в общем объеме генерации, однако на глобальном уровне предпочтение по-прежнему отдается органическому топливу, в особенности углю. На рисунке 2 показана динамика роста мирового электроснабжения с 2000 года. Хотя на новые возобновляемые источники энергии (к которым относятся ветровая, солнечная и геотермальная энергия, но не гидроэнергетика) уже приходится больший совокупный объем генерации, чем на ядерную энергию, в связи с их непостоянным характером их доля в фактическом производстве электроэнергии составляет менее одной трети объема, производимого на ядерных установках.

---

[3] Целевые показатели "20-20-20" предусматривают достижение к 2020 году трех основных целей: сокращение выбросов парниковых газов в ЕС на 20% от уровня 1990 года; увеличение в ЕС доли потребления энергии из возобновляемых источников на 20%; повышение энергоэффективности в ЕС на 20%.

[4] БРИКС: Бразилия, Российская Федерация, Индия, Китай и Южная Африка.

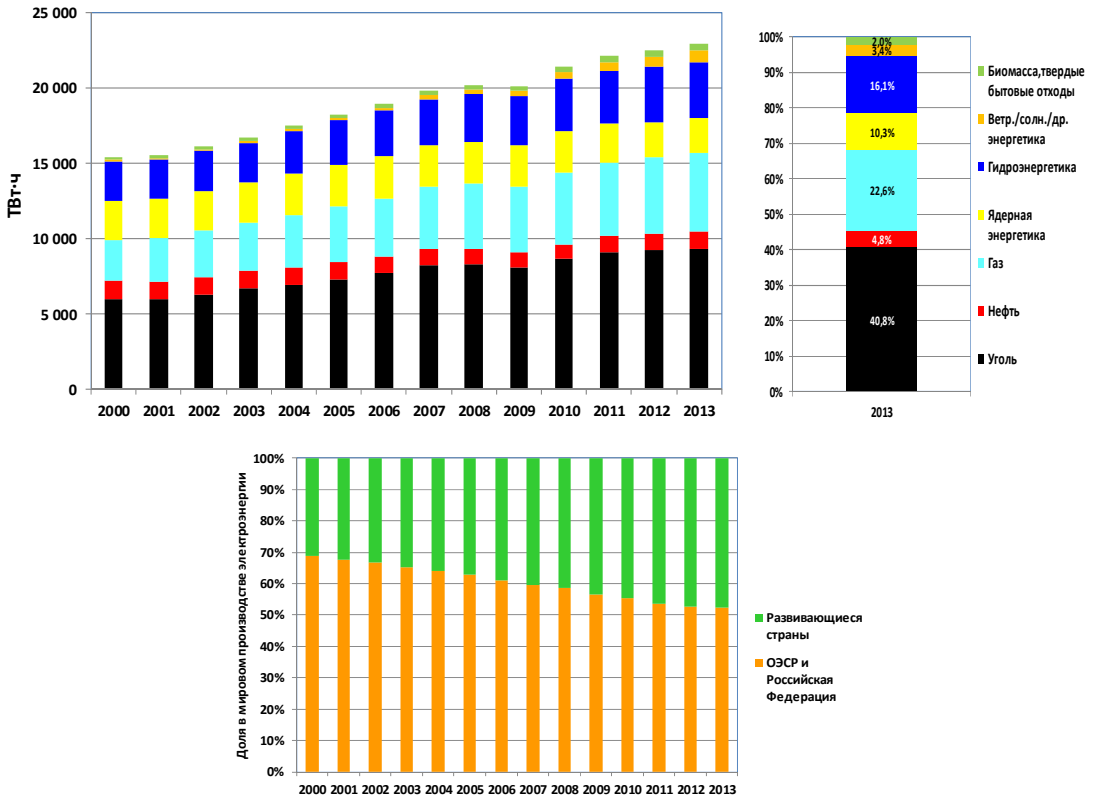

РИС. 2. Глобальное электроснабжение по видам топлива, 2000–2013 годы (вверху), и доля в мировом производстве электроэнергии (внизу). Источник: адаптированные данные Международного энергетического агентства и компании "BP".

15. Спрос на электроэнергию в развивающихся странах приближается к показателям промышленно развитых стран и, вероятно, превысит их значительно раньше 2020 года. В отличие от регионов со стагнирующим спросом в этих странах быстрый рост спроса, как правило, дает толчок развитию всех имеющихся в данном районе и пригодных к использованию возможностей генерации, в том числе ядерной энергетики.

16. До недавнего времени ядерная энергетика весьма неплохо переносила переход от регулируемого рынка электроэнергии к либерализованному (конкурентному) рынку. Существующие АЭС показали себя как конкурентоспособные и низкозатратные предприятия во многом благодаря тому, что высокие первоначальные капиталовложения были полностью амортизированы и операторам оставалось нести лишь расходы на эксплуатацию и топливо – довольно низкие по сравнению с затратами на производство электроэнергии из органического топлива. Такая экономичность была главной причиной, по которой предприятия обращались за продлением лицензий, модернизировали системы безопасности и наращивали мощность.

17. Сегодня ситуация изменилась: очень низкие цены на природный газ, особенно в США, обусловленные быстрым ростом добычи сланцевого газа, коренным образом изменили экономическую картину энергопроизводства. Они привели к снижению конкурентоспособности коммерческой ядерной энергетики.

18. Об этом изменении свидетельствуют недавнее закрытие и планы закрытия АЭС в США. Несмотря на наличие лицензии на эксплуатацию до 2033 года, АЭС "Кевони" компании "Доминион" мощностью 574 Мвт (эл.) была в мае 2013 года закрыта только потому, что в условиях либерализованного рынка она не могла конкурировать с электростанциями, работающими на дешевом природном газе. Компания "Энтерджи"объявила о выводе из эксплуатации своей АЭС "Вермонт янки" мощностью 604 МВТ (эл.) по финансовым соображениям. К ним относятся низкие оптовые цены на электроэнергию, которые во многом

определяются низкими ценами на природный газ и снижают рентабельность АЭС, рост капитальных затрат на техническое обслуживание, низкие компенсации за содержание энергетических мощностей с возможностью диспетчерского управления на региональном рынке и увеличение затрат, связанных с соблюдением новых федеральных и региональных регулирующих положений. Поскольку АЭС "Вермонт янки", как и АЭС "Кевони", эксплуатировалась в условиях либерализованного рынка электроэнергии, компенсировать такие затраты за счет повышения регулируемых тарифов на услуги она не могла.

19. Несмотря на то, что в мировом масштабе тенденция к наращиванию мощности и возобновлению или продлению лицензий для работающих реакторов сохранилась, имели место случаи, когда рассмотрение заявок регулирующими органами проводилось чрезвычайно долго и не приносило определенных результатов, что в итоге привело к досрочному выводу АЭС из эксплуатации вместо продления лицензии. Стагнация или падение спроса на электроэнергию в некоторых странах и низкие оптовые цены на электроэнергию побудили некоторых операторов отказаться даже от запланированного наращивания мощности, связанного с относительно небольшими затратами.

20. Прямое и косвенное субсидирование выработки энергии из возобновляемых источников, особенно ветроэнергетики, и директивы об использовании возобновляемых источников энергии подрывают экономическую жизнеспособность ядерной энергетики, особенно в условиях либерализации рынка электроэнергии. При нынешних оптовых ценах по мере увеличения установленной мощности возобновляемых источников энергии все большее число ядерных установок будут становиться нерентабельными, или появится сильный стимул к досрочному выводу из эксплуатации тех установок, перспективы которых на рынке туманны и для продолжения эксплуатации которых требуются значительные инвестиции.

21. Эти факторы – сланцевый газ и быстрое развитие возобновляемых источников энергии на основе субсидий и директивных решений – негативно влияют на ядерную энергетику в условиях либерализованных рынков стран ОЭСР, характеризующихся практически нулевым ростом спроса. Принципиально иная ситуация складывается в быстро развивающихся странах, где спрос на электроэнергию растет. Им необходимо развитие всех местных возможностей электроснабжения, в том числе за счет ядерной энергетики. Ядерная энергетика по-прежнему открывает реальные возможности странам, которые придают большое значение энергетической безопасности и охране окружающей среды и стремятся добиться невысокого и стабильного уровня расходов на производство электроэнергии.

C. Перспективы ядерной энергетики

C.1. Планы в странах, уже использующих ядерную энергетику

22. В таблице 1 представлены планы расширения ядерной энергетики[5] в странах, где в настоящее время эксплуатируются АЭС, а также в Литве, у которой имеется опыт эксплуатации продолжительностью 43,5 реакторо-лет, но отсутствуют действующие реакторы с момента останова второго энергоблока Игналинской АЭС в 2009 году. Из 30 стран с

[5] На основе заявлений государств-членов на 57-й очередной сессии Генеральной конференции в сентябре 2013 года и на других открытых форумах.

действующими реакторами 13 стран либо сооружают новые энергоблоки, либо завершают ранее приостановленные строительные работы. Еще 12 стран активно планируют строительство новых энергоблоков.

ТАБЛИЦА 1. Положение в странах с действующими АЭС и Литве (по состоянию на 30 июня 2014 года).

Категория	**Страны**
Строят новый(ые) энергоблок(и)	Аргентина, Бразилия, Индия, Китай, Пакистан, Республика Корея, Российская Федерация, Словакия, США, Украина, Финляндия, Франция, Япония
Возобновлено ранее приостановленное строительство	Аргентина, Бразилия, Словакия, США, Украина
Ведут строительство нового(ых) блока(ов) и планируют/предлагают строительство дальнейших	Индия, Китай, Пакистан, Республика Корея, Российская Федерация, США, Финляндия
Не ведут строительство блоков, но имеют планы/предложения по строительству нового(ых) блока(ов)	Армения, Болгария, Венгрия, Исламская Республика Иран, Канада, Литва, Румыния, Соединенное Королевство, Чешская Республика, Швеция, Южная Африка
Твердая политическая линия на то, чтобы не строить новых блоков и/или закрыть существующие блоки	Бельгия, Германия, Испания, Швейцария

C.2. Планы в странах, приступающих к созданию ядерной энергетики или рассматривающих такую возможность

23. В таблице 2 указаны 33 страны[6], которые в настоящее время рассматривают возможность разработки ядерно-энергетических программ, строят соответствующие планы или приступают к их реализации, но еще не подключили к энергосети первую АЭС. Некоторые страны, например Бангладеш, Вьетнам и Египет, уже на протяжении определенного времени строят планы развития ядерной энергетики. Другие страны, такие, как Польша, возвращаются к изучению возможности развития ядерной энергетики после того, как от предыдущих планов пришлось отказаться вследствие смены правительств и изменения общественного мнения. Такие же страны, как Иордания и Уругвай, впервые рассматривают возможность создания ядерной энергетики или планируют его.

24. В таблице они разделены на пять групп по степени развития их инфраструктуры, в соответствии с документом Агентства "Milestones" ("Основные этапы")[7]. На самой передовой стадии (т. е. стадии 3) находятся Беларусь и Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ), которые начали строительство, и Турция, которая отдала распоряжение о строительстве своей первой АЭС, но еще не приступила к работам. В среднем ряду указаны шесть стран, которые приняли

[6] На основе заявлений государств-членов на 57-й очередной сессии Генеральной конференции в сентябре 2013 года и на других открытых форумах.

[7] Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power, IAEA Nuclear Energy Series No. NG-G-3.1.

решение о реализации ядерно-энергетических программ и активно создают необходимую инфраструктуру. Следующие пять стран начали подготовку к созданию ядерной энергетики, но на национальном уровне еще не приняты решения, свидетельствующие о широкой политической поддержке. В самую многочисленную группу входят 19 стран, которые хотят принять обоснованное решение о возможности развития ядерной энергетики и собирают информацию о создании ядерной инфраструктуры: от юридических и регулирующих требований до потребностей в людских ресурсах и технологических аспектов.

ТАБЛИЦА 2. Положение дел в странах, не имеющих действующих АЭС

Положение дел в стране	**Число стран**
Начали сооружение первой АЭС	2
Отдали распоряжение о строительстве первой АЭС	1
Приняли решение, ведут подготовку инфраструктуры	6
Активно готовятся, но не приняли окончательного решения	5
Рассматривают возможность реализации ядерно-энергетической программы	19

C.3. Прогнозы будущего роста и их толкование

25. Ежегодно Агентством публикуются[8] два обновленных прогноза глобального развития ядерных энергогенерирующих мощностей: низкий и высокий. Их подготовкой каждую весну занимаются привлеченные Агентством эксперты из различных стран мира. Они учитывают все действующие реакторы, возможное продление лицензий, запланированные остановы и проекты строительства, которые реально могут быть осуществлены в ближайшие несколько десятилетий. Они составляют прогнозы по каждому проекту в отдельности, оценивая их осуществимость сначала на основе допущений, предусмотренных низким прогнозом, а затем на основе допущений, предусмотренных высоким прогнозом.

26. В настоящем разделе кратко излагаются результаты рассмотрения обоих прогнозов по принципу "снизу вверх"; затем они интерпретируются с учетом замечаний, содержащихся в предыдущих разделах настоящего доклада.

C.3.1. Низкий прогноз

27. Низкий прогноз предполагает сохранение нынешних тенденций с небольшими изменениями в политике, касающейся ядерной энергетики. При этом не предполагается, что будут достигнуты все национальные плановые показатели развития ядерной энергетики. Это «консервативный, но вероятный» сценарий.

---

[8] Energy, Electricity and Nuclear Power Estimates for the Period up to 2050, Reference Data Series No. 1 (IAEA-RDS-1), 2014 Edition.

28. В таблице 3 показаны результаты расчета по низкому прогнозу, который указывает на умеренный рост общемировых мощностей ядерной энергетики - с нынешних 372 ГВт (эл.) до 401 ГВт (эл.) к 2030 году[9]. Это на 34 ГВт (эл.) меньше, чем предусматривалось прошлогодним низким прогнозом на 2030 год, и на 145 ГВт (эл.) меньше по сравнению с прогнозом на 2030 год, сделанным незадолго до аварии на АЭС "Фукусима-дайити". Однако общемировые показатели не дают представления о совершенно разнонаправленных региональных тенденциях, которые отражены в отдельных колонках таблицы 3. Отмечено значительное сокращение мощностей в Северной Америке, Европе и странах ОЭСР из региона Тихого океана, стагнация в Африке, некоторый рост в Латинской Америке, странах СНГ и регионе АСЕАН, а также значительное расширение мощностей на Ближнем Востоке и странах Азии, не входящих в ОЭСР.

ТАБЛИЦА 3. Низкий прогноз изменения объема ядерно-энергетических мощностей, которые будут установлены до 2030 года, по регионам, в ГВт (эл.) (на основе данных из публикации IAEA-RDS-1, 2014 Edition).

	Северная Америка	Латинская Америка	Европа	СНГ	Африка	Ближний Восток	ОЭСР - Тихий океан	АСЕАН	Страны Азии, не входящие в ОЭСР	Во всем мире
2013 г.	112,6	4,1	125,0	37,1	1,9	0,9	63,1	0,0	27,0	371,7
2020 г.	111,9	4,5	112,9	47,1	1,9	3,6	51,9	0,0	56,4	390,1
2025 г.	98,4	5,9	82,7	48,1	1,9	6,6	51,6	0,0	83,7	378,9
2030 г.	92,4	6,9	81,5	50,7	1,9	8,6	52,5	2,0	104,1	400,6

29. Низкий прогноз предполагает продолжение в течение еще примерно пяти лет медленного и неравномерного восстановления после глобального финансово-экономического кризиса 2008 года, за которым последует стабильный, хотя и умеренный экономический рост. В краткосрочном и среднесрочном плане крупные развивающиеся страны будут показывать в целом более высокие результаты, чем страны ОЭСР, благодаря высокому внутреннему спросу на товары и услуги, который обусловит превышающий средний уровень спрос на электроэнергию. В зоне ОЭСР, напротив, спрос на электроэнергию, вероятно, не изменится либо будет расти крайне медленно.

30. Ядерная, ветровая и гидроэнергетика принадлежат к числу энергетических технологий, характеризующихся самыми низкими показателями выброса парниковых газов (ПГ) в течение жизненного цикла. В настоящее время лишь в считанных странах и регионах инвесторы, вкладывающие средства в ядерную энергетику, получают компенсацию за применение технологий, которые позволяют смягчить последствия изменения климата. Согласно низкому прогнозу, заключение нового строгого и обязательного для всех стран соглашения о борьбе с изменением климата будет отложено на значительно более позднее время по сравнению с ныне предусмотренными сроками: 2015 год (заключение соглашения) и 2020 год (вступление соглашения в силу). Независимо от судьбы нового международного соглашения в некоторых странах и регионах продолжится реализация стратегий снижения выбросов ПГ в энергетике,

[9] В прогнозах учтены все имеющиеся мощности, которые классифицированны государствами-членами как "действующие", независимо от того, эксплуатируются они в настоящее время или временно остановлены. В 2013 году значительная часть мощностей Японии, указанных в таблице 3 в графе "ОЭСР - Тихий океан", находилась в состоянии временного останова.

однако в целом с упором на возобновляемые источники энергии и меры повышения энергоэффективности. В других местах, в частности в большинстве развивающихся стран, предпочтительным видом топлива для производства электроэнергии и далее будет уголь.

31. После медленного восстановления экономики консервативные игроки на рынках капитала, вероятно, будут воздерживаться от финансирования ядерно-энергетических проектов, которые обычно связаны с большими первоначальными капиталовложениями. Как и для ядерной энергетики, для других технологий, таких, как ветровая, солнечная и гидроэнергетика, характерна структура затрат с высокой стоимостью на начальном этапе, но большой размер коммерческих ядерных установок – от 1000 до 1600 МВт (эл.) по сравнению с несколькими МВт (эл.) для отдельных ветровых или солнечных установок – делает финансирование их строительства проблематичным.

32. В мире есть лишь несколько энергетических компаний, которые располагают финансовыми резервами и капитализацией, достаточными для финансирования сооружения АЭС из собственных средств. Для многих небольших стран затраты на строительство АЭС составляют существенную долю их годового валового внутреннего продукта. Как правило, для создания АЭС требуется внешняя финансовая поддержка. Конечно, применение альтернативных региональных схем, в которых соседние страны совместно сооружают первую АЭС, позволит уменьшить инвестиционные требования к каждому участнику и преодолеть возможные ограничения, связанные с малым размером национальных энергосетей, однако такие региональные подходы вряд ли будут учитываться в низком прогнозе.

33. Не везде имеются или могут применяться механизмы менеджмента и смягчения финансовых рисков, особенно в условиях либерализованного рынка. Частные компании, финансирующие ядерные проекты, требуют государственных гарантий, которые позволили бы им окупить свои вложения. Эти гарантии могут предоставляться в различных формах. К ним относятся гарантии по кредитам, долгосрочные соглашения о закупке энергии (СЗЭ) и контракты на маржевую разницу (КМР). В рамках СЗЭ государственная организация обязуется выкупать определенный объем электроэнергии по фиксированному тарифу в течение продолжительного периода времени, например, 15 или более лет. СЗЭ – это краеугольный камень большинства схем, основанных на принципе "строительство-владение-эксплуатация" (например, турецкий проект АЭС "Аккую"). КМР в сбыте электроэнергии – это договор между энергопредприятием и частным или государственным партнером, в котором оговорены минимальная и максимальная цена киловатт-часа энергии. Если рыночная цена падает ниже минимального уровня, партнер компенсирует энергопредприятию разницу между минимальной и рыночной ценами. Если рыночная цена превышает максимальный уровень, энергопредприятие возмещает партнеру разницу между рыночной и максимальной ценами. Эти механизмы (гарантии по кредитам, СЗЭ и КМР) обеспечивают инвесторам и владельцам АЭС более прогнозируемую прибыль в условиях либерализованного рынка электроэнергии. Тем не менее предусмотренный в низком прогнозе умеренный рост ядерной энергетики на либерализованном рынке основан на предположении, что в массовом порядке такие механизмы использоваться не будут.

34. Страны, которые приступили к строительству первой АЭС или создали большинство необходимых механизмов, пользуются финансовыми средствами, частично или полностью поступающими из страны-поставщика. Строительство четырех новых реакторов в Объединенных Арабских Эмиратах финансируется правительством ОАЭ и корейским консорциумом, возглавляемым Корейской электроэнергетической корпорацией. В Турции компания, занимающаяся реализацией проекта, находится в совместном владении Турции и Российской Федерации, и затраты на строительство, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

будут полностью профинансированы российской стороной. В соглашениях, подписанных Бангладеш, Беларусью и Вьетнамом, также определено, что основная часть финансовых средств поступит из Российской Федерации.

35. Добыча сланцевого газа расширяется не только в США, но и в других регионах мира. Обусловленные этим низкие цены на природный газ наряду с увеличением субсидирования неустойчивых мощностей для производства электроэнергии из возобновляемых источников ограничивает как перспективы роста ядерной энергетики в некоторых развитых странах, так и экономически выгодный срок службы некоторых существующих станций. Широкое предложение сланцевого газа также ограничит рост цен на уголь на местных и международных рынках. Такие тенденции согласуются с результатами расчетов по низкому прогнозу.

36. В некоторых странах в связи с аварией на АЭС "Фукусима-дайити" было отложено принятие политических решений о создании ядерной энергетики, наращивании существующих или замене выводимых из эксплуатации мощностей. Следовательно, результаты расчетов по низкому прогнозу отражают длительные задержки в строительстве новых ядерных объектов. Если страны, имеющие предварительные планы поэтапного вывода из эксплуатации, начнут их реализацию, это также обусловит низкие показатели роста, указанные в низком прогнозе.

37. Различия по регионам, указанные в низком прогнозе, и относительно небольшой глобальный ежегодный рост (менее 0,5%) в период до 2030 года отражают недавние наблюдения и тенденции на различных рынках, описанные в разделе B. В низком прогнозе 2014 года перенос центра роста ядерной энергетики из Северной Америки и Европы в крупные развивающиеся страны, в первую очередь азиатские, выражен еще более явно, чем в прогнозах предыдущих лет.

38. Увеличение объема генерирующих мощностей будет по большей части происходить в странах, уже имеющих ядерно-энергетические программы. К 2030 году число стран с действующими АЭС вырастет с 30 до 35. К этой группе присоединятся восемь стран, совокупная установленная ядерная мощность которых в 2030 году составит 13 ГВт (эл.). Три страны (Армения, Бельгия и Германия), имеющие в общей сложности 18,4 ГВт (эл.) мощности[10], к 2030 году уже выйдут из состава группы.

C.3.2. Высокий прогноз

39. Высокий прогноз предполагает, что нынешний финансово-экономический кризис будет преодолен относительно скоро и что прежние показатели экономического роста и спроса на электроэнергию восстановятся. При этом предполагается проведение жесткой мировой политики, направленной на смягчение последствий изменения климата.

40. В соответствии с высоким прогнозом (таблица 4), общая мощность ядерной энергетики к 2030 году достигнет 699 ГВт (эл.), что на 327 ГВт (эл.) больше, чем в 2013 году. Рост произойдет во всех регионах, но будет иметь разные величины. После незначительного первоначального снижения Европа выйдет к 2030 году на уровень 144 ГВт (эл.), что примерно на 10 ГВт (эл.) выше, чем до аварии на АЭС "Фукусима-дайити". В Северной Америке мощности увеличатся на 23% - со 113 ГВт (эл.) до 139 ГВт (эл.). В обоих регионах будут уверенно обращены в спять тенденции к снижению, описанные в низком прогнозе. Наибольшее в абсолютном выражении увеличение (170 ГВт (эл.)) ожидается в странах Азии, не входящих в

[10] Общая цифра включает следующие данные по Тайваню, Китай: 5032 ГВт (эл.)

ОЭСР. Если не учитывать регион Ассоциации государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН), в котором произойдет рост с нуля до 9 ГВт (эл.), наибольшее относительное увеличение ожидается на Ближнем Востоке.

ТАБЛИЦА 4. Высокий прогноз изменения объема ядерно-энергетических мощностей, которые будут установлены до 2030 года, по регионам в ГВт (эл.) (на основе данных из публикации IAEA-RDS-1, 2014 Edition).

	Северная Америка	Латинская Америка	Европа	СНГ	Африка	Ближний Восток	ОЭСР - Тихий океан	АСЕАН	Страны Азии, не входящие в ОЭСР	Во всем мире
2013 г.	112,6	4,1	125,0	37,1	1,9	0,9	63,1	0,0	27,0	371,7
2020 г.	118,7	5,8	124,8	55,2	1,9	6,6	71,7	0,0	78,8	463,5
2025 г.	124,2	7,9	130,0	63,6	1,9	11,4	81,2	2,0	135,6	557,7
2030 г.	138,9	14,5	144,3	78,2	9,9	13,4	93,7	9,0	197,3	699,2

41. Различные региональные тенденции, учтенные при составлении таблицы 4, будут включать успешное создание ядерной энергетики рядом новых стран к 2030 году. Так, согласно высокому прогнозу, к 2030 году ядерные установки общей мощностью 36 ГВт (эл.) появятся еще в 19 странах, в результате чего количество стран с действующими АЭС достигнет 47. Тем не менее, как и в низком прогнозе, рост мощностей будет обусловлен в большей степени расширением в странах с уже существующей ядерной энергетикой, чем в странах, приступающих к реализации новых ядерных программ.

42. Предварительные планы постепенного вывода из эксплуатации в Японии и на Тайване, Китай, реализованы не будут, при этом другие страны необязательно будут выполнять принятые на данный момент решения по поэтапному выводу из эксплуатации в соответствии с первоначальным графиком.

43. В течение ближайших нескольких лет мировая экономика, по всей видимости, вернется к докризисным темпам и тенденциям роста. Несмотря на улучшение энергоэффективности, глобальный спрос на электроэнергию увеличивается, в основном за счет стран с формирующейся рыночной экономикой; среди них будут и страны, приступающие к осуществлению новых или расширению уже существующих ядерно-энергетических программ. Этим развивающимся странам могут особенно пригодиться низкоуглеродные источники энергии для транспорта, которые позволят избежать загрязнения воздуха и выбросов углерода.

44. В 2020 году в соответствии с графиком вступит в силу обязательное для всех международное соглашение об ограничении выбросов ПГ. Таким образом будет задана траектория действий в отношении всех выбросов мира, соответствующая цели Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата, которая заключается в предупреждении опасного антропогенного воздействия на климатическую систему за счет сдерживания роста глобальной температуры до менее чем 2°C по сравнению с доиндустриальной эпохой. Во многих странах ядерная энергетика будет признана как эффективное в финансовом отношении средство для смягчения последствий изменения климата[11].

[11] См. Climate Change and Nuclear Power 2013, IAEA, 2013.

45. Хотя строгая политика, касающаяся смягчения последствий изменения климата, будет и далее способствовать применению возобновляемых источников энергии и мер энергоэффективности, будет увеличиваться и синергия между традиционным базовым энергопроизводством на АЭС и непостоянным производством энергии на солнечных и ветровых установках. Ожидаемое к середине 2020-х годов промышленное внедрение реакторов малой и средней мощности (РМСМ) может увеличить гибкость при эксплуатации АЭС.

46. В течение нескольких десятилетий по мере замещения угля для балансировки нагрузки в энергосетях, необходимой при переключении между возобновляемыми источниками энергии и АЭС, в качестве топлива может использоваться природный газ. Комбинированное использование природного газа, возобновляемых источников энергии и ядерной энергетики может принести существенные выгоды, касающиеся климата.

47. В других регионах проявятся те же тенденции, которые ранее наблюдались в Азии: по мере накопления опыта все больше энергоблоков будут сооружаться в установленные сроки и в пределах бюджетных ассигнований. Уроки, извлеченные из строительства первых АЭС данного типа, а также связанные с ним ошибки, помогут оптимизировать весь процесс – от планирования до завершения строительства – и сократить время сооружения и объем затрат. Успешный опыт реализации проектов укрепит доверие инвесторов и усилит поддержку со стороны общественности.

C.3.3. Сравнение высокого и низкого прогнозов

48. Рисунок 3 иллюстрирует различия между высоким и низким прогнозами, свидетельствующие о серьезной неопределенности в плане прогнозирования будущего ядерной энергетики. Нынешние планы, представленные в разделе C.2, соответствуют диапазону, который охватывают оба прогноза. Так, 9 стран, которые имеют конкретные планы подключить свои первые АЭС к энергосетям к 2030 году, укладываются в диапазон между низким прогнозом, по которому таких стран будет 7, и высоким прогнозом, по которому таких стран будет 18. Несмотря на сокращение удельного веса АЭС в мировом производстве электроэнергии в низком прогнозе примерно до 9% к 2030 году, в абсолютном выражении продолжается, пусть и весьма умеренными темпами, рост мирового объема генерации. Иначе обстоит дело в тех регионах Азии, где производство электроэнергии на АЭС продолжает увеличиваться темпами, близкими к темпам общего роста электроэнергетики.

49. В высоком прогнозе доля ядерной энергетики в общем объеме электроснабжения в 2030 году оценивается в 13%, что несколько выше ее нынешнего показателя. Это подразумевает более быстрый рост ядерной энергетики, чем электроэнергетической отрасли в целом, и такая тенденция в большей степени выражена в развивающихся странах, чем в странах ОЭСР. Согласно высокому прогнозу, в мире появится 33-36 новых реакторов, которые будут подключаться к энергосети ежегодно, начиная примерно с 2025 года. Наибольшее количество новых реакторов – 33 – было подключено к энергосистеме в 1984 году. Нынешний мировой производственный потенциал, в частности в отношении изготовления тяжелых поковок, оценивается в 30-34 реактора в год, поэтому в высоком прогнозе он не будет сдерживающим фактором. Более вероятны сложности в обеспечении твердой политической поддержки и создании равных условий для реализации всех энергетических альтернатив, которые делают сравнительные преимущества ядерной энергетики, а также связанные с ней риски более очевидными и понятными для инвесторов и общества. Другими словами, для подключения 33 реакторов к 2025 году действовать необходимо уже сегодня.

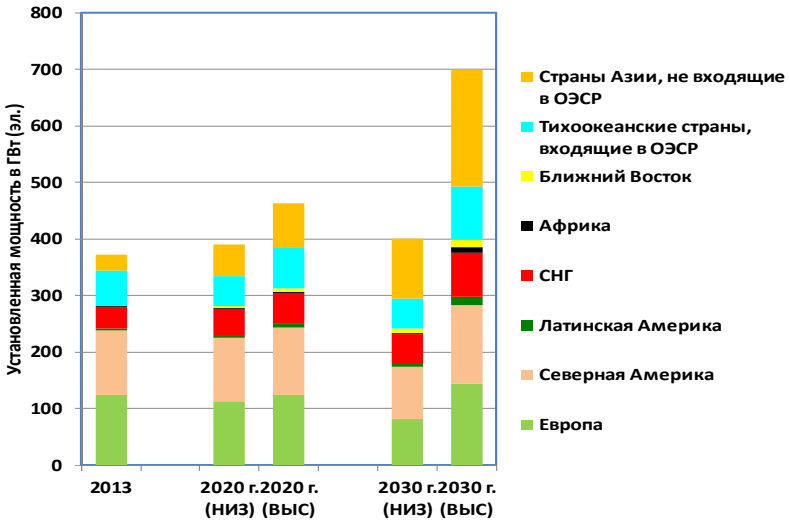

РИС. 3. Динамика изменения региональных мощностей согласно высокому и низкому прогнозам. Источник: на основе публикации IAEA-RDS-1, 2014 Edition.

50. Подготовка и низкого, и высокого прогноза на период после 2030 года сопряжена с гораздо большей неопределенностью в отношении технических, экономических и политических факторов, влияющих на выбор источников энергии. Тем не менее, если сохранить основные допущения, лежащие в основе двух прогнозов, то глобальная мощность ядерной энергетики в 2050 году предположительно достигнет 413 ГВт (эл.) по низкому прогнозу и 1092 ГВт (эл.) по высокому прогнозу.

51. Однако даже в высоком прогнозе, несмотря на значительный прирост (на 393 ГВт (эл.)) в период 2030–2050 годов, на ядерную энергетику в 2050 году будет приходиться лишь 5% мировых генерирующих мощностей. Если рассматривать фактическое производство энергии, то ее доля будет намного выше (12%), поскольку АЭС в основном используются для базового энергопроизводства.

D. Существенные факторы

52. Будущие тенденции, по всей вероятности, будут попадать в диапазон между низким и высоким прогнозами. В приведенной выше интерпретации ключевые факторы увязаны с одним либо другим прогнозом, но существуют и другие возможности. Например, ядерная энергетика и широкое предложение природного газа необязательно являются взаимоисключающими факторами в рамках высокого прогноза. Аналогичным образом, заключение нового международного природоохранного соглашения по вопросу изменения климата отнюдь не гарантирует большего роста ядерно-энергетических мощностей, чем в низком прогнозе. По сути, ядерная энергетика может процветать и в условиях низкого спроса. В настоящем разделе рассматриваются некоторые факторы, которые могут иметь значение для определения того, к какому прогнозу – низкому или высокому – будут тяготеть грядущие тенденции.

53. Наибольшую важность имеют текущие и будущие показатели безопасности всех ядерных установок. Высокие показатели безопасности имеют большое значение с точки зрения позитивного отношения общества к ядерной энергетике.

54. Не меньшую важность имеет твердая поддержка всеми политическими силами ядерной энергетики в странах, которые используют и создают ядерную энергетику. Частое возобновление общественных дебатов по ядерной теме негативно воспринимается инвесторами, обществом и специалистами из ядерной отрасли. Отсрочка политических решений о создании ядерной энергетики снижает привлекательность работы в ядерной отрасли.

55. Высокие начальные капитальные затраты ядерной энергетики, длительные периоды планирования, лицензирования и строительства и зависимость издержек от колебаний процентных ставок - все это порождает проблемы с финансированием. Тем не менее при прочих равных условиях ядерная энергетика привлекательна для инвестиций в случаях, когда прибыль ожидается лишь в долгосрочной перспективе (что обычно более приемлемо для государства, чем для частного сектора), и в странах, где финансовые риски ниже благодаря предсказуемому спросу на электроэнергию и ценам на нее, устойчивым рыночным структурам и твердой политической поддержке.

56. Откладывание решений может привести к их блокированию. Если разрабатываются неядерные альтернативы, которые требуют принципиально иной инфраструктуры электроснабжения и передачи электроэнергии (например, распределенная генерация с минимальной инфраструктурой передачи энергии), последующее подключение крупных ядерных энергоблоков будет все более проблематичным.

57. Продление лицензий на эксплуатацию и повышение мощности существующих АЭС – более привлекательный с экономической точки зрения и менее противоречивый вариант, чем строительство новых ядерных объектов. Его экономическая привлекательность объясняется ограниченным объемом модернизации и изменений систем безопасности в связи с повышением мощности и общей амортизацией таких станций. Меньшая противоречивость в основном обусловлена тем, что эти станции уже известны местному населению. Хотя на объектах, построенных по старым проектам, в целях соблюдения текущих норм безопасности и модернизируются соответствующие системы, они никогда не смогут полностью сравняться с наилучшими имеющимися технологиями, которые используются на новых АЭС. Это может привести к возникновению проблем в области политики, требующих поиска компромиссов между безопасностью и экономическими показателями старых и новых проектов.

58. Демонстрация прогресса в проектировании и создании пунктов захоронения высокоактивных отходов (ВАО) может сильно повлиять на политическое и общественное признание ядерной энергетики. Наиболее благожелательное отношение общества характерно для стран, в которых имеются ясные стратегии обращения с отходами и наглядно продемонстрирован прогресс в создании действующих пунктов захоронения ВАО.

59. Наличие РМСМ могло бы значительно расширить рыночный потенциал ядерной энергетики как в странах с небольшими или островными энергосетями, так и в странах с развитыми ядерно-энергетическими программами и стагнирующим спросом на электроэнергию. РМСМ позволяют сократить время выхода на рынок и уменьшить финансовые риски инвесторов, что делает их более удобными для финансирования. Модульные РМСМ можно использовать на гибкой основе; такая схема позволяет реагировать на неустойчивость спроса и, кроме того, больше подходит для неэлектрических энергетических применений.

60. Дальнейшие события будут зависеть от того, какие из нескольких прецедентов, которые создаются в настоящее время, окажутся более убедительными для различных стран. С одной стороны, Германия, обладающая современной наукоемкой экономикой, планирует полностью ликвидировать свою ядерную энергетику к 2022 году, а для удовлетворения будущего спроса

на энергию широко использовать возобновляемые источники энергии и меры повышения энергоэффективности. С другой стороны, в 2012 году ОАЭ стали первой за 27 лет страной, начавшей строительство первой АЭС, которую планируется подключить к энергосети в 2017 году. Как уже говорилось в разделе C.2, многие другие страны намерены последовать этому примеру. Степень успешности того или иного альтернативного подхода может значительно повлиять на то, какой выбор сделают другие страны.

61. Не менее важно то, насколько активно будет проводиться политика содействия использованию возобновляемых источников энергии по мере изменения их стоимости как для налогоплательщиков, так и для потребителей. Директивные меры, обязывающие страны увеличивать долю возобновляемых источников энергии в своем энергобалансе, подкрепленные значительными субсидиями, могут помешать росту ядерной энергетики, когда доля возобновляемых источников в энерготранспортной системе приблизится к 15–20 процентам. Операторы энерготранспортных систем распределяют потоки энергии исходя из предельной себестоимости производства. Электричество, полученное на солнечных и ветровых установках и имеющее нулевую предельную себестоимость, направляется (при его наличии) в первую очередь, и в результате электроэнергия, полученная из всех других источников, в том числе на АЭС, оказывается на менее приоритетных позициях. Обязательства по гарантированной закупке электроэнергии из возобновляемых источников (независимо от того, востребована она или нет), а также льготные тарифы на нее еще больше деформируют рынок электроэнергии и увеличивают системные издержки[12].

62. Кроме того, непостоянство и непрогнозируемость выработки энергии из возобновляемых источников требует быстрого реагирования системы (например, наличия нагруженного резерва, наращивания и снижения нагрузки, использования или пополнения гидроэнергетических хранилищ) для сохранения ее целостности и стабильности. Возможность наращивания и снижения нагрузки в пределах больших диапазонов мощности не характерна для ядерной энергетики, кроме случаев, когда в сети имеется множество АЭС, как во Франции; в этом случае многие станции могут одновременно корректировать уровень мощности в небольшом диапазоне.

63. Большое число экологических преимуществ ядерной энергетики может склонить чашу весов в ее пользу, если эти преимущества можно будет исчислить в денежном выражении и сделать наглядными для директивных органов, инвесторов и общества. Как уже упоминалось, жесткая политика в области смягчения последствий изменения климата позволит улучшить экономические показатели ядерной энергетики по сравнению с энергией из органического топлива при условии, что о ядерной технологии будут судить по ее выгодам для климата, по уровню которых она не уступает другим технологиям с низкими выбросами ПГ.

64. Другие преимущества ядерной энергетики, которые могут склонить различные страны к выбору в ее пользу, заключаются в уменьшении воздействия на качество воздуха, укреплении энергетической безопасности и возможности диспетчерского управления базисной нагрузкой со стабильными и предсказуемыми издержками. Политика борьбы с загрязнением воздуха, аналогичная недавно объявленной в Китае, делает электроэнергию на основе органического топлива более дорогостоящей по сравнению с ядерной энергетикой и электричеством из возобновляемых источников. Сделать ядерную энергетику более привлекательной также можно будет за счет монетизации вклада разных источников энергии в обеспечение

[12] В Германии субсидии и льготные тарифы для ветровой и солнечной электроэнергетики привели к парадоксальной ситуации: в стране зафиксированы одни из самых низких оптовых цен и одни из самых высоких розничных цен в ЕС.

энергетической безопасности. Наконец, механизмы компенсации за мощность или компенсации за энергопроизводство с возможностью диспетчерского управления обеспечат дополнительный доход владельцам АЭС.

65. В долгосрочной перспективе ни одна отрасль не может существовать без инноваций. Разработка инновационных проектов АЭС и усовершенствованных топливных циклов - первейшая обязанность ядерной отрасли. Другие аспекты инноваций, такие, как новые бизнес-модели, схемы финансирования или создание благоприятного инвестиционного климата, находятся в зоне ответственности других секторов. Инновации внедряются во все проекты ядерных объектов в целях сокращения расходов и повышения уровня безопасности. Промышленное внедрение РМСМ является одним из важных направлений активных исследований, разработок и демонстрации, а также может стать определяющим фактором реализации высоких прогнозов, описанных ранее. В Обзоре ядерных технологий – 2014 отмечается, что на различных этапах исследований, разработок и демонстрации находятся 45 инновационных концепций РМСМ, и по нескольким проектам РМСМ уже строятся.

66. Другие конструкции, такие, как быстрые реакторы и высокотемпературные реакторы, не будут играть решающей роли до 2030 года, однако могут стать значимым фактором позднее, особенно если в целях обеспечения устойчивости потребуется сведение к минимуму отходов (их объема и продолжительности существования) и сохранение ресурсов.

67. Центральным элементом успешного и безопасного создания ядерной энергетики стало участие заинтересованных сторон в разработке политики и принятии инвестиционных решений, особенно имеющих потенциальные последствия для безопасности. Участие заинтересованных сторон стало необходимым при выработке национальной позиции в странах, приступающих к развитию ядерной энергетики, и при выборе площадок для строительства новых ядерных объектов и пунктов захоронения ВАО. Заинтересованные стороны могут также принимать участие в рассмотрении компетентности и эффективности регулирующих органов.

68. Для будущего ядерной энергетики ключевое значение имеет доверие общественности. Различный уровень такого доверия в разных странах и районах показывает, каким образом люди рассматривают и воспринимают преимущества и риски, связанные с ядерной энергетикой (как правило, в отрыве от рисков и преимуществ неядерных альтернатив). Всеобъемлющее и прозрачное энергетическое планирование с участием заинтересованных сторон и с учетом всех доступных стране вариантов использования технологий и топлива помогает сделать выбор в пользу реалистичных путей развития энергетики. Заинтересованные стороны, не принадлежащие к ядерному сообществу, обычно пользуются у населения большим доверием, чем представители ядерной отрасли. Таким образом, они могут лучше разъяснить проблемы радиационных рисков и воздействия радиации и вопросы эксплуатационной безопасности и донести информацию о них.

69. Ядерная энергетика находится на парадоксальном этапе развития. С одной стороны, как представляется, наступила пора уменьшить уровень ожиданий. Начиная с 2010 года прогнозы Агентства в отношении ожидаемого в 2030 году объема установленных мощностей ядерной энергетики в мире каждый год были ниже, чем прогнозы, сделанные в предыдущем году (рис. 4). Тем не менее в таблице 2 представлен ряд стран, намеревающихся создавать ядерную энергетику, и в долгосрочной перспективе у отрасли сохраняется высокий потенциал. Некоторые экономические, технологические и политические факторы, которые могут влиять на развитие событий в том или ином направлении, находятся вне сферы контроля не только ядерной отрасли, но и правительств. На другие могут оказать некоторое влияние отрасль, правительства и даже Агентство.

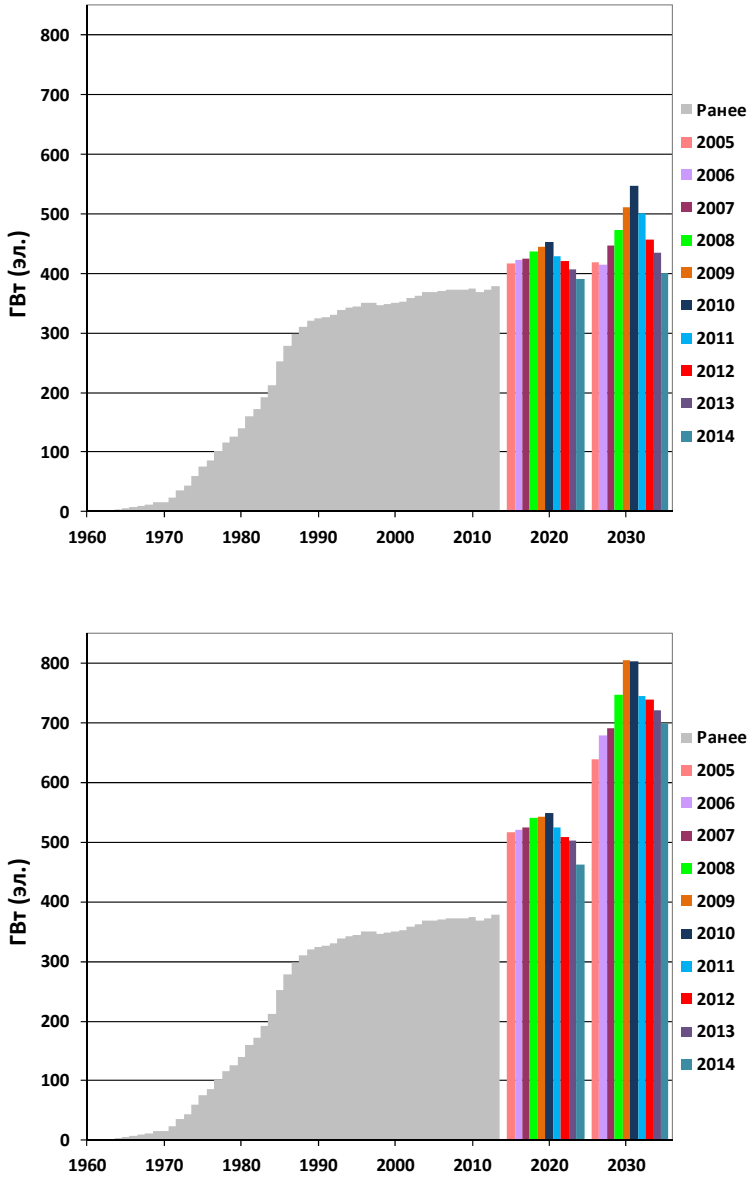

РИС. 4. Низкий (вверху) и высокий (внизу) прогнозы Агентства в отношении развития глобальной ядерной энергетики. Источник: публикации IAEA-RDS-1, издания 2005–2014 годов.