

Текущее состояние мировой ядерной энергетики в цифрах и фактах

(Материалы в помощь докладчикам при проведении единых дней информирования по атомной тематике)

Общее состояние дел. В настоящее время в мире, согласно базы данных МАГАТЭ «PRIS» о текущем состоянии мировой ядерной энергетики от 24 мая 2012 года, в эксплуатации находятся 436 ядерных энергоблоков (с учетом временно остановленных, но находящихся в рабочем состоянии и готовых к запуску при принятии соответствующих решений реакторов в Японии и ряде других стран), общая установленная мощность которых составляет 370 499 МВт (э.), 62 энергоблока общей мощностью 59 245 МВт (э.) находятся на различных стадиях строительства, 139 ядерных энергоблоков общей установленной мощностью 49369 МВт (э.) остановлены и находятся на различных этапах вывода из эксплуатации. Из эксплуатации выводятся реакторы первого поколения малой мощности, эксплуатировать которые нерентабельно, или исчерпавшие свой жизненный ресурс (<http://pris.iaea.org/Public/WorldStatistics/>).

На рис. 1 показано количество эксплуатируемых энергоблоков и их мощность в МВт (э.) по странам мира.

Необходимо отметить, что до аварии на «Фукусима-1» в мире эксплуатировалось 440 ядерных энергоблоков, на стадии строительства находилось 65 ядерных энергоблоков. Строительство еще 150 ядерных энергоблоков планировалось осуществить в ближайшие 10 лет и более 200 проектов предполагалось реализовать в более длительной перспективе.

Наиболее мощной в мире АЭС является Kashiwazaki Kariva (Япония) мощностью 8200 МВт (7 реакторов типа BWR установленной мощностью 110-1356 МВт). Наиболее мощная в Европе – Запорожская АЭС (Украина) мощностью 6000 МВт (6 реакторов ВВЭР-1000).

Наибольшее количество АЭС (63 АЭС, 104 энергоблока) эксплуатируется в США. Второе место занимает Франция (19 АЭС, 58 энергоблоков), третье место – Япония (до событий в марте 2011 года на АЭС «Фукусима-1» там эксплуатировалось 54 энергоблока, но они остановлены на неопределенный период).

Для сравнения: в настоящее время на территории б. СССР эксплуатируется 39 ядерных энергоблоков. 33 из них находятся в России (10 АЭС), 15 — в Украине (4 АЭС) и 1 энергоблок эксплуатируется в Армении.

КОЛИЧЕСТВО ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ И ИХ ОБЩАЯ
УСТАНОВЛЕННАЯ МОЩНОСТЬ МВт (э.) ПО СТРАНАМ МИРА

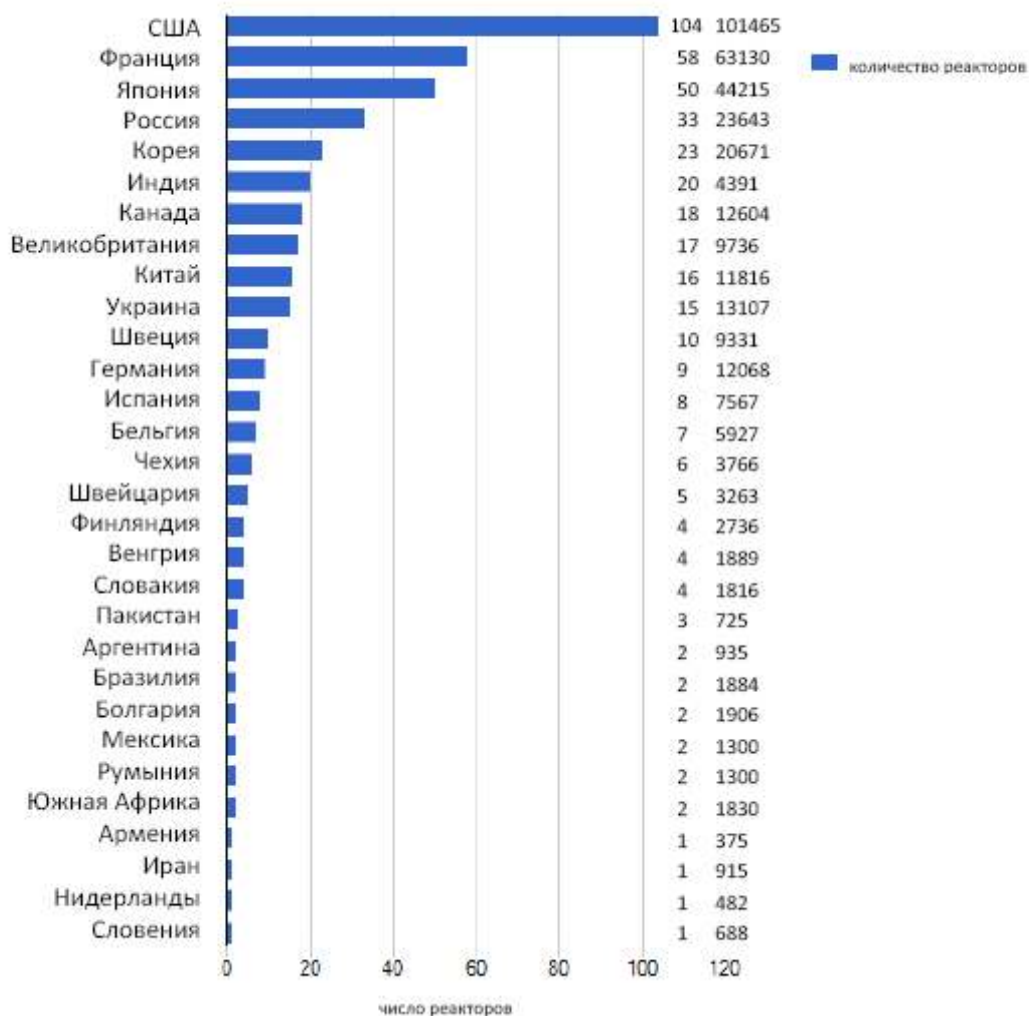


Рисунок 1 — Число ядерных энергоблоков, эксплуатируемых в странах мира.

На рис.2 показано распределение ядерных энергоблоков по регионам.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОБЛОКОВ ПО РЕГИОНАМ

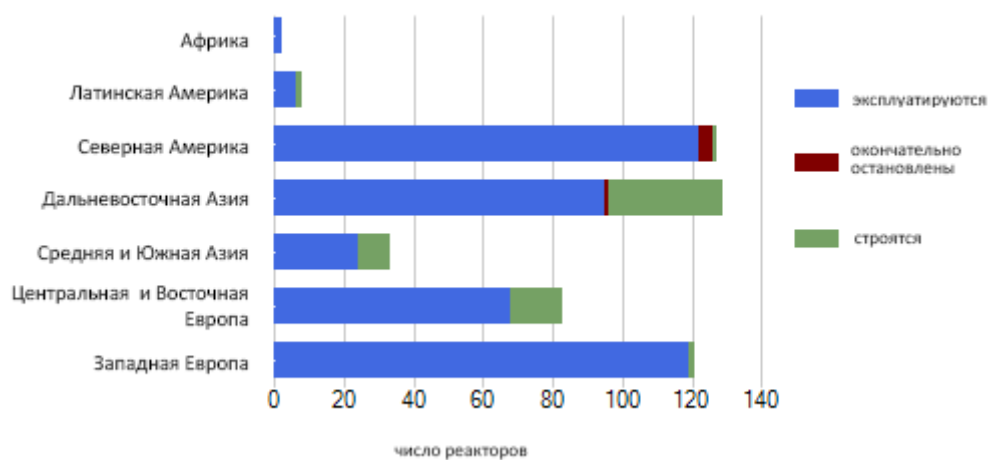


Рисунок 2 — распределение ядерных энергоблоков по регионам.

Наибольшее число энергоблоков сосредоточено в Северной Америке, Азии и Европе. На рис. 3 показано число ядерных энергоблоков по странам и их состояние.

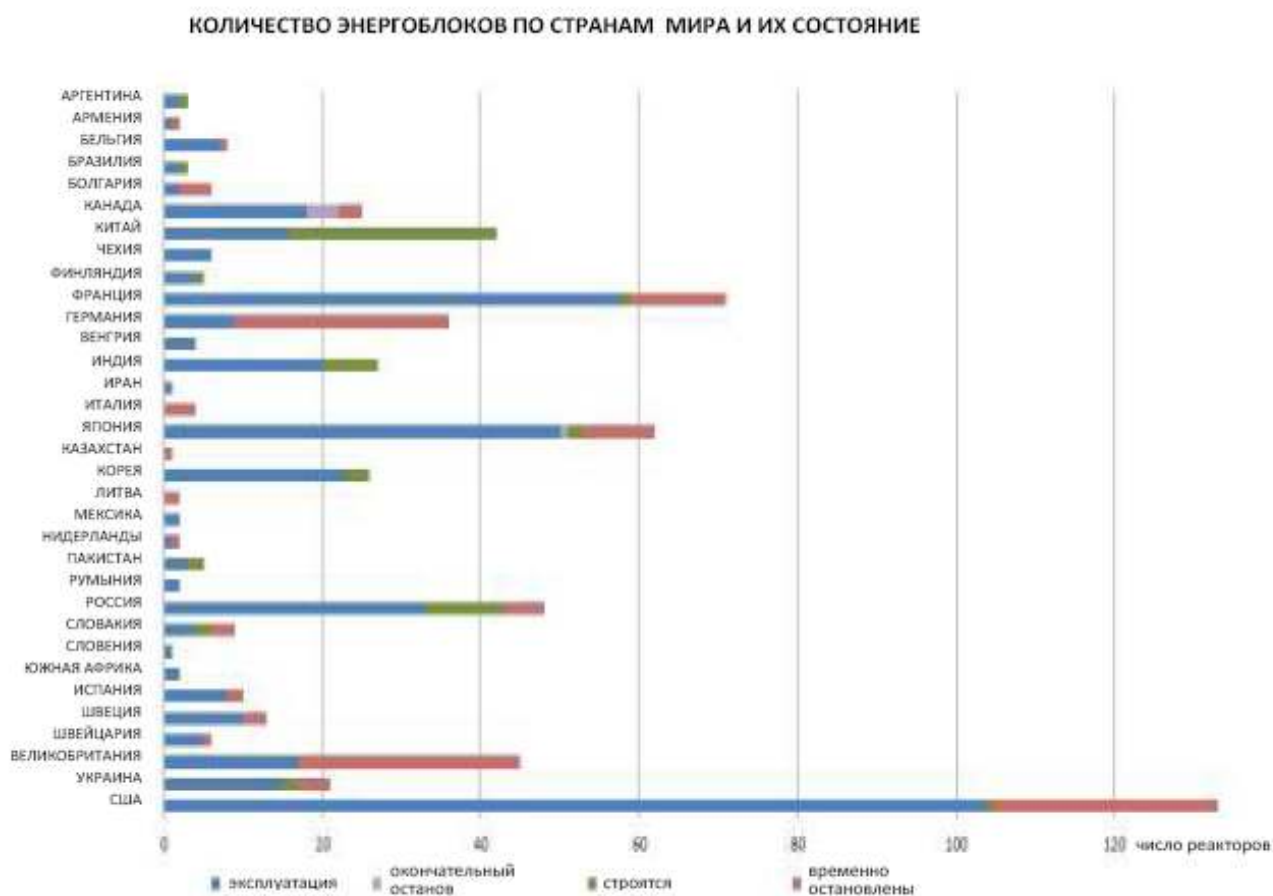


Рисунок 3 — Число ядерных энергоблоков по странам и их состояние.

На рис.4 показано число строящихся в мире ядерных энергоблоков по странам и их мощность в МВт (э.).



Рисунок 4 — Число строящихся ядерных энергоблоков по странам.

Справочно. База данных МАГАТЭ PRIS изменила статус со «строящийся» на «строительство прекращено» двух блоков болгарской АЭС Belene. и внесла в число строящихся первый блок Балтийской АЭС, где уже залит первый бетон. Залив первого бетона под ядерный энергоблок официально считается началом строительства.

Наибольшее количество реакторов строится в Китае (26), далее следуют Россия (11) и Индия (7).

На рис. 5 показано число и установленная мощность в МВт (э.) окончательно остановленных ядерных энергоблоков по странам.

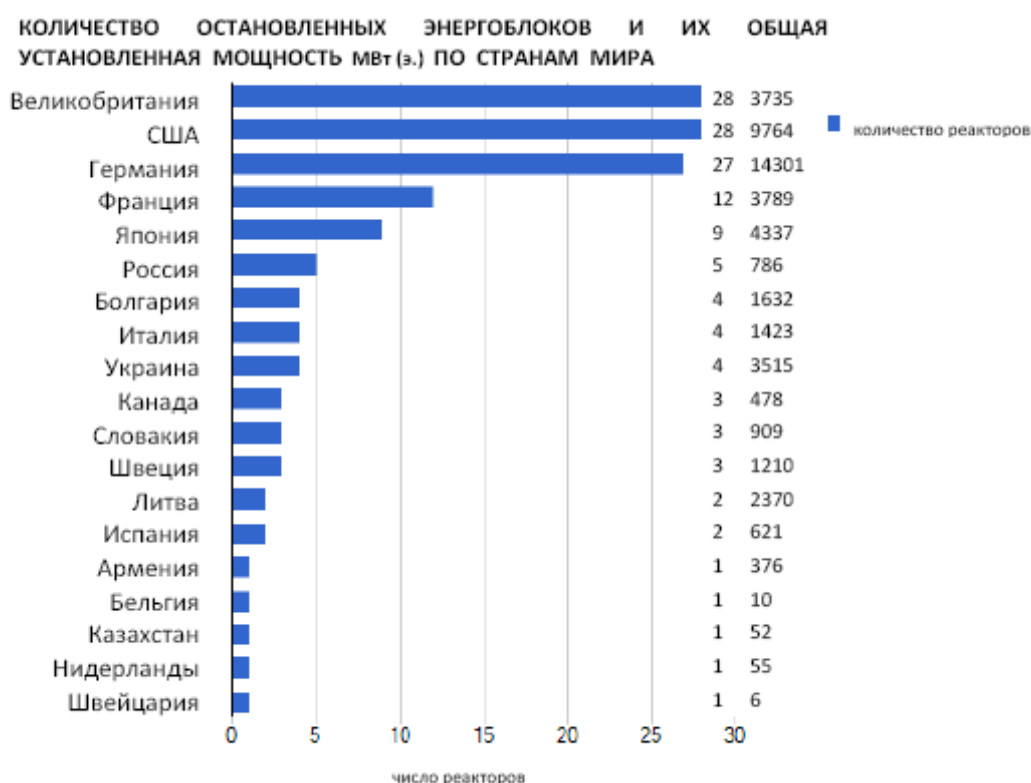


Рис.5 — Число окончательно остановленных ядерных энергоблоков по странам.

Проектируемые ранее реакторы 1 и 2 поколения были ориентированы на период эксплуатации 30-40 лет, и к настоящему времени многие из них уже проработали этот срок, однако находятся в рабочем состоянии. Во многих странах, после изучения их состояния и проведения модернизации идут процессы продления лицензий на их эксплуатацию еще на 5-20 лет.

Например, в мае текущего года Комиссия по ядерному регулированию США (NRC) выдала разрешение директору отдела по регулированию ядерных реакторов (ONRR) продлить на двадцать лет лицензию на эксплуатацию АЭС «Пилгрим» в штате Массачусетс. Что, в свою очередь, требует от эксплуатирующей компании

проведения мероприятий по управлению ресурсом материалов и оборудования, а также принятия мер по повышению безопасности АЭС «Пилгрим» в течение продленного срока эксплуатации.

Современные реакторы поколения 3 и 3+ рассчитаны на срок эксплуатации 50-60 лет. На рис.6 показано число ядерных энергоблоков по срокам эксплуатации.



Рисунок 6 — Количество энергоблоков по срокам эксплуатации.

Типы реакторов. Разработанные разными странами типы и конструкции реакторов с разными замедлителями и теплоносителями стали основой национальной энергетики. Так, в США основными стали корпусные водо-водяные реакторы с водой под давлением (PWR) и кипящие водо-водяные реакторы (BWR), в Канаде – тяжеловодные реакторы на природном уране (PHWR), в бывшем СССР – корпусные водо-водяные реакторы с водой под давлением (ВВЭР, аналог PWR западного дизайна) и уран-графитовые кипящие реакторы (LWGR-РБМК), в Великобритании – газо-графитовые реакторы, в качестве теплоносителя использующие CO₂ (GCR, AGR).

В процессе быстрого развития ядерной энергетики из двух основных типов энергетических ядерных реакторов – на тепловых и быстрых нейтронах – наибольшее распространение в мире получили реакторы на тепловых нейтронах.

На рис.7 и в таблице 1 показано число реакторов по типам.



Рисунок 7 — распределения энергоблоков по типам.

Таблица 1 — Число реакторов различных типов и их установленная мощность

Обозначение типа реактора	Тип реактора	Число реакторов	Общая мощность (э.) (нетто)
BWR	Кипящий водо-водяной реактор	84	77726
FBR	Реактор на быстрых нейтронах	2	580
GCR	Газо-графитовый реактор	16	8545
LWGR (РБМК)	Водяной реактор с графитовым замедлителем	15	10219
PHWR	Реактор с тяжелой водой под давлением (Канду)	47	23140
PWR	Водо-водяной реактор с водой под давлением	272	250289
Total		436	370499

Из рисунка и таблицы следует, что наибольшее распространение в мире получили корпусные водо-водяные реакторы с водой под давлением типа PWR или аналогичные им реакторы российского дизайна типа ВВЭР. В настоящее время ведется строительство данного типа реакторов уже поколения 3 и 3+. На втором месте стоят кипящие водо-водяные реакторы типа BWR. Вводятся усовершенствованные реакторы этого типа ABWR и ESBWR/

Строительство реакторов типа GCR и РБМК в настоящее время прекращено, но несколько реакторов этого типа еще эксплуатируются. В будущем для осуществления закрытого ядерного цикла будет наращиваться строительство реакторов типа FBR.

Мир после Фукусимы.

Тяжелым ударом для мировой ядерной энергетики стала последняя авария на японской АЭС «Фукусима-1», которая произошла 11 марта 2011 года.

Ряд стран заявили о пересмотре своих планов по строительству АЭС. В числе тех, кто решил отказаться от строительства АЭС на своей территории, есть и страны, в которых до этого времени не эксплуатировались ядерные энергоблоки, но они заявляли о намерениях развивать ядерную энергетику. К таким странам относятся Венесуэла и Таиланд и др.

Европа. 20 апреля 2011 года парламент **Италии** принял закон об отказе от развития ядерной энергетики в стране, что стало прямым следствием влияния аварии на японской АЭС. Решение о приостановке эксплуатации 7 ядерных блоков, которые были построены до 1980 года, приняло правительство Германии. Полностью отказаться от ядерной энергетики **Германия** планирует к 2022 г.

Швейцария также приняла решение приостановить реализацию новых проектов строительства ядерных энергоблоков.

После событий на АЭС Fukushima-I в **Бельгии** разгорелась дискуссия о будущем ядерной энергетики, и в ноябре 2011 г. правительство страны сообщило, что планирует начать процессы свертывания ядерной энергетики с 2015 года и закрытия трех из семи действующих реакторов. Полный «выход» из ядерной энергетики намечен на 2025 год. Эти планы будут реализованы, если исследования подтвердят возможность создания достаточных замещающих мощностей.

Между тем, большинство бельгийцев по-прежнему выступает за сохранение ядерной энергии в энергетическом балансе страны, однако их количество уменьшилось по сравнению с «дофукусимским» периодом.

Опрос репрезентативной группы из 1000 человек, проведенный по заказу ассоциации Forum Nucleaire в декабре 2011 г., показал, что 58% опрошенных выступают за дальнейшее использование ядерной энергетики. Согласно анализу Forum Nucleaire в 2010 году таких было 76%, а 40% поддержали бы строительство новых АЭС, но только при условии их гарантированной безопасности и должного обращения с РАО.

Результаты последнего опроса свидетельствуют о том, что 65% бельгийцев либо нейтрально (16%), либо положительно относятся к использованию ядерной энергии; 62% хотели бы уменьшить ее долю.

69% опрошенных признают, что ядерной энергетике трудно найти подходящую замену, а 74% считают, что в случае отказа от нее цены на электричество вырастут. Более 60% уверены, что ядерная энергетика вносит положительный вклад в энергетическую независимость страны, ее экономику и стабильность энергоснабжения (По данным Nuc Net News in Brief от 27 февраля 2012 г.).

Европа не собирается расставаться с ядерной энергетикой. По сообщению независимого информационного ресурса Nuclear.ru шестнадцать стран ЕС создали неформальное объединение в поддержку развития ядерной генерации. Новое объединение будет выступать с совместными инициативами по устойчивому развитию ядерной энергетике, что предполагает повышение ядерной безопасности, развитие НИОКР в сфере ядерной энергетике, решение проблем вывода из эксплуатации объектов использования ядерной энергии и обращения с ОЯТ и РАО. Эти вопросы обсуждались на первой встрече на уровне министров, отвечающих за энергетическую политику, которая прошла в Париже 10 февраля текущего года.

Участниками встречи в Париже стал ряд стран ЕС, эксплуатирующих атомные станции (Франция, Великобритания, Швеция, Испания, Чехия, Словакия, Словения, Венгрия, Румыния, Финляндия, Болгария, Нидерланды), а также некоторые государства, планирующие строительство АЭС (Польша, Литва, Эстония, Латвия). Государства с развитой ядерной генерацией, предполагающие поэтапный отказ от ядерной энергии (Германия, Бельгия, Швейцария), не приняли участие в мероприятии.

Участники нового объединения договорились о проведении регулярных встреч; следующая из них пройдет в Лондоне, заявил на брифинге по итогам саммита министр промышленности и энергетики Франции Эрик Бессон.

Россия. Результаты опроса «Левада-Центра» в феврале 2012 г. показывают, что за прошедший год произошло изменение в положительную сторону отношения жителей России к АЭС, что, в целом, совпадает с мнением мировой общественности. Сразу после аварии у людей «играли эмоции», но спустя время, после осмысления ситуации, они стали понимать, что то, что было в Японии, не может повториться в большинстве точек мира.

Россияне не поддались негативной истерии, включив рациональные механизмы восприятия. В настоящее время в России возводятся энергоблоки на Балтийской, Белоярской, Ростовской АЭС; на Ленинградской АЭС-2 и Нововоронежской АЭС-2; в стадии строительства ПАТЭС «Академик Ломоносов».

Всего в России ведется строительство 11 энергоблоков.

Однако, пятый энергоблок Курской АЭС - последний из заложенных в СССР энергоблоков с реактором РБМК-1000 достраиваться не будет. После катастрофы в Чернобыле строительство реакторных установок этого типа было прекращено, заложенные энергоблоки заморожены. Блок имеет высокую эксплуатационную готовность: оборудование реакторного цеха смонтировано на 70%, основное оборудование реактора - на 95%, турбинного цеха — на 90%. Оборудование пятого блока Курской АЭС будет использовано для ремонта однотипных с ним четырех

действующих блоков станции. Сейчас принято решение вместо завершения строительства пятого энергоблока возвести Курскую АЭС-2 в составе четырех энергоблоков. Срок ввода первого блока Курской АЭС-2 намечен на 2020 г., второго — 2023 г. К строительству замещающих мощностей планируется приступить в 2015 г.

Украина также не меняет своих планов по развитию ядерной энергетики. Строительство новой АЭС, вместо выведенной из эксплуатации Игналинской АЭС, планирует **Литва** совместно с Латвией и Эстонией.

Ближний и Средний Восток. О строительстве второй атомной электростанции, помимо существующей сейчас Бушерской АЭС, объявил 26 мая **Иран**). Помимо Ирана, наиболее вероятными хозяевами будущих реакторов в регионе являются страны Персидского залива — члены Совета по сотрудничеству (GCC): **Кувейт, Саудовская Аравия, Бахрейн, Объединенные Арабские Эмираты (ОАЭ), Катар и Оман**, которые в течение приблизительно пяти лет изучают возможные ядерные программы. **Египет** проявляет интерес к ядерной энергетике в течение ряда десятилетий и еще в 1955 г. учредил свою Комиссию по атомной энергии. (Атомная техника за рубежом №1, 2012.)

В Юго-Восточной Азии с конца 1990-х гг. Вьетнам и Индонезия идентифицированы как страны, где наиболее вероятно стартуют ядерные программы. Однако, если во Вьетнаме прогресс в последнее время был очень быстрым, перспективы ядерного развития в Индонезии, как представляется, несколько уменьшились.

План развития ядерной энергетики **Вьетнама** был одобрен правительством в августе 2007 г. с целью иметь к 2025 г. общие мощности по производству электроэнергии на АЭС в размере 8 ГВт. Общий закон по ядерной энергии был принят в середине 2008 г. В стране развивается всесторонняя юридическая и регулирующая структура. В октябре 2010 г. было заключено межправительственное соглашение с Россией, в рамках которого предусматривается, что «Атомэкспорт» построит АЭС Ninh Thuan 1 с двумя реакторами ВВЭР-1000 или ВВЭР-1200. Строительство станции (проект «под ключ») начнется в 2014 г., а ввод в эксплуатацию намечен на 2020 г. «Росатом» подтвердил свою готовность финансировать эту АЭС, поставлять топливо и забирать отработавшее топливо в течение срока службы станции, что является нормальной российской политикой в отношении стран, не обладающих ядерным оружием. Ожидаемая стоимость первых двух реакторов несколько превышает 11 млрд. долл., и АЭС будет принадлежать государственной компании без участия частного акционерного капитала.

Затем в ноябре 2010 г. правительство подписало дальнейшее соглашение с Японией. Японское Министерство экономики, торговли и промышленности (METI) указало, что Japan Atomic Power Co. и International Nuclear Energy Development of Japan Co. Ltd. (JINED) будут работать с государственной энергетической компанией над проектом АЭС, которая будет построена на площадке Cong Hai или Vinh Hai.

У Вьетнама есть ядерные соглашения о сотрудничестве с рядом стран, и представляется вероятным, что в дальнейшие реакторные сделки войдут дополнительные партнеры. Определенный интерес проявляет Китай, который может предложить экспортную версию реактора CPR-1000. Наконец, Вьетнам имеет собственные ресурсы урана, правда незначительные (~8000 т), рассматривается их эксплуатация ((Атомная техника за рубежом №1, 2012.).

В **Индонезии** довольно высок уровень развития ядерной инфраструктуры. Три исследовательских реактора эксплуатируются ядерным научно-исследовательским центром BATAN, причем третий из них, в ядерном устройстве Serpong (около Джакарты), предназначается для поддержки введения в стране ядерной энергетики. Начиная с 1980-х гг. Индонезия обучила много технических специалистов в ожидании развития ядерной энергетики, и большинство из них все еще могут принять участие в реализации предлагаемых теперь проектов. Возможные поставщики технологий, особенно корейцы, оказывают помощь по этим вопросам. В дополнение к трем исследовательским реакторам Индонезия обладает мощностями в начальных стадиях ядерного топливного цикла — обработке руды, конверсии урана и изготовлении топлива, но все это в лабораторных масштабах. Существуют программа по обращению с радиоактивными отходами применительно к отработавшему топливу от исследовательских реакторов и некоторые (возможно, с высокой стоимостью добычи) урановые ресурсы в Калимантане и других местах (по оценкам ~ 53000 тонн).

Планы относительно реакторов в Индонезии, однако, непрерывно откладываются. Вопросы финансирования и некоторые проблемы с общественным признанием строительства реакторов на предложенных местах, кажется, порождают серьезные трудности.

Ядерный вариант энергетики в настоящее время внимательно исследуют. **Филиппины** — интересный случай, поскольку эта страна действительно построила ядерную установку, но она так никогда и не эксплуатировалась. Строительство блока Bataan 1 (реактор компании Westinghouse с водой под давлением мощностью 621 МВт) было начато в 1976 г. и закончено в 1984 г. при

стоимости 460 млн. долл. Однако из-за финансовых проблем и вопросов безопасности в отношении землетрясений топливо в реактор так и не было загружено.

Национальный Совет **Таиланда** по энергетической политике поручил разработать технико-экономическое обоснование для сооружения АЭС в стране, и в новом плане развития энергетики в 2010-30 гг., который был одобрен в 2010 г., предусматривается 5000 МВт с вводом ядерных блоков мощностью по 1000 МВт эл. В 2020-28 гг. Исследованы пять возможных площадок.

Малайзия. В январе 2011 г. учреждена Малайзиская ядерно-энергетическая корпорация в рамках Программы экономических преобразований, с тем, чтобы возглавить возможное развертывание АЭС в 12-летний период времени, если в 2013 г. (эта дата уже определена заранее) будет принято положительное решение по данному вопросу. Идентифицированы восемь возможных площадок размещения АЭС на полуострове Малайзия.

Рассматривая регион Юго-Восточной Азии в целом, можно отметить, что планы ядерного развития там определенно продвигаются, но «со скрипом». Соответственно, только Вьетнам сейчас является вероятным претендентом на ввод в эксплуатацию реактора в период до 2020 г. Более вероятно, что ядерная энергетика придет в другие рассмотренные страны этого региона вначале 2020-х гг.

Не отменяют своих программ развития ядерной энергетики **Китай** и **Индия**. В Китае в настоящее время начато строительство 26 ядерных энергоблоков, в Индии — 7.

США. Менее чем через год после аварии на АЭС Fukushima, США также приняли решение о возобновлении ядерной программы после 30-летней паузы (строительство атомных станций было свернуто после тяжелой аварии на АЭС Three Mile Island в 1979 г.).

В феврале 2012 г. Комиссия по ядерному регулированию США (NRC) одобрила выдачу лицензии Southern Company на строительство в штате Джорджия двух новых ядерных энергоблоков Vogtle-3, -4 с реакторами AP-1000 Westinghouse Electric Company.

В конце марта NRC выдала комбинированную лицензию на строительство второго и третьего энергоблоков на АЭС Virgil C. Summer в Южной Каролине, тоже с реакторами AP-1000.

Заявка компаний South Carolina Electric & Gas Company и Santee Cooper была подана в NRC 31 марта 2008 г.

Новые блоки будут построены по соседству с находящимся в коммерческой эксплуатации с 1984 г. первым блоком этой станции (PWR мощностью 972 МВт (нетто) тех же компаний).

Проект AP-1000, получивший в 2011 г. одобрение от NRC, является так называемым «дополнительным» проектом. Оригинальный проект данного реактора был сертифицирован в США в январе 2006 г. после четырехлетнего рассмотрения регуляторами. Однако уже в мае 2007 г. компания Westinghouse подала заявку на сертификацию дополнительной версии проекта.

Строительство блоков № 3 и № 4 АЭС Vogtle, как ожидается, будет завершено в 2016 и 2017 г. соответственно. Блоки № 2 и № 3 АЭС Virgil C. Summer планируется запустить между 2017 и 2019 гг.

Выдача лицензий на строительство сразу четырех новых блоков наглядно демонстрирует понимание Соединенными Штатами необходимости развития ядерной энергетики даже в условиях относительно благоприятной ситуации на рынке природного газа (Бюллетень Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», апрель 2012).

Япония. Реакцией японского правительства на аварию на АЭС Fukushima было решение оставить все 35 японских реакторов на тот момент остановленных на плановую проверку безопасности, в отключенном состоянии. Кроме того, блоки, срок проверки которых наступал позже, также должны были оставаться в состоянии останова до получения разрешения на пуск.

В результате к началу мая этого года в эксплуатации находился всего один ядерный энергоблок Tomari-3. Он был остановлен на плановую проверку 5 января 2011 г., а разрешение на эксплуатацию получил 7 марта, всего за четыре дня до землетрясения. В августе 2011 г. после прохождения стресс-тестов блок начал эксплуатацию в нормальном режиме. 5 мая с.г. он остановлен на планово-предупредительный ремонт, и в настоящее время Японии вообще не осталось действующих атомных станций.

Между тем реальной альтернативы АЭС в стране, где до марта 2011 г. почти треть электроэнергии была ядерной, сейчас не существует. Дефицит электроэнергии, вызванный закрытием АЭС, может вызвать сокращение производства. В связи с этим правительство Японии намерено возобновить работу ядерных энергоблоков, успешно прошедших проверку безопасности.

Государственное Агентство по ядерной и промышленной безопасности Японии постановило провести двухэтапные стресс-тесты на всех АЭС. Комплексная оценка безопасности включает в себя предварительную оценку способности станции противостоять запроектным авариям, а также должна

учитывать результаты стресс-тестов в Европе и выводы японского комитета по расследованию причин аварии на АЭС Fukushima-1.

Решение о возобновлении эксплуатации двух (№ 3 и № 4) из четырех энергоблоков АЭС Ohi, расположенной в префектуре Фукуи и закрытой в июле 2011, правительство Японии приняло 16 апреля.

Министр экономики, торговли и промышленности Японии Ю. Эдано заявил, что японский премьер-министр Есихико Нода считает эти блоки достаточно безопасными, чтобы возобновить работу еще до наступления лета (дефицит электроэнергии в летние месяцы составит 16,3%, а может и больше).

Однако против этого выступают администрации ряда регионов, а в Японии согласие местных органов власти и населения традиционно является обязательным для пуска реакторов.

Юкио Эдано уже встречался с губернатором префектуры Фукуи. Он подчеркнул «значение ядерной энергетики как основного энергоисточника» и выразил надежду, что губернатор и местные сообщества понимают необходимость возобновления работы энергоблоков. В свою очередь губернаторы префектур вблизи расположения АЭС Ohi (Шига и Киото) выдвинули ряд условий, выполнения которых они хотят от центрального правительства до запуска блоков Ohi-3, -4. Губернаторы настаивают, чтобы правительство объяснило свою политику в области повторного пуска АЭС и обеспечило участие соседних префектур в процессе принятия решения; они требуют также проведения консультаций с независимыми ядерными экспертами.

Кстати, среди тех, кто живет близко от станции, больше половины выступают за возобновление работы, тогда как почти две трети населения г. Осака, расположенного в 100 км от станции — против этого. (Бюллетень Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», апрель 2012).

Таким образом, многие страны после аварии на АЭС Фукусима-1 переоценили свои программы развития Ядерной энергетики, однако, несмотря на эти проблемы, ядерная энергетика предлагает реальную возможность низкоуглеродного производства электричества и уменьшения зависимости от ископаемого органического топлива и является гарантом энергообеспечения государств.