

Совет управляющих Генеральная конференция

GOV/INF/2012/12-GC(56)/INF/6

28 августа 2012 года

Общее распространение

Русский

Язык оригинала: английский

Только для официального пользования

Пункт 6 (а) предварительной повестки дня Совета
(GOV/2012/34)

Пункт 16 предварительной повестки дня Конференции
(GC(56)/1 и Add.1)

Международное состояние и перспективы ядерной энергетики - 2012

Доклад Генерального директора

Резюме

- В своей резолюции GC(55)/RES/12 Генеральная конференция предложила Секретариату обновить в 2012 году его доклад "Международное состояние и перспективы ядерной энергетики" (документ GC(54)/INF/5, изданный в 2010 году), в котором представлен всеобъемлющий обзор международного состояния и перспектив ядерной энергетики. Настоящий доклад подготовлен во исполнение этой резолюции.

Международное состояние и перспективы ядерной энергетики - 2012

Доклад Генерального директора

А. События в период с 2010 года

1. После двух лет небольшого снижения общемировая мощность АЭС сначала возросла на 4 ГВт (эл.) в 2010 году до 375 гигаватт (ГВт (эл.)), а затем сократилась в 2011 году до 368 ГВт (эл.) после аварии на АЭС «Фукусима-дайти». В 2010 году к энергосети были подключены 5 новых реакторов, а 1 реактор был окончательно выведен из эксплуатации. В 2011 году были подключены 7 новых реакторов, а 13 реакторов были окончательно выведены из эксплуатации. Из этих 13 случаев вывода из эксплуатации 12 произошли непосредственно из-за аварии на АЭС «Фукусима-дайти». Число новых реакторов, сооружение которых началось, в 2010 году возросло седьмой год подряд до 16, но в 2011 году сократилось до 4.

2. Предполагается, что в общемировом масштабе авария замедлит развитие ядерной энергетики, но не обратит его вспять. Согласно обновленному низкому прогнозу Агентства от 2011 года общемировая мощность АЭС возрастет с 370 ГВт (эл.) на сегодняшний день¹ до 501 ГВт (эл.) в 2030 году, что ниже на 8% по сравнению с прогнозом 2010 года. Согласно обновленному высокому прогнозу эта мощность возрастает до 746 ГВт (эл.) в 2030 году, что на 7% ниже прогноза 2010 года.

3. В странах, приступающих к развитию ядерной энергетики, интерес остаётся высоким. Среди стран, которые не имеют ядерной энергетики и которые до аварии на АЭС «Фукусима-дайти» решительно заявляли о своих намерениях продолжить разработку ядерно-энергетических программ, некоторые впоследствии аннулировали или пересмотрели свои планы, другие заняли выжидательную позицию, однако большинство стран продолжили реализацию своих планов. В сентябре 2011 года была введена в эксплуатацию АЭС в Исламской Республике Иран.

4. В Красной книге издания 2011 года «Uranium: Resources, Production and Demand» («Уран: ресурсы, производство и спрос»), подготовленной совместно Агентством по ядерной энергии (АЯЭ) Организации экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) и МАГАТЭ, объем известных традиционных ресурсов урана со стоимостью добычи ниже 130 долл./кг U оценивается в 5,3 Мт U, что на 1,4% ниже по сравнению с изданием 2009 года. Исходя из прогнозируемых в 2012 году темпов потребления срок эксплуатации ресурсов объемом 5,3 Мт U составляет 78 лет.

¹ 30 июня 2012 года.

5. В декабре 2010 года Совет управляющих Агентства утвердил создание банка низкообогащенного урана (НОУ) МАГАТЭ, который будет финансироваться за счет добровольных взносов в размере 150 млн долл. Агентство приняло предложение Казахстана о размещении банка на его территории. В феврале 2011 года вступило в силу соглашение между правительством Российской Федерации и Агентством о создании в Ангарске, Российская Федерация, запаса низкообогащенного урана (НОУ). В марте 2011 года Совет управляющих одобрил предложение Соединенного Королевства о ядерной топливной гарантии (ЯТГ), к которому присоединились Европейский союз (ЕС), Российская Федерация и США. В августе 2011 года в США открылся доступ к Американскому гарантийному запасу топлива. В нем имеется 230 тонн НОУ с обогащением 4,95%.

6. В 2010 году в Финляндии в ходе строительства подземной лаборатории для исследования скальных пород ОНКАЛО, которое предшествует сооружению пункта захоронения отработавшего топлива, была достигнута глубина окончательного захоронения. Компания по обращению с ядерными отходами «Посива» намерена в конце 2012 года подать заявку на получение лицензии на строительство пункта хранения, а в 2020 году начать окончательное захоронение. В марте 2011 года Шведская компания по обращению с ядерным топливом и отходами (СКБ) подала заявку на получение лицензии на строительство пункта окончательного захоронения отработавшего топлива в Форсмарке, и, по ее оценкам, окончательное захоронение может быть начато к 2025 году. Совет ЕС утвердил директиву Совета 2011/70/Euratom от 19 июля 2011 года, устанавливающую основные положения Сообщества по ответственному и безопасному обращению с отработавшим топливом и радиоактивными отходами, в котором предусмотрены согласованные нормы для всех стран – членов ЕС и согласно которому они должны разработать национальные программы и проинформировать Европейскую комиссию (ЕК) к августу 2015 года о ходе работы, а затем делать это раз в три года.

7. Примером технического прогресса стало подключение в 2011 году к энергосети в Китае экспериментального реактора бассейнового типа на быстрых нейтронах (CEFR) мощностью 65 МВт (тепл.) (20 МВт (эл.)). В Аргентине в 2011 году начались земляные работы на площадке для прототипной установки с реактором CAREM мощностью 27 МВт (эл.), реактора малой мощности с водой под давлением (PWR), в котором все основные компоненты расположены внутри корпуса реактора. В 2010 году в Южной Африке вследствие, в частности, финансовых трудностей в связи с мировым финансовым кризисом была приостановлена реализация планов по переходу к этапу строительства в рамках проекта по сооружению модульного реактора с шаровыми твэлами (PBMR). Проект по-прежнему законсервирован в целях защиты интеллектуальной собственности и вложенных материальных средств.

В. Современное состояние ядерной энергетики

В.1. Использование ядерной энергии

8. В 2011 году на АЭС было произведено 12,3% мировой электроэнергии и примерно 5,1% общего объема первичной энергии, использованной во всем мире. Большая часть электроэнергии по-прежнему вырабатывается с помощью органического топлива.

9. Ядерная энергетика используется для производства электроэнергии для населения с 1954 года, и с этого времени АЭС работали в 33 странах². В настоящее время в 30 странах эксплуатируется 435 реакторов с суммарной мощностью 370 ГВт (эл.)³. Кроме того, ведется строительство еще 62 энергоблоков суммарной мощностью 59,2 ГВт (эл.)⁴. В 2011 году на АЭС было выработано 2517 млрд кВт•ч электроэнергии. Общий опыт эксплуатации в отрасли насчитывает в настоящее время 14 700 реакторо-лет.

10. Доля АЭС в суммарном производстве электроэнергии в разных регионах весьма различна, что видно в таблице В-1. В 2011 году больше всего электроэнергии вырабатывалось на АЭС в Западной Европе (25,7%). Меньше всего - на Среднем Востоке и в Южной Азии (1,8%) и в регионе Юго-Восточной Азии и Тихого океана (0%). В общемировом масштабе доля АЭС в производстве электроэнергии сократилась с 16% в 2002 году до 12,3% в 2011 году.

ТАБЛИЦА В-1. Потребление (в ЭДж) различных видов топлива для производства электроэнергии и их доля (%) в 2011 году

Регион	Тепловые а)		Гидроэнергия		Ядерная энергия		Возобновляемые виды б)		Итого	
	Потребление (ЭДж)	%	Потребление (ЭДж)	%	Потребление (ЭДж)	%	Потребление (ЭДж)	%	Потребление (ЭДж)	%
Северная Америка	30,2	63,0	2,6	15,6	9,6	18,8	1,0	2,6	43,4	100
Латинская Америка	5,5	39,5	2,8	57,4	0,3	2,2	0,4	0,9	9,0	100
Западная Европа	14,4	51,3	1,9	16,8	8,7	25,7	1,1	6,3	26,1	100
Восточная Европа	17,8	65,6	1,0	15,5	3,7	18,7	0,03	0,2	22,5	100
Африка	6,1	80,9	0,4	16,5	0,1	2,0	0,06	0,5	6,6	100
Средний Восток и Южная Азия	22,9	87,3	0,7	10,9	0,4	1,8	0,0	0,02	24,0	100
Юго-Восточная Азия и Тихий океан	7,5	88,4	0,3	9,3			0,4	2,3	8,2	100
Дальний Восток	48,6	78,0	3,1	13,9	4,7	6,9	0,7	1,1	57,0	100
Всего	152,9	68,2	12,8	17,4	27,5	12,3	3,7	2,1	196,8	100

а) В столбце "Тепловые" объединены твердые и жидкие виды топлива, газы, биомасса и отходы.

б) В столбце "Возобновляемые виды" объединены ресурсы, использующие геотермальную, ветровую, солнечную и приливную энергию.

В.2. Имеющиеся технологии реакторов

11. Из общего числа находящихся в эксплуатации коммерческих реакторов приблизительно 82% - это реакторы с легководным замедлителем и легководным теплоносителем; 11% - это реакторы с тяжеловодным замедлителем и тяжеловодным теплоносителем; 3% - это газоохлаждаемые реакторы и 3% - это водоохлаждаемые реакторы с графитовым замедлителем. Имеется два реактора с жидкометаллическим замедлителем и жидкометаллическим теплоносителем. В таблице В-2 приводятся данные о количестве, типах и полезной электроэнергетической мощности находящихся в настоящее время в эксплуатации АЭС.

² Аргентине, Армении, Бельгии, Болгарии, Бразилии, Венгрии, Германии, Индии, Исламской Республике Иран, Испании, Италии, Казахстане, Канаде, Китае, Литве, Мексике, Нидерландах, Пакистане, Республике Корея, Российской Федерации, Румынии, Словакии, Словении, Соединенном Королевстве, Соединенных Штатах Америки, Украине, Финляндии, Франции, Чешской Республике, Швейцарии, Швеции, Южной Африке и Японии.

³ Этот суммарный показатель включает 6 реакторов на Тайване, Китай, совокупной мощностью 5018 МВт(эл.).

⁴ Если не указано иного, все эти статистические данные по состоянию на 30 июня 2012 года.

ТАБЛИЦА В-2. Распределение реакторов по типам в настоящее время⁵

Страна	PWR		BWR		GCR		PHWR		LWGR		FBR		Всего	
	К-во	МВт (эл.)	К-во	МВт (эл.)	К-во	МВт (эл.)	К-во	МВт (эл.)	К-во	МВт (эл.)	К-во	МВт (эл.)	К-во	МВт (эл.)
АРГЕНТИНА							2	935					2	935
АРМЕНИЯ	1	375											1	375
БЕЛЬГИЯ	7	5927											7	5927
БОЛГАРИЯ	2	1906											2	1906
БРАЗИЛИЯ	2	1884											2	1884
ВЕНГРИЯ	4	1889											4	1889
ГЕРМАНИЯ	7	9496	2	2572									9	12068
ИНДИЯ			2	300			18	4091					20	4391
ИРАН, ИСЛАМ. РЕСПУБЛИКА	1	915											1	915
ИСПАНИЯ	6	6057	2	1510									8	7567
КАНАДА							18	12604					18	12604
КИТАЙ	13	10496					2	1300			1	20	16	11816
КОРЕЯ, РЕСП.	19	17886					4	2785					23	20671
МЕКСИКА			2	1300									2	1300
НИДЕРЛАНДЫ	1	482											1	482
ПАКИСТАН	2	600					1	125					3	725
РОССИЯ	17	12864							15	10219	1	560	33	23643
РУМЫНИЯ							2	1300					2	1300
СЛОВАКИЯ	4	1816											4	1816
СЛОВЕНИЯ	1	688											1	688
СОЕД. КОР-ВО	1	1191			15	8055							16	9246
США	69	67368	35	34097									104	101465
УКРАИНА	15	13107											15	13107
ФИНЛЯНДИЯ	2	976	2	1760									4	2736
ФРАНЦИЯ	58	63130											58	63130
ЧЕШСКАЯ РЕСПУБЛИКА	6	3766											6	3766
ШВЕЙЦАРИЯ	3	1700	2	1563									5	3263
ШВЕЦИЯ	3	2816	7	6509									10	9325
ЮЖНАЯ АФРИКА	2	1830											2	1830
ЯПОНИЯ	24	19284	26	24931									50	44215
Во всем мире	272	250289	84	77720	15	8055	47	23140	15	10219	2	580	435	370003

а. Примечание. Общемировые совокупные данные включают следующие данные по Тайваню, Китай: 2 PWR общей мощностью 1840 МВт (эл.) и 4 BWR общей мощностью 3178 МВт (эл.), т.е. в общей сложности 6 реакторов суммарной мощностью 5018 МВт (эл.).

12. Большинство действующих реакторов были спроектированы в конце 60-х и в 70-х годах XX века, и сегодня уже не предлагаются на рынке. Постепенно увеличивалась проектная мощность реакторов, что позволяло добиться экономии за счет масштаба. Мощность многих первых реакторов, поступивших в коммерческую эксплуатацию в 50-е годы прошлого века, не превышала 50 МВт (эл.). Мощность действующих в настоящее время реакторов составляет от менее чем 100 МВт (эл.) до 1500 МВт (эл.). По состоянию на 30 июня 2012 года средняя мощность находившегося в эксплуатации реактора составляла 851 МВт (эл.).

13. Имеющиеся в настоящее время технологии реакторов в целом представляют собой развитие предыдущих проектных решений с учетом следующих аспектов: 1) срок службы 60 лет, 2) упрощенное техническое обслуживание – в подключенном состоянии или во время останова, 3) меньшая сложность и более сжатые сроки строительства, 4) учет соображений безопасности и надежности на самых ранних стадиях проектирования, 5) современные технологии цифровых блоков управления и человеко-машинного интерфейса, 6) проектирование системы безопасности с учетом оценки рисков, 7) обеспечение простоты в эксплуатации за счет сокращения числа вращающихся компонентов, 8) широкое использование пассивных систем (гравитация, естественная циркуляция, суммарное давление и т.д.), 9) дополнительное оборудование для смягчения последствий тяжелых аварий, 10) полные и стандартизированные проекты с обеспечением предшествующего лицензированию процесса.

⁵ По состоянию на 30 июня 2012 года. Источник: МАГАТЭ (ПРИС).

14. Хотя в данной отрасли традиционно ставилась задача достижения экономии за счет масштаба, сооружение реакторов малой и средней мощности (PMCM) продолжается. "Малой" называется мощность менее 300 МВт (эл.). "Средней" называется мощность от 300 МВт (эл.) до 700 МВт (эл.). PMCM разрабатываются для использования в изолированных районах или в небольших энергосистемах с ограниченным числом межсистемных связей, подобных таким, которые существуют в развивающихся странах, причем их сооружение требует менее масштабных капиталовложений, что позволяет сократить финансовые риски. Было предложено использовать передвижные реакторы малой мощности для возведения электростанций в виде предварительно собранных комплектов.

В.3. Людские ресурсы

15. Прогнозируемый рост объемов ядерной энергетики, о котором говорится в разделе С.4, потребует увеличения численности рабочей силы, обладающей необходимыми навыками. Тем не менее, даже в ряде стран с действующими АЭС наблюдались спады в сфере обучения и подготовки кадров в ядерной области, причем многие страны сталкиваются со значительными трудностями при решении проблемы ожидаемого сокращения численности имеющегося персонала даже на работающих в настоящий момент реакторах. В документе 2011 года "Nuclear Pipeline Survey" ("Обследование кадровой ситуации в ядерной отрасли"), подготовленном Институтом ядерной энергии, указано, что потенциальный объем сокращения численности персонала в США в течение ближайших пяти лет составляет 39%, т.е. приблизительно 22 300 человек. Аналогичные показатели для Европы приводит Европейский наблюдательный совет по людским ресурсам в ядерно-энергетическом секторе, который был создан Европейской комиссией для отслеживания ситуации со спросом и предложением в отношении ядерных экспертов в Европейском союзе. В документе "Nuclear Education and Training: From Concern to Capability" ("Образование и подготовка кадров в ядерной области: от проблем к возможностям"), подготовленном АЯЭ/ОЭСР в 2012 году, отмечено, что правительства признали наличие проблемы, и Испания, Соединенное Королевство, США, Финляндия и Франция в числе прочих провели обследования с целью выявить нынешние и будущие потребности. В целом, хотя реализован ряд национальных инициатив по укреплению потенциала в области образования, меры по решению проблем с людскими ресурсами имеют разную эффективность, поэтому требуются более последовательные усилия на международном уровне. В мае 2011 года Агентство приступило к реализации Глобального обследования трудовых ресурсов ядерно-энергетической отрасли, с тем чтобы получить точные оценки нынешней численности персонала, которые непосредственно задействованы в ядерной деятельности. Сбор данных проходит медленно, поэтому в целях увеличения охвата обследование было продлено и в 2012 году.

16. Страны, приступающие к развитию ядерной энергетики, сталкиваются с особыми проблемами в области людских ресурсов и будут сильно зависеть от содействия стран-поставщиков в области обучения и подготовки персонала своих первых атомных электростанций. Агентство может содействовать координации услуг, оказываемых поставщиками, а также в рамках двусторонних и многосторонних соглашений, и может дополнять их деятельность посредством семинаров-практикумов, услуг по рассмотрению, аттестации и расширения образовательных программ, а также за счет помощи в планировании кадрового обеспечения и стратегий развития людских ресурсов. Недавно США предоставили Агентству инструмент моделирования "Людские ресурсы в ядерно-энергетической отрасли" (ЛРЯЭО) для распространения среди государств-членов, особенно государств, рассматривающих возможность освоения ядерной энергетики. Инструмент позволяет оценить будущие потребности в людских ресурсах на основе национальных планов. Агентство также содействует региональным образовательным сетям в регионах Азии (АНЕНТ), Африки (АФРА-

НЕСТ) и Латинской Америки и Карибского бассейна (ЛАНЕНТ). Они обеспечивают платформу для сотрудничества и обмена примерами передовой практики.

В.4. Топливный цикл, отходы и снятие с эксплуатации

17. Топливный цикл, как правило, делится на начальную стадию (добыча руды, конверсия, обогащение и изготовление топлива), в ходе которой производятся тепловыделяющие сборки для реакторов, и конечную стадию по обращению с отработавшим ядерным топливом и ядерными отходами (включая хранение, переработку и захоронение отходов).

В.4.1. Начальная стадия топливного цикла

18. В последнем издании "Красной книги" АЯЭ/ОЭСР-МАГАТЭ "Уран-2011: ресурсы, производство и спрос" известные традиционные ресурсы урана оцениваются менее чем в 130 долл./кг U, а их объем в 5,3 Мт U, что на 1,4% меньше, чем в предыдущем издании "Уран-2009: ресурсы, производство и спрос". Для справки, 24 июля 2012 года спотовая цена на уран также составляла 130 долл./кг U.

19. Объем производства урана в 2010 году, т.е. в последнем году, информация о котором представлена в "Красной книге", составил 54 670 т U, что на 6% превышает уровень 2009 года. Объем производства в Казахстане, который является крупнейшим в мире производителем, увеличился на 27%. На Австралию, Канаду и Казахстан пришлось 62% общемирового производства. На эти три страны, а также на Намибию, Нигер, Российскую Федерацию, США и Узбекистан приходилось 92% производства. Судя по предварительным данным, окончательные показатели за 2011 год, когда они будут опубликованы, будут отражать увеличение по сравнению с уровнем 2010 года примерно до 57 230 т U.

20. Мировой объем потребления урана атомными электростанциями в 2010 году составил 63 875 т U. По оценкам Всемирной ядерной ассоциации (ВЯА), в 2011 году уровень потребления сократился до 62 552 т U после аварии на АЭС "Фукусима-дайити"⁶, однако на 2012 год ВЯА прогнозирует обратный рост до 67 990 т U⁷. Исходя из прогнозируемых в 2012 году темпов потребления, срок эксплуатации ресурсов объемом 5,3 Мт U составляет 78 лет. Эта цифра достаточно велика по сравнению с аналогичными показателями в отношении запасов другого сырья (например меди, цинка, нефти и природного газа), которых должно хватить на 30-50 лет.

21. Ресурсную базу дополняют нетрадиционные ресурсы урана и тория. К нетрадиционным ресурсам относится уран, потенциально извлекаемый из фосфатов, руд цветных металлов, карбонатитов, черных сланцев и лигнитов, ресурсы, из которых уран может быть извлечен как побочный продукт лишь в незначительных количествах, и уран из морской воды. В 2011 году лишь несколько стран (Иордания, Мексика, Перу, Финляндия, Чили, Швеция и Южная Африка) упомянули или сообщили о нетрадиционных ресурсах урана. Согласно прошлым оценкам запасы потенциально извлекаемого урана, связанного с фосфатами, рудами цветных металлов, карбонатитом, черным сланцем и лигнитом, составляют порядка 10 Мт U. Согласно имеющимся оценкам, мировые ресурсы тория составляют примерно 6 миллионов тонн. Хотя торий используется в качестве топлива только в демонстрационном режиме, расширение

⁶ WNA World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements, 1 January, 2012 (<http://www.world-nuclear.org/info/reactors0112.html>). По состоянию на 7 мая 2012 года.

⁷ World Nuclear Power Reactors & Uranium Requirements, April 2012 (<http://world-nuclear.org/info/reactors0412.html>). По состоянию на 7 мая 2012 года.

масштабов его использования будет зависеть от коммерческого внедрения реакторов на ториевом топливе, которое является постепенным процессом.

22. Промышленные установки по конверсии закиси-оксида урана (U_3O_8) в гексафторид урана (UF_6) эксплуатируются в Канаде, Китае, Российской Федерации, Соединенном Королевстве, США и Франции. Небольшие установки по конверсии действуют в Аргентине, Пакистане и Японии. Суммарные мировые мощности по конверсии остались без изменения и составили примерно 75 000 тонн природного урана в год. Суммарная величина спроса на конверсионные услуги составляет 59 000 – 65 000 т U/год.

23. Общие глобальные мощности обогащения составляют приблизительно 65 млн единиц работы разделения (ЕРР) в год, при этом общий спрос составляет приблизительно 45 млн ЕРР в год. Промышленные установки работают в Германии, Китае, Нидерландах, Российской Федерации, Соединенном Королевстве, США и Франции. Небольшие установки по обогащению эксплуатируются в Аргентине, Бразилии, Индии, Исламской Республике Иран, Пакистане и Японии.

24. В последние годы появилось несколько предложений о необходимости более эффективного обеспечения непрерывных поставок ядерного топлива, в частности в страны, приступающие к освоению ядерной энергетики. Большая часть предложений предусматривает центральную роль Агентства. В декабре 2010 года Совет управляющих Агентства утвердил создание банка НОУ МАГАТЭ, финансируемого за счет добровольных взносов в размере 150 млн долл., которые должны быть выделены Агентству. Агентство приняло предложение Казахстана о размещении банка, и в 2012 году начались официальные переговоры о заключении соглашения с принимающим государством. В феврале 2011 года вступило в силу соглашение между правительством Российской Федерации и Агентством о создании в Ангарске, Российская Федерация, запаса НОУ. Этот запас, содержащий 120 тонн НОУ, расположен в Международном центре по обогащению урана. В марте 2011 года Совет управляющих одобрил предложение Соединенного Королевства о ядерной топливной гарантии, к которому присоединились ЕС, Российская Федерация и США. Оно содержало проект типового соглашения о ЯТГ, в соответствии с которым государство, поставляющее НОУ или предоставляющее услуги по обогащению, может согласиться не прерывать поставки получателям, которые соблюдают международные обязательства и опубликованные нормы лицензирования экспорта. В августе 2011 года в США открылся доступ к Американскому гарантийному запасу топлива. В нем имеется 230 тонн НОУ с обогащением 4,95%.

25. Мировой объем мощностей по изготовлению топлива для легководных реакторов (LWR), работающих на топливе с обогащенным ураном, составляет 13 000 т U в год (обогащенного урана в тепловыделяющих сборках). Спрос на такое топливо в настоящее время составляет примерно 7 000 т U в год, а к 2020 году ожидается его увеличение до 9500 т U в год. Мощности по изготовлению природного уранового топлива для корпусных тяжеловодных реакторов (PHWR) составляют приблизительно 4 000 т U в год, а спрос на такое топливо – около 3 000 т U в год.

26. Рециклирование топлива обеспечивает поставки вторичного ядерного топлива путем использования переработанного урана и смешанного оксидного (MOX) топлива. В настоящее время мощности по изготовлению MOX-топлива составляют примерно 250 тонн тяжелого металла (ТМ). На сегодняшний день во всем мире MOX-топливо используется приблизительно в 30 LWR.

В.4.2. Конечная стадия топливного цикла

27. Некоторые страны рассматривают отработавшее топливо в качестве отходов, подлежащих захоронению как высокоактивные отходы (ВАО). Другие же рассматривают его в качестве ресурса для переработки и потенциального повторного использования. В настоящее время существует рынок переработки и повторного использования, но не существует рынка хранения или захоронения.

28. На данный момент не имеется никаких действующих пунктов захоронения ВАО, поэтому запасы отработавшего топлива увеличиваются, и значительную часть этого отработавшего топлива придется хранить в течение более длительных периодов, чем предполагалось первоначально, возможно, более 100 лет. В 2011 году из всех ядерных энергетических реакторов было выгружено в качестве отработавшего топлива около 10 500 тонн тяжелого металла (ТМ). Общий совокупный объем отработавшего топлива, выгруженного по состоянию на декабрь 2011 года, составил приблизительно 350 500 т ТМ, из которых приблизительно 240 000 т ТМ отправлены на хранение. Остальное выгруженное топливо было переработано. Общемировые промышленные мощности по переработке, составившие приблизительно 4800 т ТМ в год, были сосредоточены в четырех странах: Индии, Российской Федерации, Соединенном Королевстве и Франции. В Японии строительство промышленного завода по переработке топлива производительностью 800 т ТМ/год в Роккасё было почти завершено, но в результате землетрясения и цунами, произошедших 11 марта 2011 года, дальнейшие работы были приостановлены.

29. Наибольшего прогресса в создании пунктов захоронения ВАО добились Финляндия, Франция и Швеция. В 2010 году в Финляндии в ходе строительства подземной лаборатории для исследования скальных пород ОНКАЛО, которое предшествует сооружению пункта захоронения отработавшего топлива, была достигнута глубина окончательного захоронения. Компания по обращению с ядерными отходами "Посива" намерена в конце 2012 года подать заявку на получение лицензии на строительство пункта хранения, а в 2020 году начать окончательное захоронение. В январе 2012 года национальное агентство Франции по обращению с радиоактивными отходами "Андра" подписало договор о проектировании будущего глубинного геологического хранилища в регионе Мёз–Верхняя Марна на востоке Франции, начало эксплуатации которого запланировано на 2025 год. В марте 2011 года Шведская компания по обращению с ядерным топливом и отходами (СКБ) подала заявку на получение лицензии на строительство пункта окончательного захоронения отработавшего топлива в Форсмарке, и, по ее оценкам, окончательное захоронение может быть начато к 2025 году.

30. В ЕС в июле 2011 года Совет ЕС утвердил директиву об обращении с отработавшим топливом и радиоактивными отходами, в которой предусмотрены согласованные нормы для всех стран – членов ЕС и согласно которой они должны разработать национальные программы и проинформировать Европейскую комиссию (ЕК) к августу 2015 года о ходе работы, а затем делать это раз в три года.

31. Помимо ВАО, связанных с отработавшим топливом, в течение всего топливного цикла образуются низко- и среднеактивные отходы (НСАО). Обработка, кондиционирование и долгосрочное хранение НСАО – это отработанные технологии, и обычно они осуществляются на тех ядерных установках, где были произведены отходы. Ряд стран уже эксплуатируют промышленные пункты захоронения НСАО, и еще ряд стран ведут их строительство. Однако некоторые страны с действующими АЭС пока не смогли определиться в отношении выбора площадок и строительства пунктов захоронения НСАО, в первую очередь из-за негативного восприятия политическими кругами и общественностью.

В.4.3. Снятие с эксплуатации

32. Когда энергетические реакторы достигают конца своего жизненного цикла, они снимаются с эксплуатации. Снятие с эксплуатации предусматривает их демонтаж, производимый контролируемым образом, последующее обращение с образующимися радиоактивными отходами и их удаление.

33. Имеется три основных варианта: немедленный демонтаж, долгосрочная безопасная изоляция с последующим демонтажем и консервация, также называемая захоронением на месте или захоронением на площадке. Обычно консервация применяется в случае небольших установок. Выбор между немедленным демонтажем и долгосрочной безопасной изоляцией зависит от наличия пунктов захоронения и уверенности в их наличии в будущем, наличия финансовых средств (которые могут отсутствовать, если реактор остановлен раньше запланированного срока или если отсутствовало обязательное условие о накоплении таких средств в течение срока эксплуатации реактора), прогнозируемых затрат (которые уменьшаются по мере снижения уровня излучения и совершенствования технологий), обеспокоенности в связи с утратой рабочих мест в районах нахождения заглушаемых реакторов, планов по будущему использованию площадки (возможно, для строительства новых реакторов), предпочтений заинтересованных сторон, а также применимых национальных законов, регулирующих положений и стратегий обращения с отработавшим топливом.

34. По состоянию на декабрь 2011 года были остановлены 124 энергетических реактора. Из их числа 16 были полностью демонтированы, 50 находились в процессе демонтажа, 49 – в режиме безопасной изоляции, 3 – на консервации, а для 6 стратегия снятия с эксплуатации еще не была определена.

В.5. Промышленные мощности

35. Количество ядерных энергетических реакторов, находившихся в стадии строительства, достигло максимального уровня 233 в 1979 году. Затем оно снизилось до 30-40 в 1995–2005 годах, после чего увеличилось до 62 по состоянию на 30 июня 2012 года (рис. В-1). Произошедший после 1980-х годов спад в отрасли ядерных поставок привел к корректировкам, которые зачастую осуществлялись путем консолидации, в частности в Северной Америке и Европе. Мощности Индии, Китая и Республики Корея, напротив, увеличивались за счет развития на местах, причем ожидается увеличение их роли в удовлетворении будущих мировых потребностей в квалифицированных специалистах по строительству ядерных объектов. В настоящем разделе освещены некоторые недавние события, касающиеся расширения промышленных мощностей в связи с прогнозируемым ростом объемов ядерной энергетики, о котором говорится в разделе С.4.

36. Поставщики тяжелого промышленного оборудования находятся в Китае, Республике Корея, Российской Федерации, Франции, Чешской Республике и Японии. Новые мощности создаются компаниями "Джапан стил уоркс" (ДжСУ) и "Джапан кастинг энд форджинг корпорейшн" (ДжКФК) в Японии, "Шанхай электрик групп" и дочерними фирмами в Китае, компаниями "Доосан" в Республике Корея, "Ле Крезо" во Франции, "Пльзень" в Чешской Республике, а также компаниями "ОМЗ-Ижора" и "ЗиО-Подольск" в Российской Федерации.

37. В Канаде бывший государственный поставщик реакторов "Атомик энерджи оф Кэнада лимитед" был частично приватизирован в 2011 году. Подразделения компании, отвечающие за поставку ядерных энергетических реакторов и ядерные услуги, были проданы инженерно-строительной группе "СНК-Лавалин" и переименованы в "Канду энерджи инк". Оставшаяся часть компании, сохранившая название АЭКЛ, в настоящее время занимается НИОКР, проектированием, инженерно-техническими работами, специализированными технологиями, обращением с отходами и снятием с эксплуатации. Она сохранила в собственности и продолжает эксплуатировать ядерные лаборатории в Чок-Ривер.

38. В Китае в 2011 году Государственная корпорация ядерных энерготехнологий (ГКЯЭТ) и Шанхайский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт ядерной техники (СНЭРДИ) вместе с "Вестингауз" завершили предварительный проект Китайского усовершенствованного энергетического реактора (САР-1400), также называемого крупной усовершенствованной ядерно-энергетической установкой с реактором PWR с пассивными свойствами безопасности (LPP). Это дает Китаю возможность экспортировать этот проект в сотрудничестве с "Вестингаузом".

39. Республика Корея разрабатывает предназначенный на экспорт усовершенствованный энергетический реактор (APR+) мощностью 1500 МВт (эл.), а также EU-APR 1400 для европейского рынка, (см. пункт 84), а в Российской Федерации основной поставщик компонентов реакторов "ОМЗ" вдвое увеличивает мощности по производству крупных поковок на своем предприятии "Комплект-Атом-Ижора" до уровня 3-4 корпуса высокого давления в год.

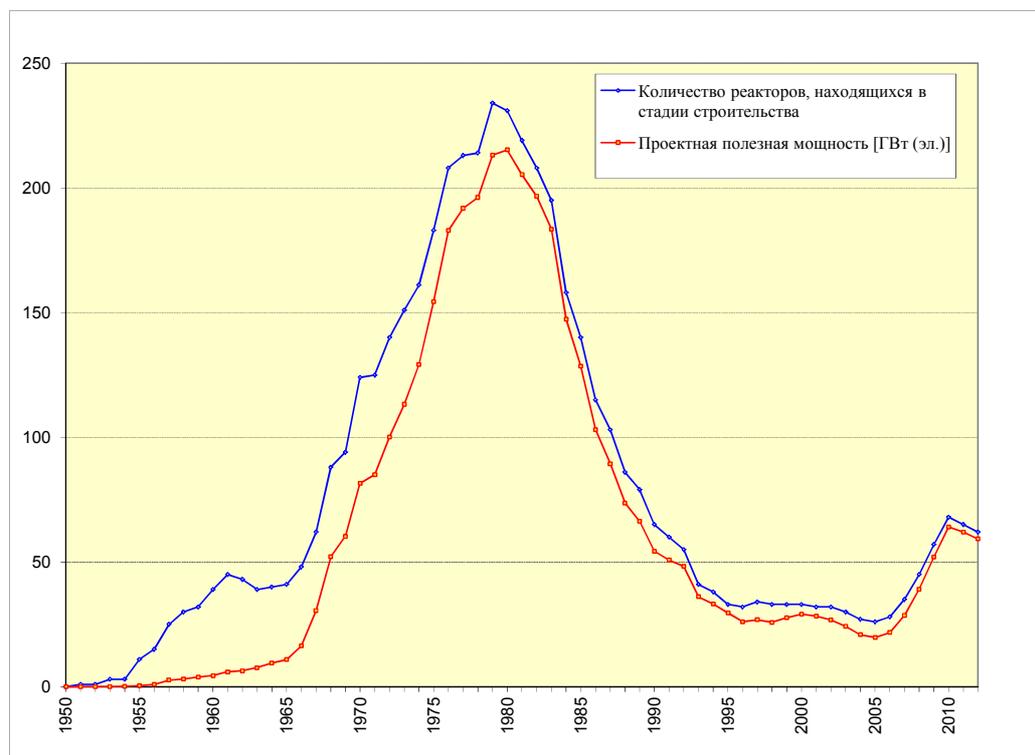


РИС. В-1. Количество (и общая мощность) реакторов, находящихся в стадии строительства, 1951-2010 годы. Источник: МАГАТЭ (ПРИС).

С. Перспективы дальнейшего использования ядерной энергии

С.1. Перспективы в странах, уже использующих ядерную энергетику

40. В таблице С-1 обобщается имеющаяся информация о планах расширения деятельности в странах с действующими в настоящее время АЭС плюс в Литве, которая имеет 43,5 реакторо-года опыта эксплуатации, но после того, как в конце 2009 года был остановлен второй энергоблок Игналинской АЭС, не имеет действующих реакторов. Таблица основывается на выступлениях представителей государств-членов на Генеральной конференции МАГАТЭ 2011 года, а также иных публичных выражениях их позиции.

С.2. Перспективы в странах, рассматривающих возможность развития ядерной энергетики

41. С середины первого десятилетия XXI века развивающиеся страны начинают проявлять или вновь проявляют интерес к ядерной энергетике. Хотя после аварии на АЭС «Фукусима-дайити» некоторые страны изменили свою позицию, а некоторые заняли выжидательную позицию, по-прежнему проявляют интерес к ней страны, рассматривающие возможность развития ядерной энергетики или планирующие ее развитие.

42. В таблице С-2 показано число стран, находящихся на разных стадиях рассмотрения возможности развития ядерной энергетики или разработки ядерно-энергетических программ. Некоторые делают только первые шаги в ядерной области, другие, например Бангладеш, Вьетнам и Египет, в течение определенного времени уже составляют планы развития ядерной энергетики. Третьи, 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 развития ядерной энергетики или планируют его. Объединяет их всех то, что все они рассматривают возможность разработки ядерно-энергетических программ, составляют конкретные планы или приступают к их реализации, но еще не подключили к энергосети первую АЭС.

ТАБЛИЦА С-1. Позиция стран с действующими АЭС плюс Литвы

Категория	Число стран
Ведут строительство нового(ых) блока(ов) и планируют/предлагают строительство дальнейших	11
Ведут строительство нового(ых) блока(ов), но не определились с политикой в отношении строительства большего числа блоков	2
Не ведут строительство блоков, но имеют планы/предложения по строительству нового(ых) блока(ов)	10
Не ведут строительство блоков, и в настоящее время не имеют планов/политики в отношении строительства новых блоков	4
Твердая политика не строить новых блоков и/или закрыть существующие блоки	4

ТАБЛИЦА С-2. Позиция стран, не имеющих АЭС⁸

Описание группы	Число стран 2012 год	Число стран 2010 год	Число стран 2008 год
Изучают возможность реализации ядерной программы для удовлетворения имеющихся потребностей в энергии и с высокой долей вероятности приступят к ее осуществлению	14	14	14
Активно готовятся к возможной реализации ядерно-энергетической программы, но не приняли окончательного решения	6	7	7
Приняли решение о внедрении ядерной энергетики и начали подготовку соответствующей инфраструктуры	6	10	5
Разместили заказ на строительство АЭС	3	2	0
Ведут строительство новой АЭС	0	1	1

43. Из 29 стран, рассматривающих возможность развития ядерной энергетики или планирующих его в 2012 году, 10 расположены в азиатско-тихоокеанском регионе, 10 – в африканском регионе, 7 – в Европе (в основном в Восточной Европе) и 2 – в Латинской Америке.

44. Даже после аварии на АЭС «Фукусима-дайити» некоторые страны предпринимают конкретные шаги с целью приступить к развитию ядерной энергетики. В 2011 году в Объединенных Арабских Эмиратах (ОАЭ) Ядерно-энергетическая корпорация Эмиратов объявила конкурсные торги на конверсию и обогащение урана для обеспечения топливом первых реакторов ОАЭ. В Турции компания «Аккую нуклеар сантрал электрик уретим», занимающаяся реализацией соответствующего проекта, подала заявки на получение разрешения на строительство и лицензии на производство энергии. Беларусь подписала контракт с Российской Федерацией на строительство двух реакторов, а Бангладеш подписала межправительственное соглашение с Российской Федерацией на строительство также двух реакторов. Вьетнам подписал кредитное соглашение с Российской Федерацией для финансирования своей первой атомной электростанции и объявил о намерении подписать аналогичное соглашение с Японией.

45. В сентябре 2011 года Исламская Республика Иран начала ввод в эксплуатацию своей первой АЭС в Бушере, что стало запуском первой АЭС в стране, делающей первые шаги в ядерной области, за 15 лет.

⁸ В предыдущие издания этой публикации включались две дополнительные группы, но они не включены в настоящее издание, поскольку они не улучшают существенным образом понимание растущих ожиданий в отношении ядерной энергетики среди развивающихся стран. Одна группа включала страны, которые не планировали внедрения АЭС, но были заинтересованы в изучении связанных с ним вопросов, но оказалось затруднительным характеризовать тенденции, и из года в год наблюдались большие колебания в числе стран. Вторая группа включала страны, в которых велась подготовка к объявлению конкурсных торгов на строительство АЭС, но это оказалось затруднительным и-за стран, которые предпочитали производить заказ на строительство станций в рамках прямых двусторонних соглашений, а не путем объявления конкурсных торгов.

46. В начале 80-х годов прошлого века отмечались довольно устойчивые темпы увеличения числа стран с действующими АЭС, что видно из рис. С-1. До присоединения к числу таких стран в 2011 году Исламской Республики Иран только три страны подключили к энергосети свои первые АЭС в период после аварии на Чернобыльской АЭС – Китай, Мексика и Румыния. Страны, планирующие в настоящее время сооружение своих первых АЭС, делают это спустя 15 лет после строительства в мире последней АЭС. Из стран, рассматривающих возможность строительства своей первой АЭС или планирующих его, 9 конкретно установили плановые сроки ввода в эксплуатацию до 2030 года.

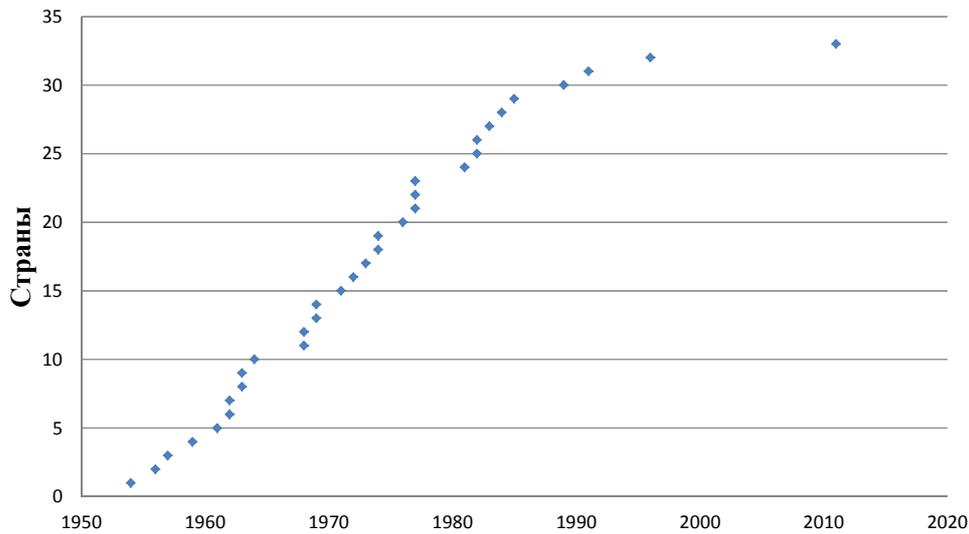


РИС. С-1. Число стран, эксплуатирующих или эксплуатировавших АЭС. Источник: МАГАТЭ (ПРИС)

47. В целом данные, приведенные в таблицах С-1 и С-2, соответствуют тенденциям, нашедшим отражение в высоких и низких прогнозах Агентства, которые излагаются ниже: иными словами, в прогнозах относительно будущего ядерной энергетики сохраняется значительная доля неопределенности, а прирост в сфере ядерной энергетики, как прогнозируется, будет в большей степени связан с расширяющими свои программы странами с развитой ядерной энергетикой, нежели со странами, приступающими к реализации ядерно-энергетических программ. Девять стран, конкретно установивших плановые сроки ввода в эксплуатацию до 2030 года, укладываются в диапазон между низким прогнозом Агентства, по которому 7 стран подключат свою первую станцию к сети к 2030 году, и высоким прогнозом, по которому таких стран будет 16.

С.3. Потенциальные факторы, способствующие развитию ядерной энергетики

48. Основные факторы, способствующие росту интереса к ядерной энергетике примерно с 2005 года и росту числа запусков строительства, что видно из рис. В-1, не изменились после аварии на АЭС «Фукусима-дайити»: увеличение спроса на энергию, в особенности на электроэнергию; неустойчивость цен на органическое топливо; экологические проблемы и обострение проблем энергетической безопасности.

С.3.1. Спрос

49. По всей видимости, мировой спрос на энергию и электричество будет в ближайшие десятилетия возрастать. Ни одна из заслуживающих доверия кратко- или долгосрочных энергетических оценок не свидетельствует об обратном. Рост численности населения в мире и надежды на развитие, свойственные нынешним развивающимся странам, где значительная доля населения по-прежнему не имеет доступа к электричеству, ведут к еще более высоким темпам роста спроса на электроэнергию, чем суммарного спроса на первичную энергию. Все исследования сходятся в том, что рост спроса будет главным образом происходить в развивающихся странах.

50. Судя по последнему усредненному прогнозу численности населения, сделанному ООН, к 2030 году она возрастет на 1,5 млрд человек, а к 2050 году – еще на 1 млрд человек, в результате чего население планеты составит около 9,3 млрд человек⁹. Всемирный банк прогнозирует среднегодовой рост мировой экономики порядка 3,1% до 2015 года и 2,5% в период между 2015 и 2030 годами¹⁰. Самые высокие темпы роста будут отмечаться в развивающихся странах. Исходя из этих двух главных факторов, способствующих росту спроса на энергию, Международное энергетическое Агентство (МЭА) ОЭСР прогнозирует увеличение спроса на электроэнергию с 21 300 ТВт.ч в 2010 году до 30 390-35 470 ТВт.ч к 2030 году в зависимости от экологической политики. Восемьдесят процентов роста будет приходиться на страны, не являющиеся членами ОЭСР. Расширение рамок анализа до 2050 года дает рост спроса на электроэнергию до 37 660-46 190 ТВт.ч¹¹.

С.3.2. Цены на органическое топливо и экономика

51. Подверженность цен на органическое топливо на международном рынке колебаниям на существенно возросших уровнях остается одним из главных факторов, вызывающих беспокойство как в развитых, так и в развивающихся странах мира. В случае многих развивающихся стран, находящихся в зависимости от импорта энергии, высокие цены на импортное топливо ведут к существенному сокращению их ограниченных доходов от экспорта и мешают их экономическому развитию. Учитывая растущий мировой спрос на энергию и нежелание основных производителей увеличивать темпы инвестиций в разведочные работы и дополнительные производственные мощности, отчасти из-за экономической неопределенности, маловероятно, что в ближайшей перспективе высокие уровни цен на органическое топливо понизятся.

52. Вместе с тем, введение в хозяйственный оборот больших объемов сланцевого газа, наблюдавшееся в последнее время в США, изменило тенденцию к росту цен на природный газ и опровергло предположение о том, что нетрадиционные органические виды топлива непременно являются более дорогостоящими по сравнению с их традиционными аналогами. Залежи сланца широко распространены во многих частях мира, но их газоносность очень различается, что делает прогнозы в отношении коммерчески доступного сланцевого газа крайне неопределенными. Существует также неопределенность в отношении восприятия общественностью из-за опасений экологического и медицинского характера, связанных с его извлечением с применением гидроразрыва пласта. Как отмечается в разделе С.3.3,

⁹ UNDESA (United Nations Department of Economic and Social Affairs). 2010. World Population Prospects. The 2010 Revision. [Online] Available from: <http://esa.un.org/unpd/wpp/index.htm>

¹⁰ World Bank. 2009. Global Economic Prospects: Commodities at the Crossroads, [Online] Available from: http://siteresources.worldbank.org/INTGEP2009/Resources/10363_WebPDF-w47.pdf

¹¹ IEA (International Energy Agency). 2010. Energy Technology Perspectives 2010: Scenarios and Strategies to 2050. [Online] Available from: <http://titania.sourceoecd.org/vl=13668216/cl=27/nw=1/rpsv/~6673/v2010n11/s1/p1>

использование сланцевого газа ведет также к образованию выбросов двуокси углерода, а попадающий в атмосферу сланцевый газ имеет еще более мощный прямой парниковый эффект.

53. Экономическое развитие требует наличия надежного и доступного источника электроэнергии, вырабатываемой в базовом режиме. В отличие от производства электроэнергии на электростанциях, работающих на органическом топливе, затраты на топливо в ядерной энергетике не превышают нескольких процентов от затрат на выработку электроэнергии. Увеличение цен на уран в два или три раза ведет к росту затрат на производство электроэнергии лишь на 4–6%. При выработке же электроэнергии с использованием органического топлива дело обстоит совсем иным образом: увеличение затрат на топливо в два раза ведет к повышению суммарных затрат на генерирование электроэнергии на 40–70%. Таким образом, подверженность цен колебаниям – это фактор, вызывающий большую озабоченность, когда речь идет о производстве электроэнергии на основе органического топлива.

С.3.3. Окружающая среда

54. Если исходить из продолжительности жизненного цикла, то ядерная энергетика дает выбросы лишь нескольких граммов парниковых газов (ПГ) на кВт.ч. Полный жизненный цикл включает добычу, переработку, конверсию, обогащение урана, изготовление топлива, строительство и эксплуатацию электростанции, переработку, кондиционирование отработавшего топлива, промежуточное хранение радиоактивных отходов и строительство пунктов окончательного захоронения. Выбросы в течение жизненного цикла, производимые в рамках всей технологической цепочки ядерной энергетике, сопоставимы с наилучшими технологическими цепочками на основе возобновляемых источников энергии, и они по крайней мере на один порядок величины ниже выбросов, производимых в рамках цепочек на основе органического топлива, что видно из рисунка С-2. Говоря в целом, судя по оценке, данной Межправительственной группой экспертов по изменению климата (МГЭИК), ядерная энергетика характеризуется самым значительным потенциалом и самыми низкими затратами в плане снижения образования ПГ в секторе энергетике (МГЭИК, 2007 год)¹².

55. Очень низкие выбросы ПГ в ядерной энергетике и ее высокий потенциал снижения выбросов ПГ из электроэнергетического сектора способствуют повышению интереса к ядерной энергетике. Однако без нового всеобъемлющего, обязательного долгосрочного международного экологического соглашения, которое заменило бы Киотский протокол, продленный в декабре 2011 года по крайней мере до 2017 года, не все инвесторы в новые атомные электростанции могут быть уверены в том, что получают финансовую выгоду от более низких выбросов ПГ в ядерной энергетике.

¹² IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of WGIII to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

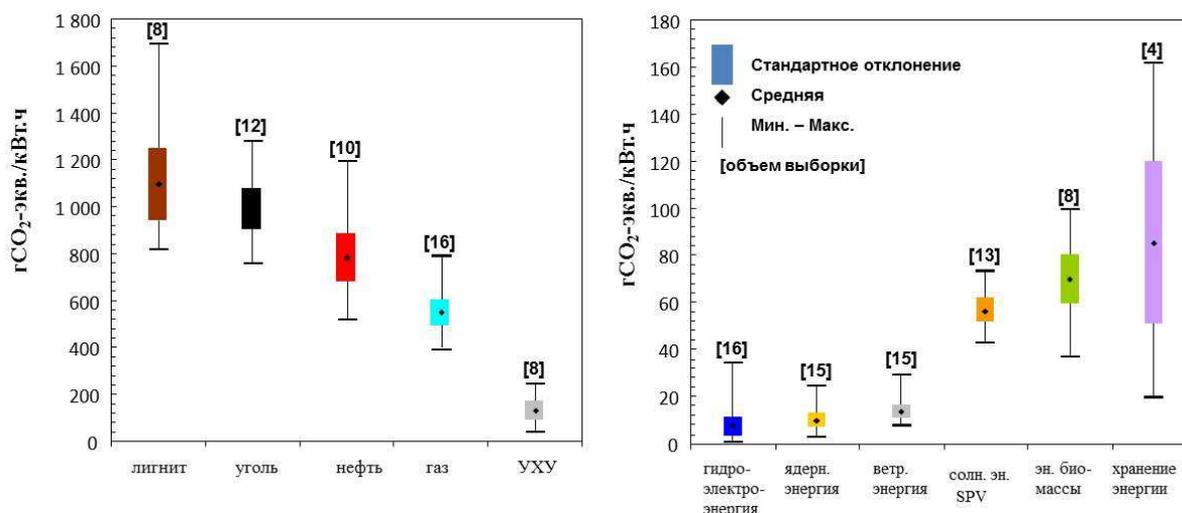


РИС. С-2. Выбросы ПГ в течение жизненного цикла по различным вариантам выработки электроэнергии. Примите к сведению, что масштаб правого сегмента на один порядок величины ниже, чем левого сегмента.

56. Помимо очень низких выбросов ПГ в ядерной энергетике, при эксплуатации она не дает выбросов каких-либо вредных газов, которые создают загрязнители воздуха, такие как оксиды азота (NO_x), двуокись серы (SO₂), и выбросов твердых частиц, которые наносят ущерб здоровью человека и являются причиной плохого качества городской воздушной среды и регионального подкисления.

С.3.4. Энергетическая безопасность

57. Диверсификация технологий, видов топлива и источников энергии и хранение стратегических запасов издавна являются главными основами обеспечения безопасности энергоснабжения. Когда ядерная энергетика является частью структуры энергетики той или иной страны, она повышает безопасность энергоснабжения и, в большинстве случаев, расширение использования ядерной энергии приведет к повышению диверсификации в электроэнергетическом секторе.

58. Ресурсы урана являются как значительными, так и географически разнесенными, о чем говорится в разделе В.4. Исходя из оценочных норм потребления на 2012 год, установленных традиционных ресурсов урана, извлекаемых с затратами менее 130 долл./кг U, хватит примерно на 78 лет. Ресурсы, имеющие более высокую стоимость и входящие в дополнительные категории, например, "прогнозируемые и умозрительные ресурсы", дополняют предварительно оцененную ресурсную базу. Переработка же, рециклирование и внедрение технологий быстрых реакторов-размножителей повысят продолжительность использования всех категорий ресурсов в 60-70 раз.

59. Плотность энергии ядерного топлива гораздо выше, чем у органического топлива, в связи с чем оно требуется в меньших объемах, что облегчает создание стратегических запасов. На практике же тенденция последних лет заключается в отказе от накопления стратегических запасов в пользу безопасности поставок, основу которых составляет диверсифицированный и эффективно функционирующий рынок урана и топливных услуг. Однако страны, которые считают это необходимым, как и прежде имеют возможность при относительно низких затратах создать стратегические запасы.

60. Длительная продолжительность эксплуатации атомных электростанций и стабильность стоимости производства энергии на них при работе в базовом режиме являются дополнительными аспектами энергетической безопасности.

С.4. Прогнозы развития ядерной энергетики

61. Ежегодно Агентство публикует два обновленных прогноза глобального роста ядерной энергетики: низкий прогноз и высокий прогноз. Обновления 2011 года учитывают последствия аварии на АЭС «Фукусима-дайти». Согласно обновленному низкому прогнозу, установленная мощность АЭС в мире возрастет с 370 ГВт (эл.) на сегодняшний день¹³ до 501 ГВт (эл.) в 2030 году, что на 8% ниже по сравнению с прогнозом 2010 года. Согласно обновленному высокому прогнозу эта мощность возрастает до 746 ГВт (эл.) в 2030 году, что на 7% ниже прогноза 2010 года. Согласно представленным в таблице С-3 данным, самый значительный рост прогнозируется в дальневосточном регионе. Другими регионами, в которых реализуются существенные ядерно-энергетические программы, являются Восточная Европа, а также Ближний Восток и Южная Азия.

ТАБЛИЦА С-3. Оценка мощностей АЭС по производству электроэнергии

Регион	2010 г.	2020 г.		2030 г.		2050 г.	
		Низкая	Высокая	Низкая	Высокая	Низкая	Высокая
Северная Америка	113,8	119	126	111	149	120	200
Латинская Америка	4,1	6,4	6,4	9	18	15	60
Западная Европа	122,9	93	126	83	141	60	170
Восточная Европа	47,4	66	80	82	108	80	140
Африка	1,8	1,8	1,8	5	16	10	48
Ближний Восток и Южная Азия	4,6	13	22	30	53	50	140
Юго-Восточная Азия и Тихий океан	0	0	0	0	6	5	20
Дальний Восток	80,6	130	164	180	255	220	450
Всего в мире	375,3	429	525	501	746	560	1228

62. На рисунке С-3 дается сравнение прогнозов Агентства и прогнозов МЭА ОЭСР и ВЯА. В низком прогнозе МАГАТЭ, в сценарии нынешних стратегий МЭА и референтном сценарии ВЯА используются аналогичные допущения "обычного хода событий" (инерционный сценарий), и все они приводят к получению сравнимых результатов. Высокие прогнозы указанных организаций также являются сравнимыми, как и низкие сценарии развития ядерной энергетики, представленные МЭА и ВЯА.

¹³ 30 июня 2012 года

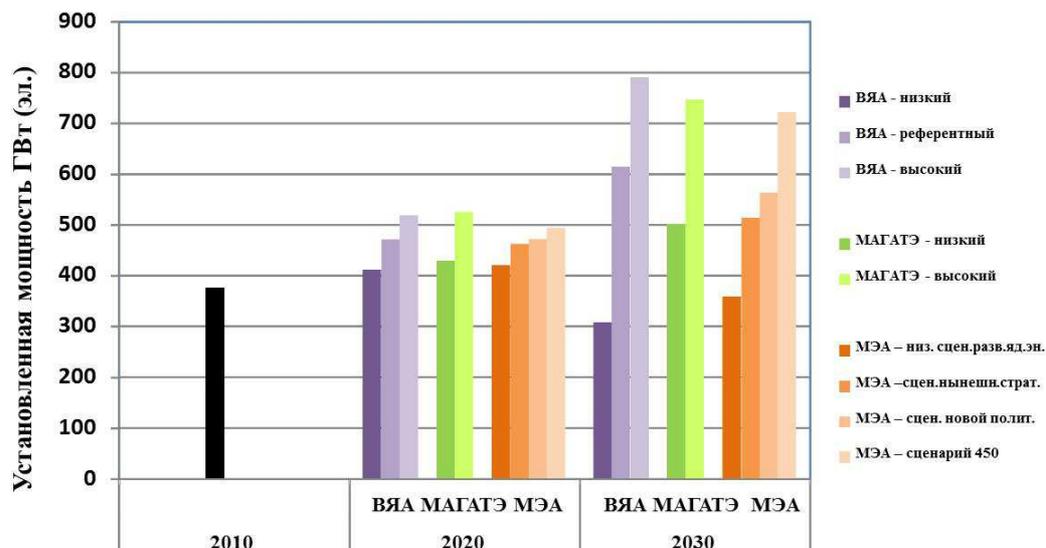


РИС. С-3. Сравнение ядерно-энергетических прогнозов МАГАТЭ (синий цвет), ВЯА (фиолетовый цвет)¹⁴ и МЭА (оранжевый цвет)¹⁵. “450” обозначает сценарий, при котором концентрация ПГ в атмосфере ограничена до 450 частей на миллион.

63. В Глобальной энергетической оценке (ГЭО), которая была представлена Международным институтом прикладного системного анализа, выступающим координатором ГЭО, на Конференции ООН по устойчивому развитию («Рио+20») в июне 2012 года, также приводятся различные сценарии будущего энергетики, включающие ядерную энергетику. Сценарии ГЭО основаны на одном сценарии экономического развития, но на трех различных группах преобразований энергетических систем. В группе ГЭО-поставки (ГЭО-П) предусматривается быстрое увеличение по всем вариантам со стороны предложения. В группе ГЭО-эффективность (ГЭО-Э) акцент делается на повышении эффективности в рамках всей энергетической системы и решениях, в том числе в отношении изменения образа жизни, направленных на ограничение спроса. В ГЭО-сочетание (ГЭО-С) отражено сочетание ГЭО-П и ГЭО-Э. В рамках этих групп в ГЭО разработаны 60 альтернативных путей, демонстрирующих многофакторные анализы чувствительности. На рисунке С-4 показаны диапазоны развития ядерной энергетики для трех этих групп в динамике по времени. Большинство анализов ГЭО были завершены до аварии на АЭС «Фукусима-дайти», и нижние пределы диапазонов ядерных мощностей являются результатом анализов чувствительности, в которых сознательно предусматривается отказ от ядерной энергетики к 2100 году. Однако нижние пределы траекторий развития ядерной энергетики истолковываются также как возможные последствия этой аварии.

¹⁴ *The Global Nuclear Fuel Market: Supply and Demand 2011–2030*, WNA, London, 2011.

¹⁵ *World Energy Outlook 2011*, OECD-IEA, Paris, 2011.

С.5. Неэлектрические применения

64. Неэлектрические применения включают производство водорода для, во-первых, улучшения качества низкокачественных нефтяных ресурсов, таких как нефтяной песок, с нейтрализацией при этом выбросов углерода, связанных с паровым риформингом метана; во-вторых, для обеспечения крупномасштабного производства синтетических видов жидкого топлива на основе биомассы, угля или других источников углерода; в-третьих, для непосредственного использования в качестве топлива транспортных средств с целью подключения к электросети в облегченном режиме транспортных средств на гибридных водородных топливных элементах. Ядерная энергия может также использоваться в нефтяной промышленности для извлечения битума с использованием парогравитационной технологии (SAGD) или сухой перегонки горючего сланца.

65. На рисунке С-5 показаны преимущества комбинированного производства электрической энергии и тепла, и этот рисунок в принципе применим и к другим неэлектрическим применениям, таким, как опреснение морской воды и производство водорода. В настоящее время насчитывается 79 реакторов, работающих в режиме комбинированного производства, и возможности для применения этой технологии в более широких масштабах представляются многообещающими. Чем большую координацию можно будет обеспечить в развитии АЭС и близлежащих промышленных и других объектов – такую, при которой на других объектах можно было бы использовать тепло, получаемое от АЭС, тем большую пользу могла бы приносить электростанция и тем с большей пользой можно было бы ее эксплуатировать. Кроме того, там, где ресурсы морской воды являются доступными, а ресурсы пресной воды ограниченными, опреснение морской воды могло бы обеспечивать как питьевую воду, так и экономичную промышленную воду для самой атомной электростанции.

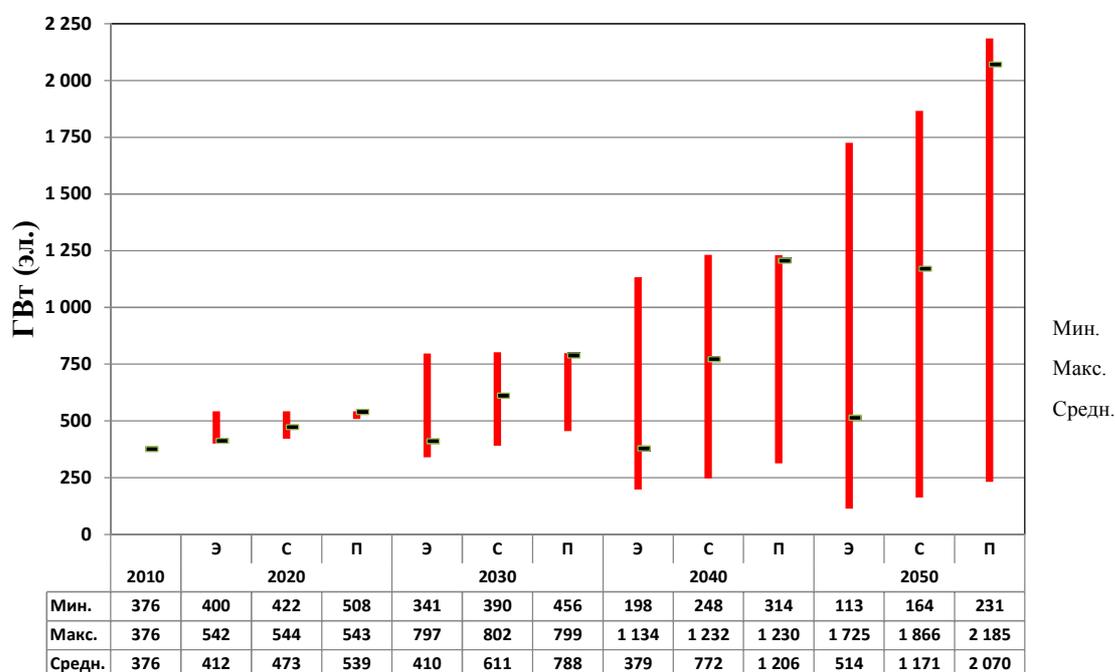


РИС. С-4. Развитие ядерной энергетики по сценариям ГЭО-П, ГЭО-Э и ГЭО-С (Источник: ГЭО, 2012 год).

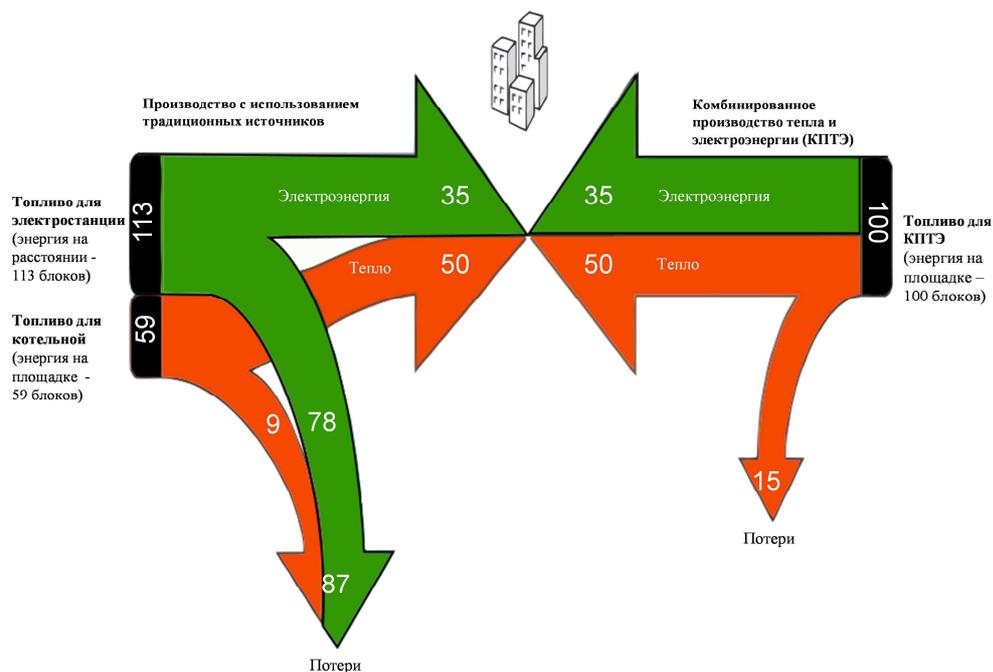


Рис. С-5. Экономия первичной электроэнергии благодаря комбинированному производству в сравнении с традиционным отдельным производством электроэнергии.

D. Проблемы в связи с развитием ядерной энергетики

D.1. Финансирование

66. АЭС относительно дорого построить и относительно недорого эксплуатировать, особенно по сравнению с электростанциями, работающими на природном газе. Их дорогостоящая на начальном этапе структура затрат сопоставима с другими технологиями с низким уровнем выбросов углерода, такими как гидроэнергетика, ветровая энергетика и солнечная энергетика.

67. Высокие начальные капитальные затраты ядерной энергетики, длительные сроки освоения с точки зрения планирования, лицензирования и строительства, а также зависимость издержек от процентных ставок - все это вызывает проблемы с финансированием. При прочих равных условиях ядерная энергетика является более привлекательной для инвестиций в случаях, когда имеется финансирование, которое предусматривает доходы в долгосрочной перспективе (что более характерно для государственного, чем для частного сектора), и где финансовые риски ниже в связи с более предсказуемым спросом на электроэнергию и изменением цен, существуют устойчивые рыночные структуры и имеется твердая политическая поддержка.

68. Частично в силу этих причин большинство из 62 строящихся в мире реакторов напрямую финансируется государственными энергокомпаниями, у которых имеется твердая правительственная поддержка, доступ к ресурсам и хорошие рейтинги кредитоспособности, что позволяет получать более выгодные кредиты и легкий доступ к международному кредитному рынку. Сюда входят такие страны, в которых полным ходом идет в настоящее время и прогнозируется развитие ядерной энергетики, а именно Индия, Китай, Республика Корея и Российская Федерация.

69. Крупные и финансово благополучные частные энергокомпании принимают участие в строительстве и финансировании меньшего числа новых реакторов, обычно в качестве партнеров в коалициях. Проекты строительства третьего энергоблока АЭС "Олкилуото" и энергокомпании "Фенновойма" в Финляндии являются примерами объединенных моделей, сочетающих корпоративное финансирование и финансирование в рамках проекта, где долевое владение и финансирование разделены между муниципалитетами, местными энергокомпаниями, промышленными потребителями электричества и стратегическими партнерами.

70. События в Соединенном Королевстве и США отражают значение предсказуемости и стабильности для частных инвесторов. В США большинство предложений о строительстве новых реакторов исходило от штатов с регулируруемыми электроэнергетическими рынками, где часть затрат может быть компенсирована за счет клиентов энергопредприятий даже во время строительства и где регулирование повышает степень предсказуемости цен на электроэнергию. Для увеличения частных инвестиций в сфере ядерной энергетики в Соединенном Королевстве инвесторы изучают такие механизмы, как «контракты на маржевую разницу», а правительство предлагает законодательство; цель и того и другого – повысить степень предсказуемости цен.

71. В случае стран, начинающих реализацию ядерно-энергетических программ, источниками финансирования частично или полностью являются страны - поставщики АЭС. Строительство четырех новых реакторов в Объединенных Арабских Эмиратах финансируется правительством Объединенных Арабских Эмиратов и корейским консорциумом, возглавляемым Корейской электроэнергетической корпорацией. В Турции компания, занимающаяся реализацией проекта, находится в совместном владении Турции и Российской Федерации, а затраты на строительство, эксплуатацию и снятие с эксплуатации будут полностью финансированы российской стороной. В соглашениях, подписанных Бангладеш, Беларусью и Вьетнамом, также определено, что большая часть финансирования будет обеспечена Российской Федерацией.

72. Ни один из прогнозов, показанных на рисунке С-3 в разделе С.4, не предусматривает более интенсивного роста доли ядерной энергетики, чем остальной части сектора электроснабжения в целом, поэтому потребности в инвестициях не будут значительно расходиться с потребностями всего сектора. Проблемы расширения нынешнего механизма финансирования в таких центрах развития ядерной энергетики как Индия, Китай, Республика Корея и Российская Федерация, вероятно, будут менее значимыми, чем проблемы обеспечения предсказуемости спроса на электроэнергию, цен и твердой политической поддержки, которые важны для стимулирования частных инвестиций в некоторых других странах.

D.2. Безопасность и надежность

73. С марта 2011 года в центре обсуждения вопросов безопасности атомных электростанций была необходимость определить и применять на практике уроки, извлеченные в результате аварии на АЭС "Фукусима-дайти".

74. В июне 2011 года состоялась Конференция МАГАТЭ по ядерной безопасности на уровне министров. Целями этой Конференции были обсуждение первоначальной оценки аварии, рассмотрение уроков, которые необходимо извлечь, содействие началу процесса повышения ядерной безопасности во всем мире, а также рассмотрение путей дальнейшего укрепления системы реагирования в случае ядерных аварий и аварийных ситуаций. Многие государства-члены провели мероприятия по анализу ситуации в рамках национальных оценок безопасности (часто называемые «стресс-тестами») и приняли обязательства в срочном порядке завершить любые оставшиеся оценки и принять все необходимые меры по устранению недостатков.

75. Предварительный анализ аварии свидетельствует о том, что регулирующие органы и операторы АЭС во всем мире должны критически рассматривать и при необходимости совершенствовать: а) меры защиты от экстремальных явлений, таких как цунами; б) способность систем энергоснабжения и охлаждения функционировать в случае тяжелых аварий; в) меры по подготовке к управлению тяжелыми авариями; и д) основы обеспечения безопасности станций при проектировании, т.е. допущения в отношении заранее предполагаемой совокупности аварий, которые следует учитывать.

76. Хотя не все уроки еще извлечены, на национальном и международном уровне уже разработаны планы действий по практическому применению предварительных уроков аварии. В Плане действий МАГАТЭ по ядерной безопасности¹⁶ определена программа работы по укреплению глобальной системы ядерной безопасности. Он был принят на Генеральной конференции в сентябре 2011 года, и в нем определяются 12 основных действий.

77. С точки зрения эксплуатации уровень безопасности АЭС во всем мире по-прежнему высокий, о чем свидетельствуют индикаторы безопасности, информацию о которых собирают Агентство и Всемирная ассоциация организаций, эксплуатирующих атомные электростанции. На рисунке С-6 показано общее число незапланированных аварийных остановов реакторов, как в автоматическом, так и в ручном режиме, на каждые 7 000 часов работы энергетических реакторов в критическом состоянии. Этот индикатор дает представление о динамике сокращения числа незапланированных совокупных остановов реакторов и обычно используется как показатель успешной деятельности по повышению безопасности станций. Как показано на рисунке С-6, в течение последнего десятилетия были достигнуты значительные улучшения, хотя не столь радикальные как в 1990-х годах. Вместе с тем сохраняется серьезный разрыв между теми, кто придерживается самых строгих норм ядерной безопасности, и теми, кто ими в значительной степени пренебрегает, и существуют возможности для дальнейшего улучшения ситуации. Увеличение этого разрыва в период с 2010 по 2011 год связано с высоким числом аварийных остановов в связи с землетрясением в марте 2011 года в Японии.

D.3. Общественное восприятие

78. Отношение населения к ядерной энергетике в разных странах и районах отражает то, как предполагаемая польза сопоставляется с предполагаемыми рисками. После аварии на АЭС "Фукусима-дайити" были проведены многочисленные опросы общественного мнения, в том числе, два широких обследования в ряде стран с аналогичными вопросами о том, поддерживают ли респонденты ядерную энергетiku или выступают против нее¹⁷, и как они относятся к ядерной энергетике – положительно или отрицательно¹⁸. В разных странах и регионах показатели приемлемости колебались в значительных пределах – от почти полного неприятия в некоторых странах до первоначально резкого падения показателей приемлемости и дальнейшего их возвращения к уровням до аварии на АЭС «Фукусима» в других странах¹⁹.

¹⁶ <http://www.iaea.org/newscenter/focus/actionplan/>

¹⁷ ИПСОС (Институт социальных исследований ИПСОС). 2011. Явно выраженное всеобщее негативное отношение к ядерной энергетике. [Онлайн] размещено на сайте: <http://www.ipsos-mori.com/researchpublications/researcharchive/2817/Strong-global-opposition-towards-nuclear-power.aspx>

¹⁸ Институт Гэллага. 2011. Воздействие землетрясения в Японии на общественное мнение о ядерной энергии: Результаты опроса Гэллага в 47 странах, проведенного компанией WIN-Gallup International. [Онлайн] размещено на сайте: http://www.nrc.co.jp/report/pdf/110420_2.pdf. [Просмотр 26.04.2012]

¹⁹ ИПСОС (Институт социальных исследований ИПСОС). 2012. После аварии на АЭС "Фукусима"; Глобальный опрос общественного мнения об энергетической политике. [Онлайн] Размещено на сайте: <http://www.ipsos.com/public-affairs/sites/www.ipsos.com/public-affairs/files/Energy%20Article.pdf>

Во многих странах с находящимися в эксплуатации реакторами опросы также показали различия во мнениях о существующих реакторах, о которых отзывались позитивно, и о новых реакторах, о которых отзывались менее позитивно.

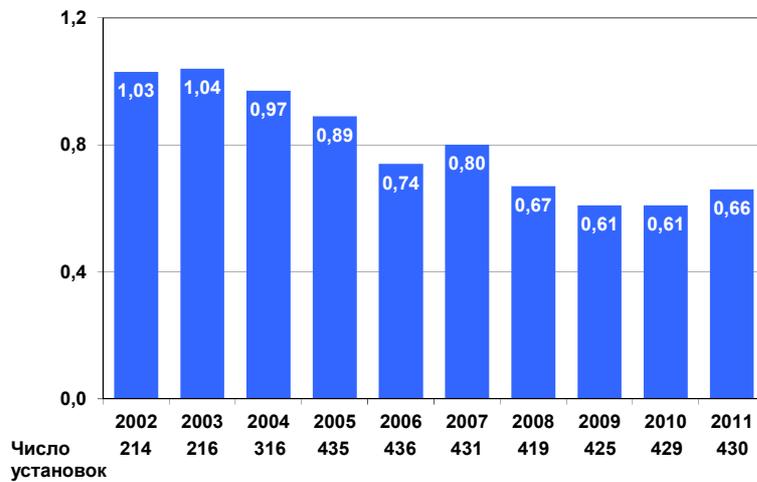


РИС. С-6. Общее число незапланированных аварийных остановов, как в автоматическом, так и в ручном режиме, на каждые 7 000 часов работы энергетических реакторов в критическом состоянии. Источник: МАГАТЭ (ПРИС).

79. Результаты опроса подчеркивают важность предоставления транспарентной доступной информации о последствиях аварии, подготовке к принятию мер в случае будущих аварий, о всех рисках и пользе ядерной энергетики и о других альтернативных источниках энергии. Также важно активно привлекать к этому заинтересованные стороны, в том числе местные органы власти, аварийные службы, регулирующие органы, союзы и сообщества. В конечном счете, более глубокое понимание населением сущности излучения и радиационного облучения, которое постоянно присутствует в повседневной жизни, имеет основополагающее значение для формирования сбалансированного представления о воздействии ядерной энергетики на здоровье человека.

D.4. Обращение с отработавшим топливом и отходами и их захоронение

80. Как изложено в разделе В.4, в настоящее время не имеется никаких действующих пунктов захоронения ВАО, и поэтому запасы отработавшего топлива увеличиваются. Все отработавшее топливо сначала хранится под водой в бассейнах выдержки на реакторных установках от 9 месяцев до нескольких десятилетий - в зависимости от мощностей хранения в бассейнах выдержки. Если топливо должно идти на переработку, его перевозят на установку по переработке и хранят там в буферных бассейнах до начала процесса переработки. Топливо, не предназначенное для переработки, остается в первоначальных бассейнах выдержки приреакторного хранилища или перевозится в отдельные внереакторные хранилища. Несмотря на их название, внереакторные хранилища могут составлять часть промплощадки реактора или находиться на других специализированных площадках. В настоящее время в мире эксплуатируются примерно 120 коммерческих внереакторных хранилищ отработавшего топлива, большинство из которых – это сухие хранилища на площадках реакторов.

81. Задача состоит в том, чтобы ускорить строительство пунктов захоронения ВАО и увеличить мощности вне реакторного хранения, с тем чтобы иметь возможность размещать растущие запасы отработавшего топлива и продлевать сроки хранения, описанные в разделе В.4. Страны, которые добились наибольшего прогресса в отношении окончательного захоронения – это Финляндия, Франция и Швеция, где запланировано начать эксплуатацию таких объектов в 2020–2025 годах. В том, что касается других стран - членов Европейского союза, то, как отмечается в разделе В.4, в июле 2011 года Совет ЕС утвердил Директиву, в которой требуется, чтобы все страны - члены ЕС создали национальные программы по обращению с отработавшим топливом и радиоактивными отходами, и информировать ЕК о ходе работы к августу 2015 года, а затем делать это раз в три года.

D.5. Взаимосвязь между энергосетями и реакторной технологией

82. Максимальная мощность новой электростанции, с тем чтобы избежать проблемы стабильности сети, обычно составляет около 10% мощности существующей энергосети. В двенадцати из 29 стран, рассматривающих возможность освоения ядерной энергетики или планирующих развивать ее, мощность энергосетей составляет менее 5 ГВт (эл.), что, согласно 10-процентной рекомендации, слишком мало для того, чтобы к ним можно было подключить большинство реакторов предлагаемых конструкций без усовершенствований в объединении международных энергосетей. Хотя многие конструкции мощностью менее 600 МВт (эл.) находятся в процессе разработки, их наличие на рынке ограничено. Связанные с энергосистемами вопросы могут также ограничить выбор технологии и для стран, мощность энергосетей которых менее 10 ГВт (эл.).

Е. Развитие реакторной технологии и технологии топливного цикла

Е.1. Легководные реакторы (LWR)

83. Среди строящихся установок преобладают легководные реакторы (LWR). Из 62 энергоблоков, сооружаемых в настоящее время, 54 представляют собой LWR.

84. В число 26 реакторов, строящихся сегодня в Китае, входят европейский реактор с водой под давлением (EPR), AP-1000 компании "Вестингауз" и отечественные конструкции PWR, такие как CNP-600, CPR-1000 и CAP-1400. Национальная ядерная корпорация Китая также разработала проект установки CNP-1000, в котором нашел отражение опыт проектирования, строительства и эксплуатации АЭС «Циньшань» и АЭС в Даяване. В 2010 и 2011 годах в Линао началась промышленная эксплуатация первых двух энергоблоков. Шанхайский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт ядерной техники разрабатывает проект усовершенствованного пассивного реактора CAP-1400/1700 на базе технологии пассивных средств безопасности AP-1000.

85. В Японии эксплуатируются 4 усовершенствованных кипящих реактора (ABWR), а до аварии на АЭС «Фукусима-дайити» строились еще два таких реактора. Их строительство было приостановлено на неопределенный срок. В Японии существует программа создания ABWR-II мощностью 1638 МВт (эл.), которая должна обеспечить экономию за счет масштаба по сравнению с нынешними ABWR. Промышленное внедрение ABWR-II намечено на вторую половину 2010-х годов. В Японии существуют также программы создания высокопроизводительного усовершенствованного кипящего реактора (HP-ABWR) и высокопроизводительного усовершенствованного реактора с водой под давлением (HP-APWR). Оба смогут развивать мощность порядка 1800 МВт (эл.). В стадии разработки находится также европейский вариант реактора APWR, EU-APWR, который будет оценен на предмет соответствия Требованиям, предъявляемым к европейским энергопредприятиям.

86. В Республике Корея 11 энергоблоков OPR1000 эксплуатируются в настоящее время и один находится в стадии строительства. На базе проекта OPR1000 Корейская компания по гидро- и ядерной энергетике спроектировала усовершенствованный энергетический реактор APR1000, а также APR1400 - для получения дополнительной экономии за счет масштаба. Энергоблоки APR1400 сооружаются на площадках «Шин-Кори-3» и «Шин-Кори-4» и намечены к строительству на площадках «Шин-Ульчин-1» и «Шин-Ульчин-2» и «Шин-Кори-5» и «Шин-Кори-6». Четыре энергоблока APR1400 были заказаны ОАЭ. В стадии разработки находится также европейский вариант APR1400, EU-APR1400, который будет оценен на предмет соответствия Требованиям, предъявляемым к европейским энергопредприятиям. Начались работы по проектированию APR+, который представляет собой усовершенствованный PWR мощностью 1500 МВт (эл.).

87. Во Франции и Германии компания «АРЕВА нуклеар пауэр» разработала проект европейского реактора с водой под давлением мощностью 1650 МВт (эл.), который удовлетворяет Требованиям, предъявляемым к европейским энергопредприятиям. Четыре таких реактора строятся сегодня в Китае, Финляндии и Франции. В партнерстве с "Е.ОН" АРЕВА разрабатывает проект реактора KERENA мощностью 1250 МВт (эл.), усовершенствованного BWR с пассивными системами безопасности, а в рамках совместного предприятия с "Мицубиси хэви индастриз" она проектирует реактор "АТМЕА-1" мощностью 1150 МВт (эл.) - усовершенствованный PWR с активными системами безопасности.

88. В США корпорацией "Вестингауз" был разработан проект реактора AP-1000, который прошел сертификацию в 2006 году. Четыре энергоблока AP-1000 сооружаются в настоящее время на площадках «Саньмынь» и «Хайян» в Китае. В настоящее время Комиссия по ядерному регулированию (КЯР) США рассматривает ABWR компаний «Дженерал электрик - Хитати нуклеар энерджи» и ABWR компании «Тосиба» на предмет продления сертификации этих проектов. Она рассматривает US-EPR компании АРЕВА, APWR компании «Мицубиси» и ESBWR компаний «Дженерал электрик - Хитати нуклеар энерджи» на предмет сертификации.

89. В Российской Федерации «Атомэнергопроект»/«Гидропресс» разрабатывает проекты эволюционных ВВЭР в диапазоне мощности от 300 МВт (эл.) до 1800 МВт (эл.). Два энергоблока ВВЭР-1000 (В-320) и пять энергоблоков ВВЭР-1200 (АЭС-2006) находятся в стадии строительства. Два энергоблока ВВЭР-1000 (В-320) эксплуатируются в Китае (Тяньвань-1 и 2), два в Чешской Республике (Темелин-1 и 2) и один в Исламской Республике Иран.

Е.2. Энергетические реакторы малой и средней мощности (PMCM)

90. В настоящее время в 26 странах эксплуатируется 131 PMCM с суммарной мощностью 58,9 ГВт (эл.). Из 62 строящихся реакторов 14 представляют собой PMCM. На той или иной стадии НИОКР находятся сегодня примерно 45 инновационных концепций PMCM.

91. В Аргентине проектируется реактор CAREM - маломощный LWR интегрального типа с водой под давлением, в котором все основные компоненты находятся внутри реакторного корпуса, и электрической мощностью 150-300 МВт (эл.). В сентябре 2011 года начались земляные работы на площадке для размещения прототипной установки CAREM мощностью 27 МВт (эл.).

92. Во Франции компания DCNS проектирует Flexblue - маломощную модульную подводную установку мощностью 50-250 МВт (эл.) - на базе водоохлаждаемой судовой двигательной установки французской конструкции.

93. Спроектированный в Республике Корея системно-интегрированный модульный усовершенствованный реактор (SMART) имеет тепловую мощность 330 МВт (тепл.) и предназначен для опреснения морской воды. До конца 2012 года национальная Комиссия по ядерной безопасности должна утвердить стандартную конструкцию SMART.

94. В Российской Федерации в стадии строительства находятся два размещаемых на барже реактора КЛТ-40С мощностью 35 МВт (эл.), которые будут использоваться для комбинированного производства электроэнергии и технологического тепла. Реактор КЛТ-40С создан на базе серийно производимой судовой двигательной установки КЛТ-40 и представляет собой усовершенствованную конструкцию реактора, на котором работают атомные ледоколы. На стадии детального проектирования находится установка АБВ-6М мощностью 8,6 МВт (эл.). Она представляет собой легководный реактор с водой под давлением интегрального типа с естественной циркуляцией теплоносителя первого контура. Установка РИТМ-200 мощностью 8,6 МВт (эл.), которая находится сегодня на стадии детального проектирования, - это реактор интегрального типа с принудительной циркуляцией для атомных ледоколов.

95. В США сегодня проектируются четыре PMCM интегрального типа с водой под давлением: mPower, NuScale, PMCM компании "Вестингауз" и Hi-SMUR 140. Установка mPower состоит из 2-6 модулей мощностью 180 МВт (эл.) каждый. Заявку на сертификацию этого проекта планируется подать в КЯР США в 2013 году. Проект NuScale Power предусматривает строительство АЭС, насчитывающей до двенадцати модулей по 45 МВт (эл.). Заявку на сертификацию этого проекта также намечено подать в 2013 году. PMCM компании «Вестингауз» - это концептуальный проект реактора мощностью 225 МВт (эл.), в котором предусмотрены пассивные системы безопасности и компоненты, прошедшие апробирование на AP-1000. Кроме того, началась разработка более новой конструкции PMCM - модульного реактора Holtec с естественной безопасностью (Hi-SMUR 160), - который представляет собой реактор мощностью 160 МВт (эл.) с естественной конвекцией, что избавляет от необходимости использования циркуляционных насосов, а также внешних источников энергоснабжения.

Е.3. Тяжеловодные реакторы (HWR)

96. Сегодня в мире эксплуатируется 47 HWR и еще пять находятся в стадии строительства. HWR делятся на два типа: каналные и корпусные. За исключением установки «Атуча-1» в Аргентине, все эксплуатируемые сегодня HWR относятся к каналному типу. Из пяти сооружаемых реакторов все, за исключением установки «Атуча-2», относятся к каналному типу.

97. В январе 2011 года Комиссия по ядерной безопасности Канады (КЯБК) завершила предпроектное рассмотрение конструкции ACR-1000, в результате чего он стал первым усовершенствованным ядерным энергетическим реактором, который прошел такое рассмотрение в КЯБК. В установке ACR-1000, проектируемой компанией «Канду энерджи», используются компоненты высокой степени стандартизации и слабообогащенный уран для компенсации использования легкой воды как теплоносителя первого контура. В настоящее время КЯБК проводит предпроектное рассмотрение усовершенствованной конструкции CANDU-6 (EC 6) мощностью 700 МВт (эл.). Кроме того, «Канду энерджи» занимается проектированием сверхкритического водоохлаждаемого реактора CANDU (CANDU-SCWR).

98. В Индии компания "Ньюклар пауэр корпорейшн оф Индия лимитед" (NPCIL) разработала эволюционный HWR мощностью 700 МВт (эл.). Четыре таких реактора находятся сегодня в стадии строительства. В Центре атомных исследований им. Бхабхи (ЦАИБ) завершается проектирование усовершенствованного тяжеловодного реактора (AHWR) мощностью 300 МВт (эл.), в котором будут использоваться ториевое топливо, пассивные системы безопасности, тяжеловодный замедлитель и кипящий легководный теплоноситель в вертикальных напорных каналах.

Е.4. Газоохлаждаемые реакторы (GCR)

99. Сегодня в мире эксплуатируются 14 усовершенствованных газоохлаждаемых реакторов (AGR) и 1 магноксовый реактор, причем все они находятся в Соединенном Королевстве.

100. В Китае на продвинутой стадии проектирования находится модульная демонстрационная установка промышленного масштаба, называемая высокотемпературным модульным реактором с шаровыми твэлами (HTR-PM). Была образована компания-собственник, и идет изготовление таких компонентов, как корпуса высокого давления первого контура, парогенераторы, внутрикорпусные устройства и гелиевые газодувки. Площадка уже подготовлена, и заливка бетона начнется сразу же после того, как будет получено разрешение от властей.

101. В Республике Корея в рамках проекта «Развитие и демонстрация производства водорода с помощью ядерной энергии» создаются мощности для производства водорода. Реализуется проект НИОКР по созданию ключевых технологий производства водорода с использованием сверхвысокотемпературного реактора (VHTR). Предметом исследований в рамках проекта является использование VHTR в сочетании с серно-йодным термохимическим циклом; данные о поведении металлов и графита при высоких температурах; серно-йодный цикл под высоким давлением; изготовление и аттестация TRISO-топлива; и методы компьютерного программирования и проектирования.

102. В Южной Африке работы по проекту модульного реактора с шаровыми твэлами были прекращены в 2010 году. Компания «Пиббл бед модьюлар реактор (пти) лимитед» существует до сих пор и сохранится как минимум до 2013 года. Ее нынешняя роль состоит в сохранении интеллектуальной собственности, наработанной в рамках проекта, и разработке соответствующих стратегий взаимодействия с клиентами и поставщиками в будущем.

103. В США в феврале 2012 года компания "Некст дженерейшн нюкLEAR плант индастри элАянс лимитед" объявила о выборе высокотемпературного газоохлаждаемого реактора (HTGR) компании АРЕВА в качестве лучшей конструкции АЭС следующего поколения. Состоящие в этом альянсе компании намерены сотрудничать между собой в деле проектирования, строительства и эксплуатации HTGR. Концептуальный проект АРЕВА представляет собой HTGR, работающий на призматическом топливе, с мощностью одного модуля порядка 625 МВт (тепл.).

Е.5. Реакторы на быстрых нейтронах (FR)

104. Сегодня в мире эксплуатируются два реактора на быстрых нейтронах: китайский экспериментальный быстрый реактор (CEFR) мощностью 20 МВт (эл.) и российский реактор БН-600 мощностью 560 МВт (эл.). Еще два реактора находятся в стадии строительства - в Индии и Российской Федерации.

105. CEFR представляет собой реактор на быстрых нейтронах бассейнового типа с натриевым теплоносителем (SFR). В Китае также проектируется CFR-1000 - демонстрационный SFR мощностью 1000 МВт (эл.), использующий МОХ-топливо.

106. В соответствии с Европейским стратегическим планом по энергетическим технологиям (СЭТ-Плана) Европейская комиссия недавно определила два направления технологического развития реакторов на быстрых нейтронах. На первом направлении будет развиваться технология SFR, на втором - технология быстрых реакторов со свинцовым теплоносителем и газоохлаждаемых быстрых реакторов в качестве альтернатив на более длительную перспективу. Соответствующая демонстрационно-внедренческая программа под названием «Европейская промышленная инициатива по созданию ядерной энергетики с устойчивой ресурсной базой» предусматривает создание французского прототипа SFR «ASTRID» и двух демонстрационных установок, «ALFRED» и «ALLEGRO», для демонстрации технологий, использующих свинцовый и газовый теплоносители, соответственно. Эта программа предполагает также строительство в Бельгии подкритической облучательной установки на быстрых нейтронах MYRRHA.

107. В Калпаккаме, Индия, сооружается прототип реактора-размножителя на быстрых нейтронах (FBR) мощностью 500 МВт (эл.); его ввод в эксплуатацию намечен на начало 2013 года. Индийской программой предусмотрено строительство нескольких энергоблоков FBR ориентировочно в 2020-2025 годах, а после 2025 года - проектирование быстрых реакторов на металлическом топливе и с более высокими коэффициентами воспроизводства.

108. В Японии в рамках проекта по разработке технологии быстрых реакторов с замкнутым циклом (ФАКТ) создается японский быстрый реактор с натриевым теплоносителем мощностью 1500 МВт (эл.), а в Республике Корея реализуется широкая программа НИОКР, связанная с созданием SFR «KALIMER» мощностью 600 МВт (эл.).

109. В Российской Федерации на площадке, где в настоящее время работает реактор БН-600, сооружается установка БН-800. Этап ввода БН-800 в эксплуатацию планируется начать в 2014 году. Недавно в Российской Федерации был дан старт новой программе создания усовершенствованного SFR (БН-1200), реактора БРЕСТ-ОД-300 со свинцовым теплоносителем, свинцово-висмутового быстрого реактора СВБР-100, соответствующих топливных циклов и нового многоцелевого исследовательского реактора на быстрых нейтронах МБИР.

Е.6. Развитие технологии ядерного топливного цикла и вспомогательных технологий

110. Проводятся исследования новых водных и безводных технологий переработки отработавшего топлива для LWR, которые позволят значительно уменьшить образование отходов. В целях испытаний и оптимизации разрабатываемых технологий проводятся работы по созданию экспериментальных опытно-промышленных демонстрационных установок.

111. Что касается захоронения ВАО, то в настоящее время осуществляются опытно-конструкторские работы по исследованию подходящих площадок и конкретных инженерных барьеров и проведению оценок безопасности и внедрению технологии герметизации и захоронения.

Ф. Сотрудничество, связанное с расширением использования ядерной энергии и развитием технологий

112. Посредством системы контрактов и соглашений Международный форум "Поколение IV" (МФП) координирует исследовательскую деятельность в области шести ядерно-энергетических систем следующего поколения, отобранных в 2002 году и описанных в издании «A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems» ("Дорожная карта технологий для ядерно-энергетических систем поколения IV"). К ним относятся газоохлаждаемые реакторы на быстрых нейтронах (GFR), реакторы на быстрых нейтронах со свинцовым теплоносителем (LFR), реакторы на солевых расплавах (MSR), реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (SFR), надкритические водоохлаждаемые реакторы (SCWR) и сверхвысокотемпературные реакторы (VHTR). В них используются различные технологии реакторов, преобразования энергии и топливного цикла. В зависимости от соответствующей степени технической зрелости эти системы, как ожидается, станут доступными для коммерческого внедрения в период между 2015 и 2030 годами или позднее. В настоящее время в МФП насчитывается 13 членов²⁰.

113. В число участников Международного проекта Агентства по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам (ИНПРО) входят 37 стран²¹. В ИНПРО в настоящее время четыре проекта: 1) национальные долгосрочные ядерно-энергетические стратегии, 2) глобальные ядерно-энергетические сценарии, 3) технические и институциональные инновации и 4) политика и Форум для диалога в рамках ИНПРО.

²⁰ Аргентина, Бразилия, Евратом, Канада, Китай, Республика Корея, Российская Федерация, Соединенное Королевство, США, Франция, Швейцария, Южная Африка и Япония.

²¹ Алжир, Аргентина, Армения, Беларусь, Бельгия, Болгария, Бразилия, Вьетнам, Германия, Египет, Израиль, Индия, Индонезия, Иордания, Испания, Италия, Казахстан, Канада, Китай, Республика Корея, Малайзия, Марокко, Нидерланды, Пакистан, Польша, Российская Федерация, Словакия, США, Турция, Украина, Франция, Чешская Республика, Чили, Швейцария, Южная Африка, Япония и Европейская комиссия.

114. ИНПРО и МФП координируют деятельность в рамках совместного плана действий, охватывающего сотрудничество в следующих областях: общий обмен информацией, использование синергии в методах оценки (с упором на устойчивость с точки зрения распространения, безопасность и экономические аспекты), сотрудничество в тематических исследованиях (включая, среди прочего, неэлектрические применения, РМСМ и людские ресурсы), поддержание глобального диалога между владельцами и пользователями технологий и совместная деятельность, например второй совместный семинар–практикум МАГАТЭ/ИНПРО/МФП по аспектам безопасности реакторов на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем, состоявшийся в ноябре 2011 года. В рамках совместного плана действий Агентство участвует в качестве наблюдателя в работе группы МФП по вопросам политики и в качестве члена в деятельности рабочих групп МФП.

115. Состав Международной системы сотрудничества в области ядерной энергии (МССЯЭ) расширился до 31 страны-участницы²² и 30 стран-наблюдателей, а также 3 международных организаций-наблюдателей, включая Агентство. В настоящее время в МССЯЭ две рабочие группы: по развитию инфраструктуры и по оказанию надежных топливных услуг.

116. В 2006 году КЯР США и Французское управление по ядерной безопасности (АСН) приступили к осуществлению Межнациональной программы оценки проектов (МПОП). По состоянию на апрель 2012 года участниками МПОП являются национальные регулирующие органы из 11 стран²³. В рамках МПОП объединяются ресурсы этих 11 ядерных регулирующих органов для того, чтобы, во-первых, сотрудничать в рассмотрении вопросов безопасности проектов конкретных реакторов и, во-вторых, изучать возможности согласования практики регулирования. В МПОП пять рабочих групп: по EPR, AP1000, кодам и стандартам, цифровым контрольно-измерительным приборам и системам управления и защиты (КИП и СУЗ) и сотрудничеству в проведении инспекций поставщиков.

²² Австралия, Аргентина, Армения, Болгария, Венгрия, Гана, Германия, Иордания, Италия, Казахстан, Канада, Кения, Китай, Республика Корея, Кувейт, Литва, Марокко, Нидерланды, Оман, Польша, Российская Федерация, ОАЭ, Румыния, Сенегал, Словения, Соединенное Королевство, США, Украина, Франция, Эстония и Япония.

²³ Индии, Канады, Китая, Республики Корея, Российской Федерации, Соединенного Королевства, США, Финляндии, Франции, Южной Африки и Японии.