

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. ФРАНЦИЯ, РОССИЯ, КИТАЙ, ГЕРМАНИЯ

Марджанян А. А.

Аннотация

В статье анализируется развитие атомной энергетики Франции, России, Китая и Ю. Кореи, т. е. стран – в той или иной форме выразившие заинтересованность в вопросах развития атомной энергетики в Армении. В частности, рассмотрен темп ввода в строй энергоблоков этих стран на своей национальной территории и за ее пределами,

Помимо этого, рассмотрен пример политики «энергетического разворота» (Energiewende) Германии по полному отказу от атомной энергетики.

ԱՏՈՄԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱ. ՖՐԱՆՍԻԱ, ՌԴ, ՉԻՆԱՍՏԱՆ, ԳԵՐՄԱՆԻԱ

Մարջանյան Ա. Հ.

Սեղմագիր

Վերլուծվում են ատոմային էներգետիկայի զարգացումը Ֆրանսիայում, Ռուսաստանում, Չինաստանում և Հարավային Կորեայում: Այսինքն այն երկրներում, որոնք այս կամ այն կերպ, հետաքրքրություն են հայտնել Հայաստանում ատոմային էներգետիկայի զարգացման նկատմամբ: Մասնավորապես, դիտարկվել է այդ երկրների ատոմային էներգաբլոկների շահագործման հանձնման տեմպերը իրենց ազգային տարածքում և այլուր:

Բացի այդ, դիտարկվում է Գերմանիայի «էներգետիկ շրջադարձի» (Energiewende) քաղաքականության օրինակը՝ ատոմային էներգիայից ամբողջությամբ հրաժարվելու ուղղությամբ:

NUCLEAR POWER: FRANCE, RF, CHINA, GERMANY

Marjanyan A. H.

Summary

The article analyzes the development of nuclear power in France, Russia, China and South Korea, i.e., countries that have expressed interest in the development of nuclear energy in Armenia in one form or another. In particular, the rate of commissioning of nuclear power units of these countries on their national territory and beyond is considered.

In addition, policy of “Energy U-turn” (Energiewende) of Germany to phaseout the nuclear power is considered.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА. ФРАНЦИЯ, РФ, КИТАЙ, Ю. КОРЕЯ, ГЕРМАНИЯ²

Введение

Статья продолжает нашу публикацию [1], посвященную описанию современного состояния атомной энергетики в мире, преимущественно с точки зрения установленной и строящейся атомной генерирующей мощности, особенно – в США. В настоящей статье мы сосредоточимся на атомной энергетике двух других стран «атомного треугольника» потенциальных партнеров Армении по развитию атомной энергетики – на Франции и России. А также рассмотрим состояние дел в Китае и Ю. Корее. В заключение рассмотрим пример политики «энергетического разворота» (Energiewende) Германии по полному отказу от атомной энергетики.

В статье используются данные из профессиональных источников и/или международных профильных организаций, с указанием даты запросов. Мы используем единицы, привычные армянской инженерной школе электроэнергетики³. Все исключения оговариваются особо. Для названия тех или иных атомных энергетических реакторов (блоков), а также различных технологических типов реакторов используются их международно-признанные названия и аббревиатуры, так как они определены в базе данных Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ, IAEA). Например, ARMENIAN-2, для второго блока Армянской АЭС (ААЭС), или тип PWR для водо-водяных реакторов под давлением (ВВЭР). При необходимости мы приводим и модель изготовителя данного атомного реактора (блока), например ВВЭР 440 (В-270) или PWR (CNP-300).

Нумерация глав, рисунков и таблиц настоящей статьи продолжает нумерацию [1].

2.1. «Атомный треугольник» Армении

Франция. После США, в силу ряда обстоятельств, следует остановиться и на атомной энергетике Франции. Делаем мы это не только потому, что Франция является важной стороной «атомного треугольника» (см. [1]) и одной из ведущих атомных держав мира. Но и потому, что после определенного периода «молчания», Франция, точнее компания «Фраматом», выразила определенную заинтересованность перспективами развития атомной энергетики в Армении (см. ниже).

Обобщая сведения базы данных PRIS [2], на **Рис. 4** приводим график ввода в строй всех атомных энергетических реакторов (блоков), на всех АЭС Франции, по датам их подключения к национальной сети. Начиная с 22 апреля 1959 г., когда был введен в

¹ Национальный эксперт ПР ООН (энергетика), национальный эксперт ЕС (транспорт), член экспертного клуба ЕАЭС, д.т.н., с.н.с., ведущий аналитик.

² Статья представлена в редакцию 14.09.2024.

³ Для мощности, кВт (10³ Вт), МВт (10⁶ Вт), ГВт (10⁹ Вт). Для энергии, киловатт-час (кВт.ч), млрд кВт.ч (10⁹ кВт.ч), что эквивалентно одному ТВт.ч (10⁹ кВт.ч). Говоря о мощности атомного реактора (блока), мы прежде всего имеем ввиду его электрическую мощность (MW_e), индекс «e» везде опущен.

эксплуатацию первый атомный энергоблок Франции с реактором на газовом охлаждении G-2 (MARCOULE)⁴ с референтной мощностью в 39 МВт. И до 71-го, и последнего на сегодняшний день, французского реактора FLAMANVILLE-3⁵, строящегося с декабря 2007 г. на АЭС FLAMANVILLE (1986).

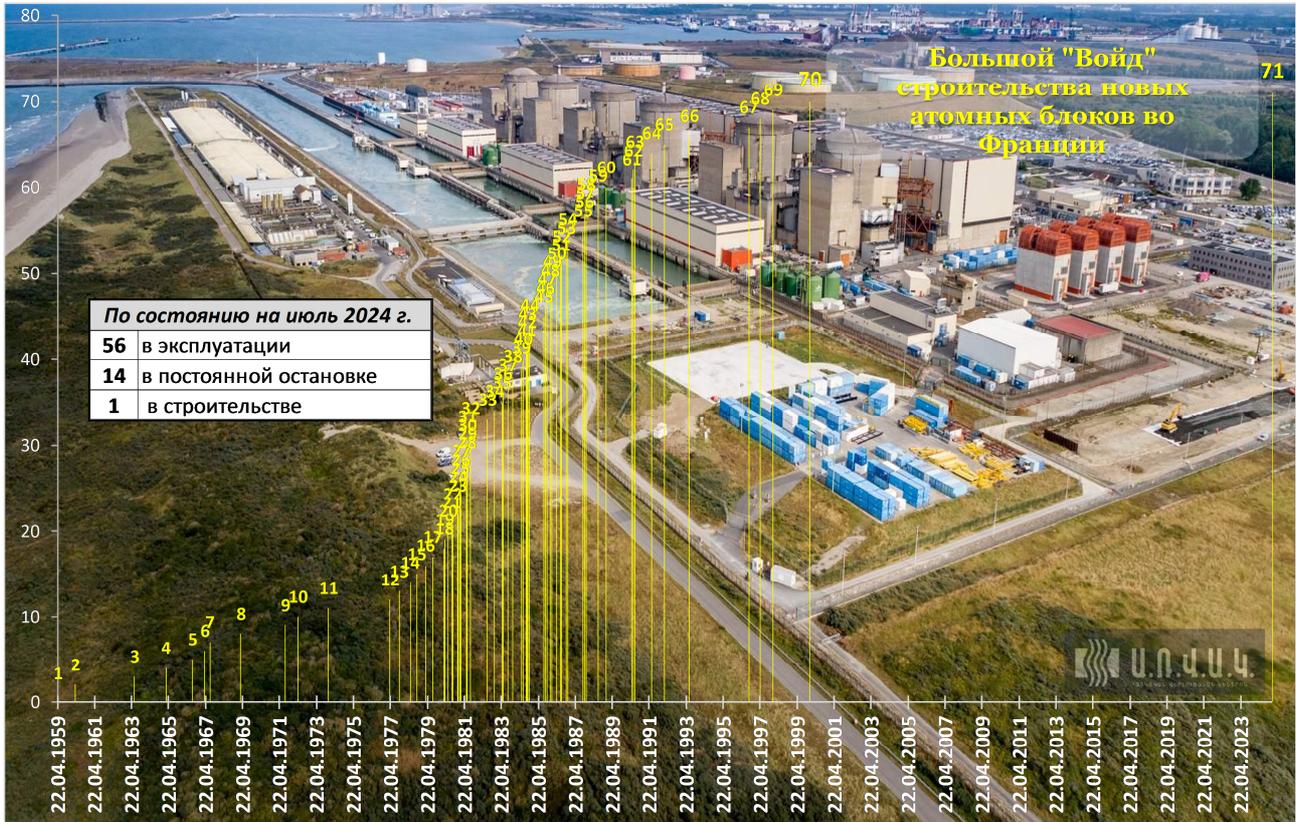


Рисунок 4. Ввод в строй атомных энергетических реакторов (блоков) Франции, по датам их подключения к сети. На заднем плане крупнейшая АЭС Франции *Gravelines* (суммарная референтная мощность 5460 МВт).

На момент написания нашей статьи, этот блок не был подключен к национальной сети, и в базе данных PRIS [2] он указывается как «*строющийся*». 28-го мая 2024 г. сообщалось⁶, что произведена загрузка реактора блока атомным топливом. Тогда же сообщалось, что «*после 12-летнего периода задержки, администрация по ядерной безопасности Франции выдала британской энергетической компании EDF разрешение на запуск атомной электростанции «Фламанвиль-3» в 2024 году*»⁷. О том, почему в этом сообщении компания EDF, известная всем как *Électricité de France*, указывается как «*британская компания*», скажем ниже. На **Рис. 4** мы все же указываем его (71-ый реактор), как если бы он был бы уже подключен к сети в конце 2024 г. Думается, это простительная вольность, учитывая факт загрузки реактора топливом и факт выдачи лицензии на его эксплуатацию.

⁴ G-2 (MARCOULE). IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=172> (дата обращения: 01.08.2024). Выведен из эксплуатации и остановлен 2-го февраля 1980 г.

⁵ FLAMANVILLE-3. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=873> (дата обращения: 28.07.2024).

⁶ «Fuel loading completed at Flamanville 3». May 28, 2024. <https://www.neimagazine.com/new-build-life-extension/fuel-loading-completed-at-flamanville-3/> (дата обращения: 03.08.2024).

⁷ «EDF gains approval for startup of Flamanville 3 nuclear plant, France». May 8, 2024. <https://www.power-technology.com/news/edf-flamanville-nuclear-plant/> (дата обращения: 03.08.2024).

Строго говоря, последним по времени французским атомным блоком, подключенным к сети (24-го декабря 1999 г.), был 70-ый реактор Франции CIVAUX-2⁸, **Рис. 4**. А его коммерческая эксплуатация началась еще позднее, в апреле 2002 года. По состоянию на конец августа 2024 г., из 71 атомных реакторов Франции 56 находятся в эксплуатации на 18 площадках АЭС Франции. Все они являются реакторами типа PWR (ВВЭР) и принадлежат французской государственной компании *EDF*. Из них 32 реактора имеют референтную мощность 900 МВт, 20 реакторов – 1300 МВт, 4 реактора по 1450 МВт. Помимо этого, 14 атомных реактора находятся в состоянии постоянной остановки.

Сравнение графика ввода в строй атомных энергетических блоков Франции (**Рис. 4**) с аналогичным графиком для США ([1], **Рис. 3**), позволяет сформулировать ряд интересных наблюдений.

Во-первых, активная фаза ввода в строй атомных блоков Франции, как и США, приходится на «Славное 30-летие» («*Les Trente Glorieuses*» французской историографии), т. е. на 30-летний период после окончания Второй мировой войны. Точнее, на его последнее десятилетие, когда длительный период научно-исследовательских и опытно-конструкторских (НИОКР) работ выполненных в 50-х и 60-х годов начал воплощаться в металле и бетоне, в виде вводимых в эксплуатацию конкретных атомных блоков. Так, за 10 лет, с 1977 по 1987 гг. в Франции были сданы 47 реакторов, начиная с реактора №12 FESSENHEIM-1, по реактор №58 CHINON В-4, т. е. темп сдачи атомных блоков за это десятилетие составил почти 5 реакторов в год. Далее этот темп несколько снижается, однако остается выше показателя США.

Во-вторых, «большой войд» («провал», «пустота») ввода в строй атомных энергетических блоков Франции наблюдается только начиная с 2002 года, т. е., несколько позже начала 20-летнего «большого войда» США (1995–2015 гг., см. [1], **Рис. 3**). Но по длительности он вполне сравним с американским, и даже превосходит его на два года, если его концом считать предполагаемый ввод в эксплуатацию 71-го блока FLAMANVILLE-3 в конце 2024 г.

За «большим войдом» французской атомной энергетики скрывается сложный комплекс проблем и вопросов, клубок политических и экономических противоречий, на который наложился технологический аспект разработки и строительства новых атомных блоков в Европе и Франции в «пост-Фукусимскую» эпоху. Здесь следует выделить три группы вопросов: политико-экономический, технологический и общественный.

К *политико-экономической* группе относятся различные, иногда противоположные подходы различных администраций правительств Франции, прежде всего относительно роли и значения атомной энергетики, и в вопросе статуса французской компании *EDF*⁹, единственного оператора всех АЭС страны. Не вдаваясь в детали, отметим, что в 2004 г., после интеграции в Европейский общий рынок, *EDF* была приватизирована, хотя правительство Франции и сохранило за собой 84% акций. Однако, после приватизации, в наступившее за тем десятилетие недоинвестирования, а также в наступивших реалиях

⁸ CIVAUX-2. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=228> (дата обращения: 03.08.2024).

⁹ *Électricité de France*. Создана 8 апреля 1946 г. специальным решением парламента, путем слияния различных малых компаний. EDF возглавила послевоенный энергетический рост Франции, уделяя особое внимание атомной энергетике и стала символом и флагманом новой, промышленно развитой Франции. В 2009 году она являлась крупнейшим производителем электроэнергии в мире.

мирового энергетического кризиса 2021–2022 гг., правительство объявило о полной ренационализации *EDF*, с покупкой оставшейся доли в 16% за €5.0 миллиардов¹⁰. Полная национализация *EDF* была завершена в 2023 году.

Вообще, приход к власти Э. Макрона, ставшего 25-ым президентом Франции в 2017-ом, существенным образом повлиял на характер развития атомной энергетики Франции, придав ему новый импульс в преодолении «*большого войда*». Ведь после аварии на АЭС «Фукусима 1» в Японии в 2011-ом, по всему Западному миру, в том числе и Франции, усилились анти-атомные настроения, которые, кстати, и привели Германию к ее «*энергетическому развороту*» (см. в конце статьи). И даже во Франции, где атомная энергетика по праву считалась предметом национальной гордости и символом «*Славного 30-летия*», все настойчивей раздавались голоса призывающие к закрытию АЭС.

Так, еще в 2015 г., при социалистическом правительстве президента Ф. Оланда парламент Франции принял закон о снижении доли атомной генерации с 75% до 50% к 2025 году. А в июле 2017 г., Н. Уло (Nicolas Hulot) доставшийся «в наследство» Э. Макрону от предыдущей администрации и назначенный им министром экологического перехода Франции (Minister for ecological transition), заявил о необходимости закрыть к 2025 году 17 атомных энергетических блоков компании *EDF*. Т. е. – примерно треть атомной генерирующей мощности Франции¹¹.

Однако в 2019 г., к огромному изумлению некоторых, увы – многих, «экспертов», и к удивлению подавляющего большинства комментаторов мировых СМИ, занятых восхвалением «*энергетического разворота*» Германии и ее отказом от атомной энергетики, в октябрьском номере *Le Monde* было объявлено¹² о намерении Франции начать строительство 6 новых больших атомных блоков типа EPR¹³ (см. ниже). Издание приводило специальное письмо правительства Франции директору компании *EDF*, с изложением «дорожной карты» этих намерений, – с тех пор это письмо известно как «*Проект атомного ренессанса Франции*». К 2022 г. решение о закрытии 17 атомных энергетических блоков во Франции, было отменено.

В феврале 2022 г. президент Э. Макрон объявил о планах построить 6 новых реакторов и рассмотреть возможность строительства еще 8-и. Президент подчеркнул необходимость увеличения доли атомной генерации электроэнергии до 60%, поскольку страна должна сократить потребление нефти и газа в течение следующих 30 лет. В январе 2023 г. Сенат Франции одобрил это предложение в форме законопроекта. В марте 2023 г. парламент Франции официально одобрил правительственный план инвестиций в атомную энергетику в размере €52 млрд, предусматривающий строительство 6-и новых атомных реакторов *EPR*-

¹⁰ «*France plans full nationalisation of power utility EDF*». Reuters, July 6, 2022. <https://www.reuters.com/world/europe/frances-edf-be-fully-nationalised-borne-2022-07-06/> (дата обращения: 03.08.2024).

¹¹ «*France could close a third of its nuclear reactors, says minister*». 10 Jul, 2017. <https://www.thelocal.fr/20170710/france-could-close-a-third-of-its-nuclear-reactors-says-minister> (дата обращения: 03.08.2024).

¹² «*Nucléaire: comment le gouvernement travaille en catimini à la construction de six nouveaux EPR*». *Le monde*, October 16, 2019. https://www.lemonde.fr/economie/article/2019/10/14/nucleaire-comment-le-gouvernement-travaille-en-catimini-a-la-construction-de-six-nouveaux-epr_6015478_3234.html (дата обращения: 03.08.2024).

¹³ Temple, James, «*Why France is eyeing nuclear power again*». October 16, 2019. <https://www.technologyreview.com/2019/10/16/65172/why-france-is-eyeing-nuclear-power-again/> (дата обращения: 03.08.2024).

2 на трех площадках АЭС Франции. Президент Макрон заявлял, что планирует начать строительство первого реактора EPR-2 до конца своего срока правления, истекающего в мае 2027 года.

Здесь необходимо подчеркнуть два важных фактора. Во-первых, принятие «Проекта атомного ренессанса Франции» опиралась на: 1) значительную общественную поддержку местных властей и профсоюзов, выступающих против закрытия АЭС Франции, 2) позицию политических кругов Франции консервативного толка, ядро которых составляли *голлисты*, считающие что Франция должна сохранить свои лидирующие позиции как ведущая атомная энергетическая держава мира.

Во-вторых, «остаться на плаву» атомной энергетики Франции помогли определенные маневры по «созданию» реактора *EPR*¹⁴ т. н. «поколения III⁺», и его продвижению в ряде проектов по строительству АЭС во Франции и за ее пределами.

В **Табл. 3** приводим полный перечень всех 10 выполненных или планируемых атомных проектов Франции за пределами своей национальной территории, за период времени с 1974 по май 2024 г., [3]. В таблице указаны название страны, где построена, строится или планируется строительство АЭС, ее название, тип реактора, компания разработчик и примерная цена проекта. В последнем столбце приводим комментарии о статусе проекта. К упомянутому выше реактору EPR относятся последние пять проектов Франции за рубежом.

Таблица 3.
Атомные энергетические проекты Франции за рубежом, 1974–2024 гг. **Источник: [3]**

Страна	АЭС	Тип	Цена	Компания	Комментарии
Иран	Darkhovin 1&2	M310	\$2 млрд	Framatome	Строительство прекращено в 1979
Ю. Африка	Koeberg 1&2	M310		Framatome	Сдан в 1985
Ю. Корея	Hanul/Ulchin 1&2	M310		Framatome	Сдан в 1989
Китай	Daya Bay	M310		Framatome	Сдан в 1994
Китай	Ling Ao	M310		Framatome	Сдан в 2002
Китай	Taishan 1&2	EPR		Areva NP	Строительство блока 1 начато в 2009. Сдан в 2019
Синоп	Sinop 1-4	EPR (Atmea1)	\$22 млрд	MHI-Areva	Планируется
СК	Hinkley Point C 1&2	EPR	£22.5 млрд	Areva NP	Строительство начато в 2019
СК	Sizewell C 1&2	EPR		Areva NP	Планируется
Финляндия	Olkiluoto 3	EPR		Areva NP	Сдан в 2023, после 14-летнего опоздания

Первым французским атомным проектом за рубежом, так и оставшимся на бумаге, был проект по строительству первой в Иране атомной станции – АЭС «Дарховин». Все работы по нему были прекращены в 1979 г., после исламской революции в Иране. Далее следовали реализованные проекты по строительству французских АЭС в Ю. Африке (АЭС «Коберг»), Ю. Корею и Китае. Новый этап французской «атомной экспансии» за рубежом, связанный с международным продвижением реактора EPR, начинается со строительства АЭС «Тайшан»

¹⁴ European Pressurised Water Reactor (EPR). Европейский водо-водяной реактор под давлением (Европейский ВВЭР). Разработан атомным подразделением госкомпании *EDF*, компанией *Framatome* (ранее - *Areva NP*), и немецкой *Siemens*, на основе французского реактора *N4* и немецкого реактора *Konvoi*. Он сертифицирован и отвечает требованиям *EUR* (Евросоюз) и *EPRI* (США) [3].

(Taishan) в Китае в 2009 г. Эта АЭС, имеющая два блока с референтной мощностью 1660 МВт каждый, была сдана в эксплуатацию летом 2019 г.

Дальнейшее продвижение реактора EPR связана с многострадальными проектами по строительству АЭС «Хинкли поинт» (Hinkley Point) и «Сизуелл» (Sizewell) в Великобритании (Соединенном Королевстве, СК) и третьего блока АЭС «Олкилуото» в Финляндии, см. **Табл. 3**. В этой связи следует сказать, что в 2009 г. *EDF* взяла под свой контроль компанию *British Energy* – атомного оператора СК, выкупив ее акционерный капитал у правительства Великобритании. После поглощения *EDF* сохранила за собой права на свою «торговую марку». Таким образом, после ренационализации *EDF*, принадлежащая полностью французскому государству компания *EDF*, стала не только крупнейшей энергетической компанией СК, но и единственным атомным оператором Великобритании. Поэтому иногда ее называют (ошибочно) «британской» компанией.

Строительство АЭС «Хинкли Поинт С»¹⁵, где планируется разместить два атомных блока EPR-1750 типа PWR (ВВЭР), референтной мощностью в 1630 МВт, началось в марте 2017 г. Строительство находится на 3 года позади графика работ, пуск первого блока планируется в 2030–31 гг. Бюджет строительства неоднократно увеличивался, в январе 2024 г. *EDF* оценила его в £35 млрд в ценах 2015 г. (около £47.9 млрд в ценах 2024 г.), что делает «Хинкли Поинт С» «самой дорогой стройкой на планете»¹⁶. Заметим, что блоки EPR-1750 станут первыми блоками типа ВВЭР, когда-либо установленными в СК. Абсолютное большинство (89%) атомных блоков построенных в СК относятся к технологическому типу реакторов с газовым охлаждением (GCR).

Похоже развивалось и история строительства третьего блока АЭС «Олкилуото»¹⁷ (OLKILUOTO-3, типа PWR) в Финляндии, введенного в эксплуатацию 1-го мая 2023 г. (начало строительства – 12 августа 2005 г). Многочисленные задержки и вызванные ими выплаты издержек (более €2 миллиарда), в конце концов привели к банкротству компанию *Areva*, обязательства которой перешли к *EDF*.

Заканчивая раздел статьи посвященный Франции заметим, что она никогда не присоединялась к т. н. «Соглашению 123» об атомном (nuclear) сотрудничестве с Соединенными Штатами на двухсторонней основе. Опосредованно, Франция охвачена механизмом «Соглашения 123» через организацию «Евроатом»¹⁸, которая присоединилась к «Соглашению 123» в апреле 1996 г. сроком на 30 лет [3, 6]. Более того, как отмечалось ранее, «сегодня ни одна страна, которая приняла Парижскую конвенцию (РС) и

¹⁵ На АЭС «Хинкли Поинт А» и «Хинкли Поинт В» были установлены по два реактора типа GCR, в настоящее время они выведены из эксплуатации. В целом, из 46 атомных блока построенных в СК с 1957 г. по сей день, находятся в эксплуатации лишь восемь, все типа GCR. 36 блока находятся в постоянной остановке [2].

¹⁶ Simon, Jack, «Hinkley C: UK nuclear plant price tag could rocket by a third». BBC News, 24 January 2024. <https://www.bbc.co.uk/news/business-68073279> (дата обращения 28.07.2024).

¹⁷ Строительство 1-го блока АЭС началось в начале 1974 г., второго – в сентябре 1975 г. АЭС строилась «под ключ» американской компанией Westinghouse Electric с использованием собственных технологий (AA-III типа ВWR). Первый энергоблок был подключён к национальной энергосистеме в сентябре 1978, второй – в феврале 1980 гг.

¹⁸ The European Atomic Energy Community (*Euratom*). Членами являются Австрия, Бельгия, Болгария, Хорватия, Кипр, Чехия, Дания, Эстония, Финляндия, Франция, Германия, Греция, Венгрия, Ирландия, Италия, Латвия, Литва, Люксембург, Мальта, Нидерланды, Польша, Португалия, Румыния, Словакия, Словения, Испания и Швеция. Напомним, что *Euratom* является 3-ей стороной договора СЕРА между Арменией и ЕС, о чем не было известно общественности Армении вплоть до октября 2017 г., см. [1].

примыкающие к ней компоненты (RPC, BSC, RBSC), не приняла компоненту CSC, являющейся механизмом поддержки экспортной политики атомных технологий США, и пользующаяся ее полным покровительством» (см. [1], **Табл. 2** и далее).

Кстати говоря, присоединение Франции к «Соглашению 123» позволило США в 2004-ом заключить отдельный договор с Францией для получения доступа к экспериментальному реактору на быстрых нейтронах «Феникс» (Phénix), поскольку, по признанию министерства энергетики США (DoE) «в США более не существует возможность создания своих атомных реакторов на быстрых нейтронах» [3].

В 2006 г. Комиссариат по атомной энергии Франции (CEA)¹⁹ выделил €3.8 млрд на НИОКР длительностью в 4 года для разработки и модернизации двух типов реакторов на быстрых нейтронах («бридерных» реакторов): модернизации «бридера» с натриевым охлаждением типа SFR, имеющим к тому времени наработку в 45 реактор-лет во Франции, и разработку инновационного «бридера» с газовым охлаждением.

Помимо этого, во Франции ведутся НИОКР по разработке различных проектов модульных атомных реакторов малой мощности (ММР). Так, компания *TechnicAtome* совместно с *Naval Group* и *CEA* с 2018 г. работает над созданием ММР NP-300 типа PWR (ВВЭР) мощностью до 300 МВт. NP-300 разработан на основе реактора французских атомных подводных лодок [3]. Помимо этого, 26 апреля 2024 г. Европейская комиссия одобрила²⁰ проект дочерней компании *EDF* «*Nuward*» по исследованиям и разработке ММР, выделив для этого €300 млн в рамках «[Европейской промышленной стратегии](#)» и «Европейского зеленого курса» ([European Green Deal](#)). Сообщалось и о ряде других проектов ММР (проекты NILUS, IRIS, и др.), однако на сегодняшний день все они находятся на стадии пилотных проектов или НИОКР.

СССР/Россия

Начало атомной энергетики в мире было положено в СССР, летом 1954 г., ровно 70 лет назад. Начало атомной энергетики в Армении также было положено в СССР, когда в октябре 1977 г. в Арм. ССР был подключен к сети первый атомный реактор (блок) ARMENIAN-1²¹ типа ВВЭР (PWR) В-270 на Армянской АЭС (ААЭС).

Начинаем мы с этих, казалось бы, общеизвестных фактов намеренно, т. к., во-первых, оказывается сегодня это не очень-то и общеизвестно. Так, из 10 аспирантов (!) одного из ведущих ВУЗов Армении, у которых автору доводилось недавно принимать госэкзамен, знали эти факты только четвера, точнее – 3.5, т. к. четверо знали о строительстве ААЭС в Армении во времена СССР, из них только 3-ое знали, что первая АЭС в мире была построена в СССР. И никто не мог назвать конкретные даты этих событий.

¹⁹ CEA основанная в 1945 г. нобелевским лауреатом Ф. Жолио-Кюри, в декабре 2009 г. была переименована в «Комиссариат по атомной и альтернативной энергетике» по указу президента Н. Саркози.

²⁰ «Commission approves €300 million French State aid measure to support Nuward in researching and developing small modular nuclear reactors». 26 April 2024. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_24_2228 (дата обращения: 01.09.2024).

²¹ ARMENIAN-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=24> (дата обращения: 28.07.2024). Выведен из эксплуатации в апреле 1989 г., после 12 лет эксплуатации. О причинах и последствиях чего более подробно будет сказано в нашей следующей статье.

Во-вторых, даже в таких уважаемых и профессиональных источниках как МАГАТЭ, об этом говорится как-то глухо. Так, пролистав страновые справки по атомной энергетике США [5], Франции [3] и РФ [4], сразу и не поймешь, если не знаешь заранее, какая из этих стран все же является родоначальником атомной энергетике в мире. Так что повторение этих фактов здесь будет не лишним.

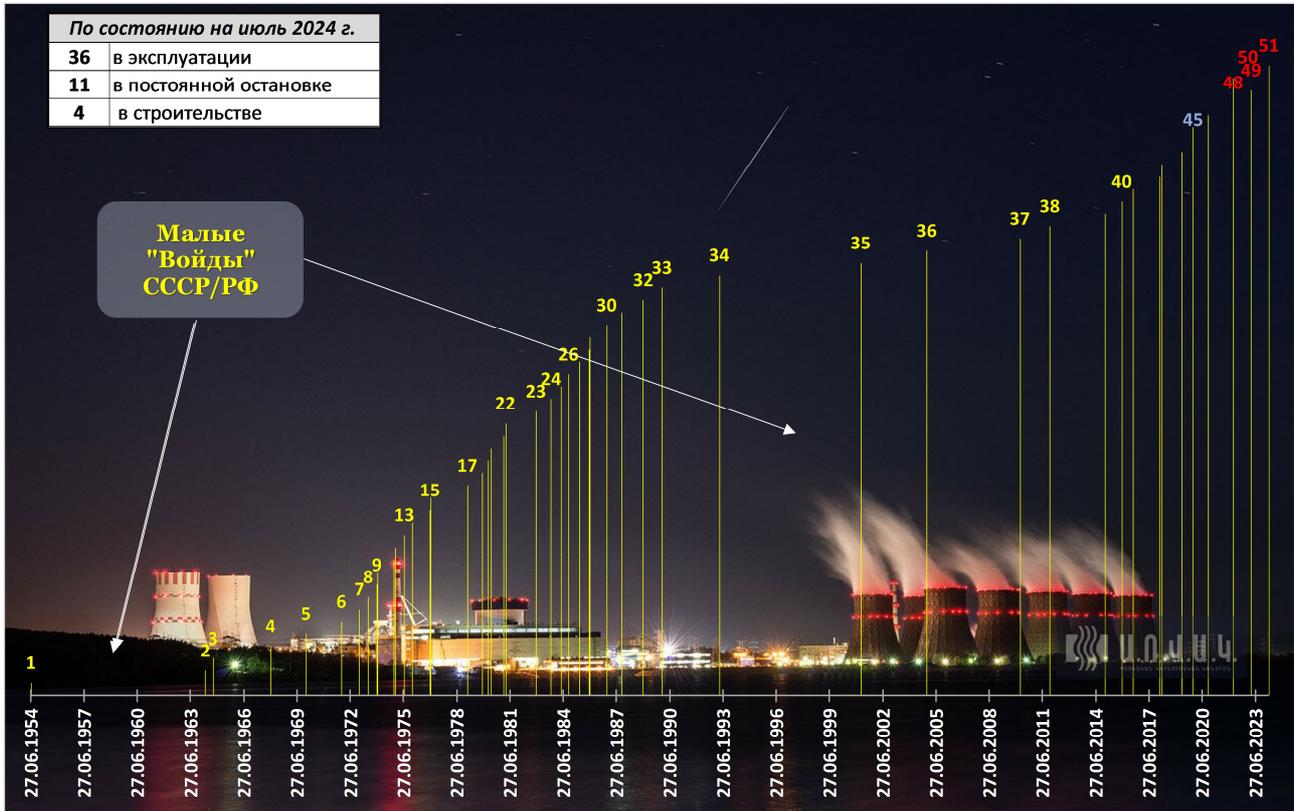


Рисунок 5. Ввод в строй атомных энергетических реакторов (блоков) в СССР/РФ, по датам их подключения к сети. (На заднем плане Нововоронежская АЭС).

Обобщая сведения базы данных PRIS [2], на **Рис. 5** приводим график ввода в строй всех атомных энергетических реакторов (блоков), на всех АЭС СССР/России, по датам их подключения к национальной сети. Начиная с 27 июня 1954 г., когда был введен в эксплуатацию первый атомный энергоблок в мире APS-1 OBNINSK (AM-1)²² с реактором типа LWGR (водоохлаждаемый каналный уран-графитовый энергетический реактор), с референтной мощностью в 5 МВт. И до 47-го, и последнего на сегодняшний день, российского реактора LENINGRAD 2-2²³ типа ВВЭР (PWR) модели В-491 и мощностью 1101 МВт, подключенного к сети 22 октября 2020 г.

Помимо этого, на **Рис. 5** выделены голубым цветом атомные блоки №45 и 46, представляющие собой ММР на плавучей атомной электростанции (ПАЭС) «Академик Ломоносов». На рисунке показаны также строящиеся сегодня в РФ четыре российских реактора (№48 по №51, выделены красным цветом). Ими являются два реактора типа ВВЭР-ТОИ (В-510) на Курской АЭС 2, с единичной мощностью в 1255 МВт (референтная

²² APS-1 OBNINSK. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=447> (дата обращения: 01.08.2024). Выведен из эксплуатации 29-го апреля 2002 г., после 48 лет эксплуатации.

²³ LENINGRAD 2-2. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=901> (дата обращения: 28.07.2024).

мощность 1200 МВт, о них мы еще скажем чуть ниже). И один реактор типа ВВЭР 1200 (В-491) проекта «АЭС-2006» на Ленинградской АЭС 2 (реактор №3), с единичной мощностью в 1199 МВт (референтная мощность 1150 МВт).

Сравнивая **Рис. 5** с аналогичными графиками для Франции (**Рис. 4**) и США ([1], **Рис. 3**), можно прийти к ряду важных заключений.

Начнем с того общего, что присуще всем трем графикам – на всех них заметен бурный рост ввода в строй атомных блоков в 70-х годах прошлого века. Далее темп ввода замедляется и выходит на «плато» к началу 90-х. Эта универсальность в поведении указанных графиков США, Франции и СССР/РФ является результатом масштабных НИОКР в области атомной энергетики 50-60-х годов прошлого века, которые в 70-х начали воплощаться в металле. В свою очередь, это наглядная иллюстрация того, что «вертикальное развитие» было присуще не только идеологизированному проекту «СССР/РФ», как это трактуется в некоторых исследованиях на эту тему. Оно являлась элементом более глобального явления, затрагивающего как СССР и страны «социалистического блока», так и страны обобщенного «Запада», которые более точно называть «глобальным Севером»²⁴.

Теперь остановимся на тех особенностях, которые присуще только графику СССР/РФ.

Во-первых, только на **Рис. 5** мы наблюдаем уверенный рост темпа ввода в строй новых атомных энергетических реакторов, наступивший после определенного периода «стагнации». Причем, и эта вторая особенность **Рис. 5**, новым, вводимым в строй атомным блокам РФ присуще большое технологическое разнообразие, они включают в себя как «традиционные» для СССР/РФ блоки типа ВВЭР (PWR), так и малые модульные реакторы (ММР) и энергетические реакторы на быстрых нейтронах (FNR).

В этой связи отдельно следует сказать о последнем – 51-ом реакторе РФ, «Брест-ОД-300», с единичной мощностью в 320 МВт (референтная мощность 300 МВт). Он возводится в Северске (Томская область), на площадке Сибирского химического комбината (предприятие топливной компании *Росатома* «ТВЭЛ»)²⁵. «Брест» существенно отличается от реакторов типа PWR (ВВЭР) или BWR, и является т. н. «бридерным» реактором размножителем (технология FNR по классификации МАГАТЭ). В отличие от реакторов PWR или BWR, где цепная реакция деления поддерживается медленными, «тепловыми» нейтронами, он работает на быстрых нейтронах. В технологическом смысле это настоящий прорыв в развитии атомной энергетики в мире, пожалуй, сравнимый с пуском первого атомного энергетического реактора АМ-1 в 1954-ом.

Далее, в графике СССР/РФ (**Рис. 5**), наблюдаются лишь два малых «войда» ввода в строй атомных энергетических блоков. Первый из них – это интервал в 10 лет между пуском в эксплуатацию первого в мире реактора АМ-1 в 1954-ом, и пуском 2-го и 3-го реакторов СССР BELOYARSK-1 и NOVOVORONEZH-1 в 1964 г.

Отметим, что если BELOYARSK-1, как и АМ-1 представляют собой, по сути, безкорпусные уран-графитовые каналные закладки, аналогичные исследовательскому реактору «Pile-1»,

²⁴ Մարջանյան, Ա., Հ., «Գլոբալ «Հարավ» և «Հյուսիս» միջև». 22 Հոկտեմբեր, 2024. «ԱՌՎԱՎ» ՀԱՅՀԱՎԱԿԱԿԵՐԼՈՒԾԱԿԱԼ ԿԵՆՏՐՈՆ. <https://arvak.am/qjnpw-l-hwpw-l-hjnw-l-mjz/> (дата обращения: 15.08.2024).

²⁵ «Началось строительство уникального энергоблока с реактором на быстрых нейтронах БРЕСТ-ОД-300». 8 июня 2024. *Годнауки.рф*. <https://xn--8oafdrjqf7b.xn--p1ai/news/1488/> (дата обращения: 15.08.2024).

собранному Э. Ферми на стадионе в Чикаго в 1942 г., то реактор NOVOVORONEZH-1, В-210 (заводская модель В-1)²⁶ — это уже корпусный водо-водяной реактор типа PWR (ВВЭР), прообраз самого многочисленного класса реакторов в мире сегодня, (к нему относятся и реакторы ААЭС). Реакторы этого типа составляют чуть менее 3/4-ей всех установленных, и более 3/4-ей всех строящихся сегодня атомных энергетических реакторов в мире.

За десятилетие первого «малого войда», усилия СССР были сосредоточены, во-первых, на пусках канальных реакторов для наработки оружейного плутония, и на создании атомного и ядерного оружия. А во-вторых, на разработку и усовершенствовании корпусных водо-водяной реакторов ВВЭР. В результате, в СССР/РФ было создано целое семейство энергетических реакторов типа ВВЭР (PWR), сведения о которых мы приводим в **Табл. 4**, взятой из страновой справки для России, оставленной МАГАТЭ по состоянию на 12 августа 2024 г. [4]. В таблице сохранены оригинальные комментарии источника. Наши комментарии добавлены в конце таблицы и отмечены звездочками.

Таблица 4.
Семейство реакторов СССР/РФ типа ВВЭР, 1954 - 2024 гг. Источник: [4]

Тип	Модель	Комментарии источника
ВВЭР-300		325 МВт, разрабатывается ОКМБ им. Африкантова на базе реактора КЛТ-40
ВВЭР-210	В-1	Прототип семейства ВВЭР, Нововоронежская АЭС 1
ВВЭР-365	В-3М	Реактор Novovoronezh 2, Нововоронежская АЭС 1
ВВЭР-440	В-179	Реакторы Novovoronezh 3-4, прототип реактора ВВЭР-440
	В-230	Реакторы Kola 1-2, (Кольская АЭС, Полярные Зори, РФ).
	В-270	Реакторы Armenia 1 и 2 ААЭС, базируются на модели ВВЭР В-230
	В-213	Реакторы Kola 3 и 4 (РФ), Rovno 1-2 (Украина), Loviisa (Финляндия), Paks (Венгрия), Dukovany (Чехия), Bohunice V2 (Словакия), Mochovce (Словакия)
	В-318	Предложенный для Кубы. Базируется на модели В-213, но с полным защитным кожухом
ВВЭР-640	В-407	В разработке (ОКБ «Гидропресс»), поколения III+
ВВЭР-300	В-478	В разработке (ОКБ «Гидропресс», на базе В-407), поколения III+
ВВЭР-600	В-498	В разработке (ОКБ «Гидропресс», на базе В-491), поколения III+, предполагалась для Кольской и Балтийской АЭС
ВВЭР-1000	В-187	Реактор Novovoronezh 5, Нововоронежская АЭС. Прототип реактора ВВЭР-1000
	В-302	Реактор South Ukraine 1, Южно-Украинской АЭС
	В-320	На большинстве российских и украинских АЭС, а также Kozloduy 5-6 (Болгария), Temelin 1-2 (Чехия)
	В-338	Реакторы Kalinin 1 и 2, South Ukraine 2, Калининской (РФ) и Южно-Украинской АЭС
	В-446	Реактор Bushehr 1 Бушерской АЭС (Иран), базируется на модели В-392, с учетом оборудования компании Siemens.
	В-413	Проект АЭС-91
	В-428	АЭС-91 Tianwan (Китай) и для перспективной АЭС во Вьетнаме. Базируется на модели В-392, поколения III
	В-428М	Реакторы Tianwan 4 и 5 (Тяньваньская АЭС, Китай), модификации В-428
	В-412	Проект АЭС -92, АЭС Куданкулам (Индия). На основе модели В-392, поколения III
	В-392	ААЭС (Армения), Реакторы 3 и 4 Хмельницкой АЭС, поколения III. Проект «АЭС-92» отвечающим европейским требованиям EUR.
	В-392В	Проект АЭС-92
	В-466	Проект AES-91/99 для тендера АЭС Olkiluoto (Финляндия) и Sanmen (Китай). Разработан на базе В-428, поколения III
	В-466В	Проект AES-92 для АЭС Belene/Kozloduy 7 (Болгария), и Иордании (?), Разработан на базе В-412 и В-466 (ОКБ Гидропресс), с жизненным циклом 60 лет, мощностью 1060

²⁶ NOVOVORONEZH-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=499> (дата обращения: 28.07.2024). Референтная мощность 197 МВт, подключен к сети 30 сентября 1964 г., выведен из эксплуатации 16 февраля 1988 г.

Тип	Модель	Комментарии источника
		МВт (gross), поколения III,
	В-528	Bushehr 2 и 3. Модификация В-466В, предложена в качестве 2 и 3 блока Бушерской АЭС (Иран)
ВВЭР-1200	В-392М	Проект АЭС-2006 ОО Атомэнергопром (АЭП) и ОКБ Гидропресс, Нововоронежская АЭС II; базируется на В-392 and В-412, поколения III+. Мощность 1170 МВт (gross) с улучшенной системой пассивной безопасности по сравнению с В-491. В дальнейшем развился в реактор ВВЭР-ТОИ
	В-491	Проект АЭС-2006 для Ленинградской, Балтийской и Беларускай АЭС, а также тендеров на АЭС Tianwan (блоки 7 и 8) и Ninh Thuan 1. Разработан на базе проекта АЭС-91 В-428 в АО "Атомпроект" и ОКБ Гидропресс, поколения III+. Мощность 1170 МВт (gross). В дальнейшем развился в реактор МИР-1200 для лицензирования по стандартам EUR
	В-508	МИР-1200, участие в тендере на АЭС Temelin (Чехия)
	В-509	Версия реакторов для АЭС Аккую (Турция), базируется на реакторе Нововоронежской АЭС В-392М
	В-522	Проект АЭС-2006Е для АЭС Hanhikivi (Финляндия)*, версия реактора В-491
	В-523	Проект AES-2006М для АЭС Rooppur (Багладеш), версия реактора В-392М референтного блока Нововоронежской АЭС
	В-527	Проект AES-2006Е для АЭС Paks II (Венгрия), версия В-491
	В-529	Проект AES-2006Е для АЭС El Dabaа (Египет), версия В-491
ВВЭР-1200А	В-501	Концептуальный проект AES-2006 с двумя контурами (two-loop). Остановлен в 2011
ВВЭР-1300	В-488	Перспективный проект АЭС-2006М, поколения III+, ОКБ Гидропресс
	В-510	Реактор ВВЭР-ТОИ проекта АЭС-2010, поколения III+. Мощность 1250 МВт (gross), разработан в АЭП, как дальнейшее совершенствование В-392М. Предполагаемое размещения: Курская АЭС II, Смоленская АЭС II, Нижегородская, Центральная и Татарская атомные станции**
	В-513	Модифицированный вариант реактора ВВЭР-ТОИ В-392М,
ВВЭР-1300А	?	Удешевленный вариант реактора ВВЭР-ТОИ
ВВЭР-1500	В-448	ОКБ Гидропресс, поколения III+, разработка остановлена в 2006
ВВЭР-1800	?	Концептуальное предложение трехконтурного (three loops) реактора на базе ВВЭР 1300А и ВВЭР 1500
ВВЭР-СКД	В-393	Реактор поколения IV сверхкритического давления (PWR SCP). В разработке

* АЭС Ханхикиви-1, (ранее - АЭС Пюхьяйоки). Проект одноблочной атомной электростанции в Финляндии, с реактором ВВЭР-1200 по проекту АЭС-2006. Заявка на строительство АЭС в правительство Финляндии была подана в 2015 г., однако строительство тормозилось затянувшейся процедурой получения разрешения финского регулятора. В мае 2022 г., в связи с российским вторжением на территорию Украины, финская компания Fennovoima расторгла контракт с российским «ГК Росатомом». В 2024 году начался снос зданий недостроенной АЭС.

** Вопрос о строительстве АЭС в Татарстане на 4000 МВт обсуждался руководством СССР с 1978 г. в связи с вводом в Татарской АССР большого числа крупных промышленных предприятий. Строительство началось в 1980 г., пик работ пришелся на 1988 г. Запуск первого энергоблока был запланирован на 1992 г. В апреле 1990 г. строительство было прекращено. Объекты недостроенной Татарской АЭС находится в ведении Республики Татарстан, в связи с чем возобновление строительства и станции маловероятно, поскольку она не находится на балансе ГК «Росэнергоатом» и, соответственно, средства на поддержание консервации строительства концерном не выделяются.

Как следует из **Табл. 4**, согласно данным МАГАТЭ, для нового блока Армянской АЭС Россия предлагает атомный энергетический реактор (блок) типа ВВЭР-1000 модели В-392 (АЭС-92). Это первый российский реактор, получивший сертификат соответствия требованиям безопасной эксплуатации в ЕС (Европейские требования к коммунальным услугам, EUR) в апреле 2007 г. Однако подчеркнем, что Россия не раз подчеркивала, что в качестве нового атомного блока для Армении готова рассматривать предложения по использованию всей линейки реакторов типа ВВЭР (**Табл. 4**), например - ВВЭР ТОИ (см.

ниже). А также и другие типы атомных реакторов российского производства, включая реакторы малой мощности, называемые у нас малыми модульными реакторами (ММР).

Именно такими реакторами (блоками) являются реакторы №45 и 46, на **Рис. 5** они выделены голубым цветом). Это реакторы типа ВВЭР модели КЛТ-40С референтной мощностью в 32 МВт, установленные на первой в мире плавучей АЭС (ПАЭС) «Академик Ломоносов»²⁷. ПАЭС получила лицензию на эксплуатацию в июле 2019 г., и была подключена к сети в декабре 2019 г. Целью ПАЭС является замена выведенной из эксплуатации Билибинской АЭС и устаревающих электростанций на угле, обеспечение энергией горнодобывающего комплекса в Певеке, и снабжение электроэнергией нефтепромысловых установок в Арктике. На сегодняшний день реакторы КЛТ-40С являются единственными ММР в мире, находящимися в промышленной эксплуатации. ММР Китая находится в опытно-промышленной эксплуатации, ММР США, Франции и Японии на стадии проекта.

Сегодня в России ведутся интенсивные работы по продвижению российских ММР за рубежом. Так, на конференции сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климата в Дубае (COP-28) в ноябре 2023 г. компания *Rusatom Energy Projects* (структура госкорпорации *Rosatom*) и монгольская *Mon-Atom* предварительно договорились²⁸ о строительстве в Монголии АЭС малой мощности (АСММ). В начале 2023 г. *Rosatom* уже подписывал²⁹ с комиссией по ядерной энергии Монголии меморандум о сотрудничестве в области мирного атома и разработки проекта центра ядерной науки и технологий в Монголии. Эти планы были подтверждены во время визита президента РФ В. Путина в Монголию в 3-го сентября 2024 г. Согласно главе российской госкорпорации *Rosatom* А. Лихачеву³⁰: *«Весной на «Атомэкспо» в Сочи была подписана дорожная карта создания в Монголии малой модульной атомной электростанции. Именно такая мощность – от 220 до 330 МВт – потребна монгольской стороне в новой столице, Новый Хархорум. Технический облик проекта мы практически утвердили».*

11 октября 2023 г. ГК *Rosatom* и Министерство науки и технологий Мьянмы подписали³¹ меморандум о взаимопонимании в области оценки и развития ядерной инфраструктуры республики. Соглашение подразумевает разработку плана по реализации в Мьянме строительства АСММ. А 25 ноября вице-премьер РФ А. Новак заявил³², что Россия готова расширить сотрудничество с Турцией в сфере ММР. *«Россия заинтересована в участии своих подрядчиков в сооружении второй АЭС «Синоп» в Турции, а также в*

²⁷ АКАДЕМИК LOMONOSOV-2. IAEA, PRIS.

<https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=896> (дата обращения 28.08.2024).

²⁸ «Росатом и Mon-Atom договорились о строительстве атомной станции в Монголии». Ведомости, 04 декабря 2023. <https://www.vedomosti.ru/economics/news/2023/12/04/1009309-rosatom-stroitelstve-atomnoi-mongolii> (дата обращения 05.09.2024).

²⁹ «Росатом может построить АЭС малой мощности в Монголии». Интерфакс, 04 декабря 2023. <https://www.interfax.ru/world/934604> (дата обращения 05.09.2024).

³⁰ «Глава "Росатома" заявил, что Монголии нужна малая АЭС на 220-330 МВт». Интерфакс, 3 сентября 2024. <https://www.interfax.ru/russia/979333> (дата обращения 05.09.2024).

³¹ «Росатом расширяет сотрудничество с Мьянмой в области ядерной инфраструктуры». «Росатом», 11 октября, 2023. https://www.rosatom.ru/journalist/news/rosatom-rasshiryaet-sotrudnichestvo-s-myanmoy-v-oblasti-yadernoy-infrastruktury/?sphrase_id=4717593 (дата обращения 05.09.2024).

³² «Новак: Россия готова расширить сотрудничество с Турцией в сфере малых АЭС». Ведомости, 25 ноября 2023. <https://www.vedomosti.ru/technology/news/2023/11/25/1007699-rossiya-gotova-rasshirit-sotrudnichestvo> (дата обращения: 05.09.2024).

строительстве атомных станций малой мощности и применении технологий неэнергетического сектора», – говорится в сообщении правительства РФ.

В октябре 2023 г. сообщалось, что Казахстан наряду с традиционной АЭС рассматривает возможность строительства ММР на своей территории. По информации министерства энергетики Казахстана³³, в рамках исследований по выбору реактора для первой АЭС в Казахстане, наряду с реакторами большой мощности были рассмотрены и проекты перспективных ММР, таких как «Nuscale Power» (77 МВт, США) и BWRX-300 (300 МВт, США-Япония). О характерных параллелях нарратива о ММР в Армении, Казахстане и ряде других стран, и модульных реакторах американской компании *Nuscale Power* мы скажем более подробно в нашей следующей статье «Армения и атомная энергетика».

По ряду причин, считаем целесообразным остановиться и на другом российском атомном блоке – реакторе ВВЭР-ТОИ (VVER-TOI), упомянутым в **Табл. 4**. Ими предполагаются оснастить Курскую АЭС II, а по мере их готовности и ввода в строй, реакторы ВВЭР-ТОИ полностью заменят и 4 реактора типа РМБК, установленных на Курской АЭС I³⁴. На сегодняшний день Курская АЭС II остается одной из крайне немногих площадок, где сохраняется высокотехнологическое сотрудничество между государственным концерном *Росатом* и французской атомной компанией *Framatome*. Так, в 2020 г. *Framatome* выиграла³⁵ международный тендер на поставку автоматической системы защиты для атомных реакторов ВВЭР-ТОИ второй очереди Курской АЭС (АЭС II).

Причем, в недавнем прошлом аналогичные франко-российские проекты были успешно реализованы на Нововоронежской и Ленинградской АЭС. *Росатом* и *Framatome* сотрудничают и за пределами России, например в Венгрии, на АЭС «Пакш» (Paks).

Все это может иметь свое развитие и в Армении, т. к. недавно стало известно, что *Framatome* высказал заинтересованность в работах по строительству нового блока ААЭС. В Армению даже приехала специальная делегация, которую и принял секретарь Совета безопасности РА³⁶. Думается есть все основания надеяться, что Армянская АЭС, наряду с Курской или Ленинградской АЭС в России, или АЭС «Пакш» в Венгрии, станет площадкой сотрудничества между РФ и Францией, способствуя сотрудничеству и кооперации, а не разобщению и войне.

Добавим, что в июне 2019 г. реактор ВВЭР-ТОИ получил³⁷ сертификат соответствия требованиям безопасной эксплуатации «Европейские требования к коммунальным услугам». «Я могу с полным основанием заявить, что проект ВВЭР-ТОИ прошел самую

³³ «Казахстан изучает перспективы использования малых ядерных реакторов». LS, 23 октября 2023. <https://lsm.kz/kazakhstan-rassmatrivaet-vozmozhnost-stroitel-stva-sovremennyh-yadernyh-reaktorov> (дата обращения: 05.09.2024).

³⁴ «Инфраструктура и война: от Курской АЭС до Худаферинской ГЭС. Комментарий эксперта от 10.08.2024». Аналитический Центр «АРВАК», 12 августа 2024, <https://arvak.am/ru/ot-kurskoy-azs-do-xudaferinskoy-ges/> (дата обращения 15.08.2024).

³⁵ «Framatome to deliver reactor protection system for Kursk II». NEI, April 9, 2020. <https://www.neimagazine.com/news/framatome-to-deliver-reactor-protection-system-for-kursk-ii-7865990/> (дата обращения: 08.08.2024). 80.5% акций компании «Framatome» принадлежат французской государственной компании EDF, 19.5% - японской Mitsubishi Heavy Industries.

³⁶ «Армен Григорян принял делегацию «Фраматом». News.am, 23.07.2024. <https://news.am/rus/print/news/835334.html> (дата обращения: 08.08.2024).

³⁷ «Russia's VVER-TOI reactor certified by European utilities». Центр «АРВАК», 14 June 2019. <https://world-nuclear-news.org/Articles/Russia-s-VVER-VOI-reactor-certified-by-European-ut> (дата обращения: 20.08.2024).

тщательную и глубокую экспертизу и полностью соответствует требованиям EUR», — заявил почетный президент EUR Г. Жаккар. Он является вторым, после ВВЭР-1000 (АЭС-92), российским реактором получившим сертификат соответствия требованиям EUR.

Возвращаясь к **Рис. 5**, следует сказать, что второй «малый войд» России, образованный между пусками реакторов №34 (11.04.1993) и №35 (30.03.2001, **Рис. 5**), является эхом Чернобыльской аварии (26.04.1986) и последствием развала СССР (15.12.1991). Причем, то обстоятельство, что примерно в это же время наблюдается наступления «большого войда» в темпе ввода атомных энергетических реакторов в США ([1], **Рис. 3**)³⁸, заставляет предполагать наличие и иных, более глобальных факторов, ответственных за это замедление ввода в строй атомных энергетических блоков во всем мире – конец эпохи «проектного вертикального развития» 50-х и 60-х годов, характерного для двухполярного мира второй половины 20 века, наступление эпохи однополярного мира и дешевого газа ранних 90-ых и т.д.

Но самой характерной особенностью **Рис. 5** является уверенный рост ввода в строй атомных реакторов СССР/РФ после периода стагнации. Наступления своеобразного «ренессанса» развития атомной энергетики в России, особенно заметного начиная с 2014–2015 гг., когда были подключены к сети блоки №39, 40 и 41 на Ростовской (ROSTOV-3), Белоярской (BELOYARSK-4) и Нововоронежской АЭС (NOVOVORONEZH 2-2) соответственно (**Рис. 5**). Такое поведение графика ввода атомных блоков отсутствует в США ([1], **Рис. 1**), и лишь намечается для Франции (см. выше, **Рис. 4**).

Таким образом, **Рис. 5** указывает в целом на более стабильный и непрерывный характер развития атомной энергетики в СССР/РФ. Сказанное становится особенно заметным, если учесть проекты РФ по развитию атомной энергетики, реализованные или реализуемые в последнее время за пределами национальной территории России. Так, из 59 строящихся сегодня энергетических блоков в мире ([1], **Рис. 1**), как минимум 24 реактора строятся по российским технологиям, (в основном по технологии ВВЭР). Из них 20 реакторов сегодня строятся за пределами РФ, в том числе:

- 4 реактора АЭС «Аккую» (*Akkuyu*) в Турции, типа ВВЭР В-509, единичной мощностью в 1200 МВт (референтная мощность 1114 МВт),
- 4 реактора АЭС «Эл Даба» (*El Daba*) в Египте, типа ВВЭР 1200, единичной мощностью в 1200 МВт (референтная мощность 1100 МВт),
- 4 реактора АЭС «Куданкулам» (*Kudankulam*) в Индии (реакторы №3, 4, 5, и 6), типа ВВЭР В-412, единичной мощностью в 1000 МВт (референтная мощность 917 МВт),
- 4 реактора в Китае. Два реактора для АЭС «Тяньван» (*Tianwan*, реакторы №7 и 8), типа ВВЭР 1200 В-491, единичной мощностью в 1265 МВт (референтная мощность 1171 МВт), и два реактора для АЭС «Худабу» (*Xudabu*, реакторы №3 и 4), типа ВВЭР 1200, единичной мощностью в 1274 МВт (референтная мощность 1200 МВт),
- Два реактора для АЭС «Руппур» (*Roorpur*) в Бангладеше (реакторы №1 и 2), типа ВВЭР В-523, единичной мощностью в 1200 МВт (референтная мощность 1080 МВт)³⁹,

³⁸ Выше мы отмечали характерный сдвиг «большого войда» Франции вправо (1999-2023).

³⁹ «АЭС Руппур в Бангладеш готовится к пуску реактора энергоблока №1 в декабре 2024 г.». 14 августа 2024, <https://neftegaz.ru/news/nuclear/849429-aes-ruppur-v-bangladesh-gotovitsya-k-pusku-reaktora-energobloka-1-v-dekabre-2024-g/> (дата обращения: 15.08.2024).

- Один реактор в АЭС «Бушер» (*Bushehr*) в Иране (реактор №2), типа ВВЭР 1000 В-528 (АЭС-92, GIII+) единичной мощностью в 1057 МВт (референтная мощность 974 МВт),
- Один реактор АЭС «Моховице» (*Mochovce*) в Словакии (реактор №4), типа ВВЭР В-213 единичной мощностью в 471 МВт (референтная мощность 440 МВт)⁴⁰.

Заканчивая раздел посвященный СССР/РФ, следует отметить, что Россия подписала «Соглашение 123» об атомном (nuclear) сотрудничестве с Соединенными Штатами на двухсторонней основе 6-го мая 2008 г., договор вступил в силу 11-го января 2011 г. со сроком действия на 30 лет ([6], Appendix A). Помимо этого, РФ охвачена механизмами «гражданской ответственности за ядерный ущерб» (Civil Liability for Nuclear Damage). Более подробно этот механизм обсуждался в [1] (**Табл. 1** и далее). Здесь же подчеркнем, что «Российская Федерация является участником Венской конвенции, но не Стороной пересмотренной Венской конвенции 1997 г., или Совместного протокола 1988 г. о применении Венской и Парижской конвенций. Однако законодательством Российской Федерации предусмотрен неограниченный лимит ответственности за ядерный ущерб.» [15, p. 11]

Добавим, что Казахстан подписал «Соглашение 123» 18-го ноября 1997 г., договор вступил в силу 28-го мая 1999 г., со сроком действия на 30 лет. А Украина подписала его 6-го мая 1998 г., договор вступил в силу в ноябре 1999 г., со сроком действия на 30 лет. Причем в обеих этих соглашениях процедура его обновления не описана.

Турция подписала «Соглашение 123» с США 26-го июля 2000 г. Однако этот договор вступил в силу почти через 8 лет, 2-го июня 2008 г., со сроком действия на 15 лет, с возможностью автоматического продления договора на 5 лет, после истечения первого 15-летнего периода (2-го июня 2023 г., см. там же). Продлен ли этот договор и какие ведутся переговоры по этому поводу с июня 2023 г., в открытых источниках не сообщается [6].

Об Армении и «Соглашении 123» с США мы говорили в [1].

2.2. За пределами «атомного треугольника»: Китай, Ю. Корея

Хотя Китай и Ю. Корея в настоящее время и не охвачены ни одной из международных конвенций «о гражданской ответственности за атомный ущерб» (см. [1], **Табл. 1**), однако все же имеет смысл кратко рассмотреть и их в настоящем разделе статьи, преимущественно по двум причинам, делающими их активными «игроками» на мировом поле атомной энергетики.

В случае Китая — это наличие масштабной программы развития атомной энергетики как в самом материковом Китае, так и программы продвижения своих атомных энергетических технологий за ее пределами. Причем, эта деятельность полностью поддерживается политическим руководством КНР. В случае Ю. Кореи — это сотрудничество и поддержка со стороны США по продвижению реакторов PWR (APR-1400).

⁴⁰ Реактор №3 АЭС «Моховице» подключен к сети 31 января 2023 г, подключение реактора №4 запланировано на конец 2024 г. Это два последних блока с реакторами ВВЭР-440, сооружаемых в мире (строительство началось в Чехословакии в январе 1987 г.). Они аналогичны блокам ААЭС. http://www.atominfo.ru/archive_nppmochovce.htm (дата обращения: 28.08.2024). Планируемый срок эксплуатации 80 лет.

Китай

На сегодняшний день Китай является абсолютным мировым лидером по строительству новых атомных реакторов. По состоянию на июль 2024 г. здесь строятся 25 атомных реактора (блока)⁴¹, с суммарной мощностью 26.3 тыс МВт, что составляет около 42% от всей строящейся сегодня на своей национальной территории суммарной атомной мощности в мире [7]. За Китаем, с большим отрывом, следует Индия (7 реакторов, 5.4 тыс МВт). Далее следуют РФ (4 реактора, 3.39 тыс МВт), Турция (4 реактора, 4.46 тыс МВт) и Египет (4 реактора, 4.44 тыс МВт). О них было сказано выше, в разделе посвященном СССР/РФ.

Основу политики экспорта ядерных технологий Китая составляют реакторы CAP 1400 и Hualong 1, имеющие китайские права интеллектуальной собственности и подкрепленные возможностями полного топливного цикла. Эта политика «глобализации» проводится на высоком политическом уровне, используя экономическое и дипломатическое влияние Китая, особенно в рамках Инициативы «Один пояс и путь» (BRI). В январе 2015 г. кабинет министров (Госсовет КНР) объявил о выделении финансирования промышленного экспорта, особенно атомной энергетики и железных дорог, в размере \$103 млрд (\$75 млрд в качестве банковских кредитов, \$20 млрд через Фонд BRI, и \$12 млрд в качестве помощи). В мае 2017 г. была официально запущена инициатива BRI с целью усиления инфраструктурной связанности (connectivity) государств, расположенных вдоль BRI, стимулирования торговли и энерго-перетоков. Важной компонентой BRI является развитие атомной энергетики Индонезии, Пакистана, Турции, Ирана, и ряда стран на Ближнем Востоке, в Восточной Европе и Северной Африке на основе китайских атомных технологий [7].

Китайская компания CGN специализируется на Европе, а государственная корпорация CNNC – в других странах, особенно в Пакистане и Южной Америке (Аргентина, Бразилия). CNNC стремится к более широкому экспорту реактора Hualong 1 и рассматривает строительство АЭС за рубежом Китая в рамках моделей «Engineering, Procurement, Construction» (проектирование, закупки, строительство, EPC), «Build, Operate, Transfer» (строительство, эксплуатация, передача, BOT) и «Build, Own, Operate» (строительство, владение, эксплуатация, BOO). В рамках BRI, экспортный потенциал Китая оценивается до 30 реакторов Hualong 1, [7].

В **Табл. 5** воспроизводим сведения о планируемых атомных проектах Китая за рубежом так, как они приведены в справочном материале для Китая, подготовленном Всемирной Ядерной Ассоциацией (WNA) от 13 августа 2024 г. В таблице сохранены оригинальные названия АЭС, реакторов и комментарии источника на английском языке.

⁴¹ 27 блоков согласно другим источникам [8].

Таблица 5.

 Планируемые атомные проекты Китая за рубежом. **Источник:** [7]

Страна	АЭС	Тип реактора	Цена	Компания	Комментарии
Пакистан	Chasma 3&4	CNP-300	\$2.37 млрд	CNNC	Блоки 3 & 4 находятся в эксплуатации. Доля китайского финансирования и Exim-Bank 82% (\$1.9 млрд). Блоки 1 и 2 того же типа, построены ранее - также Китаем)
	Karachi прибрежная 1 и 2	Hualong 1	\$9.6 млрд	CNNC	Блоки 1 и 2 строятся. Финансирование поставщиков на сумму \$6.5 млрд. Доля китайского финансирования и Exim-Bank возможно достигает 82%
Румыния	Cernavoda 3 & 4	Candu 6	€7.7 млрд	CGN	Планируется завершить строительство частично ранее построенных объектов, с помощью китайских финансов, Exim-Bank и ICBC, ноябрь 2015 г.
Аргентина	Atucha 3	Candu 6	\$5.8 млрд	CNNC	85% финансирования планируется с китайской стороны
	5-ый реактор Аргентины	Hualong 1	\$7 млрд	CNNC	85% финансирования планируется с китайской стороны
СК	Bradwell	Hualong 1		CGN	Обещана будущая возможность
Иран	Макран прибрежная	2 реактора по 100 МВт		CNNC	Договор, июль 2015 г.
Турция	Igneada	AP 1000 или CAP 1400		SNPTC	Эксклюзивные переговоры с участием компании Westinghouse, соглашение 2014 г.
Ю. Африка	Thyspunt	CAP 1400		SNPTC	Подготовка к подаче заявки на тендер
Кения		Hualong 1		CGN	Меморандум о Взаимопонимании, июль 2015
Египет		Hualong 1		CNNC	Меморандум о Взаимопонимании, май 2015
Судан		ACP 600 (?)		CNNC	Рамочное соглашение, май 2016
Армения	Metsamor	1 реактор		CNNC	Выдуться переговоры (Discussion underway)
(Неназванная)		HTR 600		CNEC	Экспортные намерения
Казахстан		?		CGN	Договор, декабрь 2015 г.

Как видим, из 15 проектов **Табл. 5** до стадии реализации дошли только два, оба в Пакистане (АЭС «Чашма, см. выше, и «Карачи»). Остальные проекты Китая находятся в подвешенном состоянии, а в некоторых китайская сторона проиграла конкуренцию российскому *Росатому*.

Так, первая АЭС в Египте «Эл Дабаа» строится на российских реакторах ВВЭР. Активно идет строительство АЭС «Аккую» в Турции, а согласно заявлению министра энергетики и природных ресурсов Турции А. Байрактара агентству *Bloomberg*⁴²: «*Российская госкорпорация «Росатом» занимает лидирующую позицию среди претендентов на строительство в турецком городе Синоп второй атомной электростанции в стране. Преимущество российского холдинга — в опыте работы в атомном секторе Турции при возведении первой в стране АЭС Аккую*». Незадолго до своей смерти, во время своей рабочей поездки в провинцию Хормозган, президент Ирана Э. Раиси отдал распоряжение начать строительство новой АЭС «Сирик» мощностью 5 тыс. МВт⁴³.

⁴² «Russia Ahead in Bid to Build Turkey's Next Nuclear Power Plant». Bloomberg, July 16, 2024 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2024-07-16/russia-s-rosatom-ahead-in-bid-for-turkey-s-sinop-nuclear-power-plant> (дата обращения: 20.08.2024).

⁴³ «Иран начал строительство еще одной АЭС – Сирик». Neftegaz.ru, 2 февраля 2024. <https://neftegaz.ru/news/nuclear/815892-iran-nachal-stroitelstvo-eshche-odnoy-aes-sirik/> (дата обращения: 20.08.2024).

О перспективах Китая в деле строительства первых АЭС в Казахстане и Азербайджане будет сказано в статье «Армения и атомная энергетика». Однако уже тут отметим, что среди прочего в **Табл. 5** указана и Армения (выделена цветом). Соответствующий комментарий WNA по Китаю гласит – «*ведутся переговоры*».

Китай впервые подписал «Соглашение 123» с США в 1985 г.⁴⁴, однако Конгресс запретил выдачу информации и лицензии по гражданским атомным технологиям Китаю до тех пор, пока президент США не подтвердит, что переданные технологии будут использоваться исключительно в мирных целях и с соблюдением Китаем режима нераспространения. После событий на площади Тяньаньмэнь (1990 г.), Закон США P.L. 101-246 приостановил ядерное сотрудничество с Китаем. Президент США Б. Клинтон предоставил требуемые Конгрессом заверения в январе 1998 года. В марте того же года Конгресс США разрешил выполнение «Соглашения 123» с Китаем. Последний раз он был обновлен в октябре 2015 г. сроком действия на 30 лет.

Южная Корея

В развитии своей атомной энергетики Ю. Корея опирается и, одновременно, ограничивается соглашением между Ю. Кореей и США по атомной энергии 1956 г., так называемом «Соглашением 123», названном в честь раздела 123 Закона США об атомной энергии 1954 г. [9]. Оно ограничивает поставки сырья и запрещает обогащение урана и переработку отработанного топлива. Ю. Корея является второй страной мира, с которой США подписали подобное соглашение, - на год раньше, чем такое соглашение было подписано с организацией «Евроатом» и МАГАТЭ, и на год позже «Соглашение 123» между США и Тайванем (1955, см. [6]).

С геополитической точки зрения, столь раннее заключение «Соглашений 123» с Тайванем и Ю. Кореей следует рассматривать как составной элемент стратегии США по усилению своего влияния в регионе АТР (в «Индо-Пасифике», как сказали бы сегодня), ограничению влияния Китая (и СССР/РФ), а также в качестве своеобразной «компенсации» за отклонения предложения по мирному договору между Северной и Южной Кореями в 1954-ом (см. ниже).

Первым энергетическим реактором Ю. Кореи явился KORI-1, типа PWR (ВВЭР)⁴⁵, разработанный компанией *Westinghouse* (WH 60) с референтной мощностью 576 МВт. Впервые он был подключен к национальной сети 26 июня 1977 г. Выведен из эксплуатации в 2018 году. По состоянию на июль 2024 г. в Ю. Корею находятся в эксплуатации 26 реакторов (блоков) на четырех АЭС. На стадии строительства находятся два блока (SAEUL-3 и 4), еще два реактора находятся в состоянии постоянной заглушки (permanent shutdown). Все 30 реакторов, когда-либо построенных в Ю. Кореи, являются реакторами типа PWR (ВВЭР). Сообщается, что за последние годы средний коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) южнокорейских энергетических реакторов достигал 96.5%, что является одним из самых высоких показателей в мире [9]. На этом важнейшем показателе мы остановимся более подробно в статье «Армения и атомная энергетика».

⁴⁴ Спустя 30 лет как аналогичное соглашение было подписано с Тайванем в 1955 г. Оно было обновлено в 1974 г. сроком действия на 30 лет. В 2014-ом «Соглашение 123» между США и Тайванем было продлено на неопределенный срок (indefinite duration) [6].

⁴⁵ KORI-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=394> (дата обращения: 28.07.2024).

Основу экспортной политики Ю. Кореи в области атомной энергетики, направленной преимущественно на Ближний Восток, Северную Африку и Латинскую Америку, составляют реакторы OPR-1000 и APR-1400. В декабре 2009 г. реактор APR-1400 типа PWR был выбран в качестве основы для строительства первой в Арабском мире АЭС «Барка» в ОАЭ (см. выше). Цена контракта на строительство 4 таких блоков составила порядка \$20.4 млрд. Заметим, что к ноябрю 2014 г. около 400 инженеров из ОАЭ работали на южнокорейских атомных станциях, с целью обучения и приобретения опыта. Сегодня, среди 18 тыс. персонала АЭС «Барка» работают 2300 корейских специалистов [9].

В 2010-ом, в рамках программы «Nu-Tech 2030» было объявлено о намерении Ю. Кореи к 2030 году за пределами страны построить 80 атомных блоков, общей стоимостью в \$400 млрд. Однако, к марту 2022 г. эти амбициозные планы были пересмотрены, теперь к 2030 году за пределами страны планировалось построить 10 атомных блоков.

В апреле 2015 г. КЕРСО подписала меморандум по развитию атомной энергетики с Бразилией, в 2016-ом с Кенией. В том же году было подписано соглашения с украинским *Энергоатомом* о завершении строительства блоков 3 и 4 на Хмельницкой АЭС II в Украине. Цель проекта, обеспечить деятельность «энергомоста Украина–ЕС», по экспорту электроэнергии Хмельницкой АЭС II в Польшу (о проекте «энергомоста Турция–Грузия–Азербайджан» и подавлении развития энергосистемы Армении см. в следующей статье).

Ю. Корея (Республика Корея) впервые подписала «Соглашение 123» с США в 1956 г. Произошло это спустя два года после того, как в 1954 г. на Женевских мирных переговорах по Корее, госсекретарь США Дж. Ф. Даллес отклонил предложение премьер-министра Китая Чжоу Эн Лая о мирном договоре, а демилитаризованная зона по 38-ой параллели, определенная соглашением о прекращении огня от 27 июля 1953 г., превратилась в де-факто границу между Южной Кореей и КНДР⁴⁶.

Последний раз «Соглашение 123» Ю. Кореи с США было обновлено в ноябре 2015 г. сроком на 20 лет, и с возможностью автоматического продления на 5 лет после истечения первых 20 лет после обновления [6]. После того, как в январе 2009 г. было подписано аналогичное «Соглашение 123» между США и ОАЭ, правительство Ю. Кореи охарактеризовало требования корейского «Соглашения 123» как «чрезмерные», и поставило вопрос об их смягчении до возобновления «Соглашения 123» в марте 2014 г. После нескольких лет интенсивных переговоров в июне 2015 г. было подписано 20-летнее продление «Соглашения 123» с США. Оно предоставляло большую свободу в управлении ядерным топливом, однако не содержало положений, позволяющих Ю. Корею самой обогащать уран или перерабатывать отработанное ядерное топливо.

По данным МИД, модификацией «Соглашения 123» с США Ю. Корея достигла трех целей: право иметь дело с отработанным ядерным топливом, стабильные поставки ядерного топлива, и содействие экспорту атомных электростанций. Это поставило Ю. Корею практически вровень с Японией в ее взаимодействии по атомной энергетике с США [9].

⁴⁶ Любопытно, что разговоры о возможном подписании «Соглашения 123» между Арменией и США [1] возникли тогда, когда появились сообщения о том, что вопрос о т.н. «Зангезурском коридоре» выведен за рамки ведущихся обсуждений по т.н. «мирному договору» между Арменией и Азербайджаном (в который раз заметим, что Армения и Азербайджан не находились, и не находятся, в состоянии войны, и термин «мирный договор» тут неприемлем).

2.3. Германия как предостережение

Рассматривать Германию в разделе потенциальных партнеров Армении по развитию атомной энергетики, на первый взгляд, может показаться горькой шуткой. Однако, остановиться на атомной энергетике Германии все же следует, по двум причинам. В основном потому, что на сегодняшний день это характерный пример того, как индустриально развитая страна мира, с развитой инженерной школой и уникальным опытом разработок в области атомной энергетики и технологии, полностью отказалась от своей атомной генерации, в основном под давлением общественного мнения, махинаций определенных политических кругов и с помощью целенаправленной информационной компании, включающей в себя искажение фактов.

Разумеется, сравнивать Германию, до недавнего времени – промышленного, научного, технологического, энергетического и финансового лидера Европы с Арменией сложно, и это может показаться крайне самонадеянным. Однако, отвлекаясь от эффектов масштаба, такое сравнение представляется все же уместным, так как (по историческим меркам) относительно недавно Армения, в свою очередь, являлась энергетическим и технологическим «хабом» Закавказья. Более того, территориально урезанная и лишенная выхода к морю Армянская ССР задумывалась и строилась именно в рамках данной логики, и об этом мы еще скажем в следующей статье. Так что Армения – это, разумеется, не Германия. Но и Закавказье (Южный Кавказ) – это далеко не Европа, и со структурной точки зрения сравнение тут вполне оправдано. Повторяю – с учетом эффекта масштаба.

Пример Германии поучителен для нас и по другой причине. Он ясно показывает, как легко можно в относительно короткий срок заставить страну, имеющую опыт развития атомной энергетики, свернуть в сторону, сочетая информационно-политическую компанию с эксплуатацией своеобразного геополитического комплекса – «незакрытого гештальта» как сказали бы психологи. А ведь перед подобной комбинированной угрозой стоит сегодня и Армения (см. Введение к [1] и нашу следующую статью).

Начнем, пожалуй, с «геополитического комплекса» относительно атомной энергетики, да и всего «атомного», образовавшегося в Германии с окончанием Второй мировой войны, и образованием ФРГ и ГДР. Он особенно обострился с воссоединением Германии, точнее с поглощения ГДР со стороны ФРГ и началом политики реинтеграции «Восточных земель».

Сегодня не многие помнят и многие не знают, что развитие атомной энергетики в Германии началось в ГДР. До сих пор во многих, иногда вполне профессиональных, источниках в качестве первых атомных энергетических реакторов Германии указываются реакторы VAK KANL и MZFR (KARLSRUHE). Это не соответствует действительности и делается это обычно из политических и/или геополитических соображений. Указанные реакторы являлись лишь исследовательскими и опытными реакторами, они никогда не были введены в промышленную эксплуатацию, и следовательно, не могут рассматриваться как подлинно энергетические атомные реакторы.

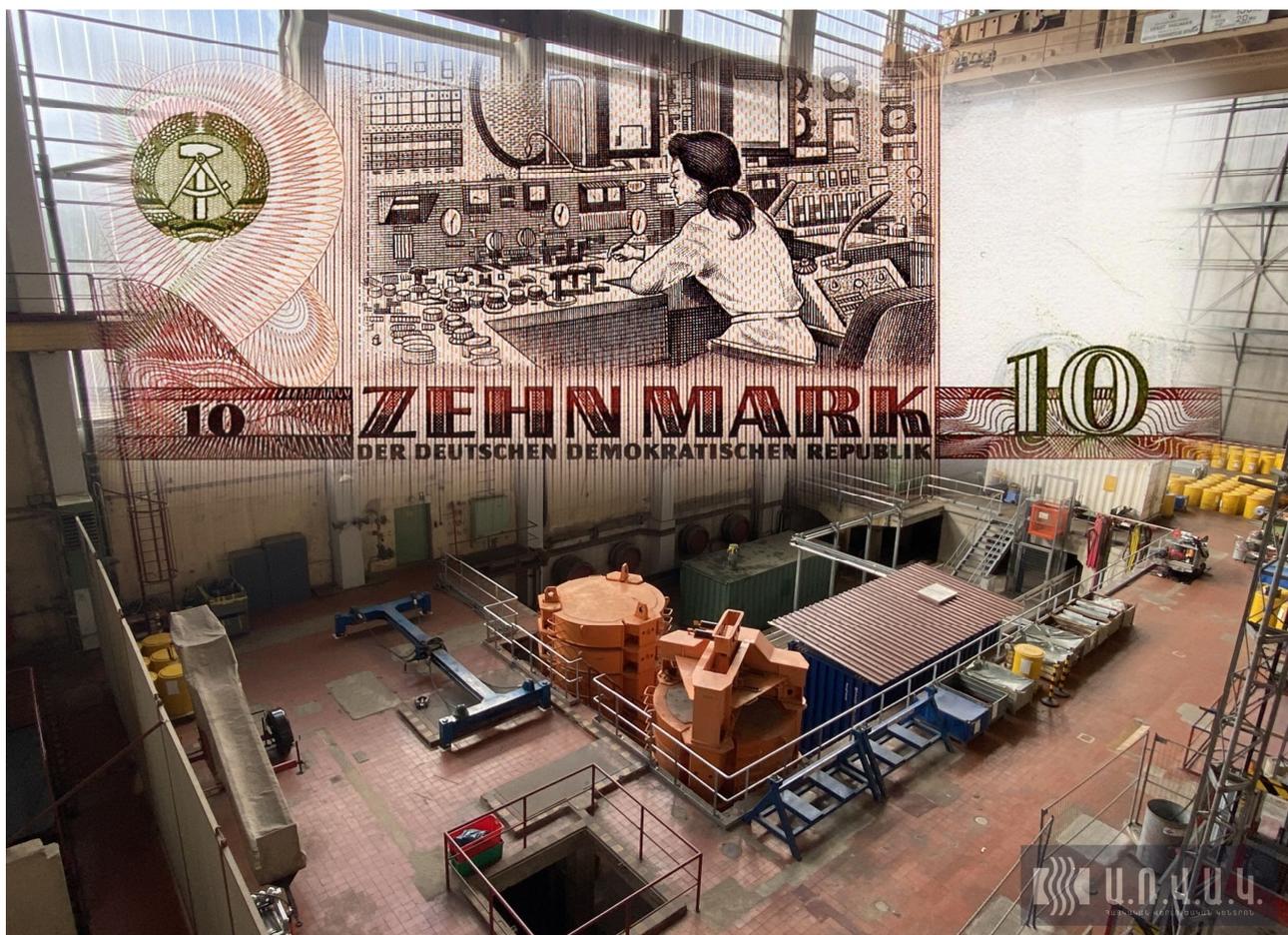


Рисунок 6. Изображение главного щита управления первой АЭС в Германии «Райнсберг» на банкноте номиналом в 10 марок ГДР, на фоне бывшего машинного зала этой АЭС.

Строительство же первой промышленной атомной станции Германии – АЭС «Райнсберг» (*Kernkraftwerk Rheinsberg*) началось в январе 1960 г., в округе Потсдам, ГДР (сегодня – земля Бранденбург, ФРГ) на берегу озера Штехлин (*Stechlin*). Здесь был установлен советский атомный реактор типа ВВЭР В-70 (RHEINSBERG)⁴⁷, с референтной мощностью 62 МВт. Этот реактор конструктивно был аналогичен первому реактору Нововоронежской АЭС ВВЭР В-210, а его реакторный зал до боли напоминает первый блок Армянской АЭС, **Рис. 6**. Строительство и монтаж ВВЭР В-70 RHEINSBERG закончились в 1966 г., и блок был введен в эксплуатацию в начале марта 1966 г.

Помимо этого, на территории бывшей ГДР, в округе Нойбранденбург (сегодня – земля Мекленбург–Передняя Померания, ФРГ) была построена крупная АЭС «Грайфсвальд» (*Greifswald*) с пятью советскими атомными блоками типа ВВЭР В-230 (первые 4 блока) и ВВЭР В-213 (5-ый блок), с единичной номинальной установленной мощностью 440 МВт (референтная мощность – 408 МВт). Суммарная мощность АЭС «Грайфсвальд» составляла 2200 МВт, гарантированная – 2040 МВт. Первый блок был сдан в эксплуатацию в декабре 1973 г., ровно через год – второй, третий – в октябре 1977 г., четвертый – в сентябре 1979 г. А последний из построенных, 5-ый блок АЭС «Грайфсвальд», был сдан в эксплуатацию в апреле 1989 г.

⁴⁷ RHEINSBERG. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=122> (дата обращения: 29.07.2024).

Отметим, что реакторы ВВЭР В-230 и ВВЭР В-213 АЭС «Грайфсвальд» относятся к семейству реакторов типа ВВЭР 440. К этому семейству относятся и блоки Армянской АЭС ВВЭР В-270 (см выше, **Табл. 4**).

На **Рис. 7** приводим график ввода в строй всех 32 атомных энергетических реакторов (блоков) Германии (ГДР и ФРГ) по датам их подключения к сети, построенный на основе информации базы данных PRIS [2]. Атомные реакторы, запущенные в ГДР (№1, 8, 10, 14 32) на графике выделены красным цветом. Как видим, первым и последним энергетическими реакторами Германии были реакторы RHEINSBERG (№1) и GREIFSWALD-5⁴⁸ (№32) типа ВВЭР, введенными в строй на территории ГДР⁴⁹.

Это обстоятельство не могло не окрасить дальнейшее развитие события в геополитическую окраску. Особенно после Чернобыльской аварии, краха СССР и развала СЭВ. В пропагандистском поле объединенной Германии, атомная энергетика неразрывно связалась с «*мрачным советским прошлым*» восточных земель, с «*оккупацией*», с «*колониаторской политикой СССР/РФ*» и прочими информационными конструктами, насколько абсурдными, настолько и действенными.

Между 1988 и 1991 годами в Германии были остановлены 10 атомных блоков, половина из которых составляли 5 атомных блоков, расположенных на территории ГДР. Среди них и GREIFSWALD-5, выведенная из эксплуатации в ноябре 1989 г., проработав всего 214 дня - факт абсолютно беспрецедентный в истории мировой атомной энергетики. Следующее что приходит на ум в этой связи, это остановка первого блока ААЭС, брата близнеца GREIFSWALD-5. Как известно, первый блок ААЭС был подключен к сети 22 декабря 1976 г. и остановлен 25 февраля 1989 г., проработав 9 лет [2]. Т.е. менее 22% своего гарантированного срока эксплуатации (об этом более подробно будет сказано в следующей статье).

Подобная скорость выведения из эксплуатации вполне современного атомного энергетического блока, отвечающего всем требованиям безопасности, действовавших на то время в Германии, и проработавшего менее 1% своего гарантированного срока эксплуатации (60 лет), свидетельствует о глубоком «геополитическом комплексе» и желании вытравить из памяти объединенной Германии всякий намек о советском наследии ГДР.

Все это наложило на анти-атомные и антивоенные настроения, которые всегда были сильны в ФРГ, а потом и в объединенной Германии, особенно среди студенчества, левой профессуры и интеллигенции. С 60-х годов прошлого века эти настроения искусно подогревались спецслужбами и различными структурами СССР и США с помощью различных левацких, троцкистских и маоистских группировок⁵⁰.

⁴⁸ GREIFSWALD-5. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=127> (дата обращения 29.07.2024).

⁴⁹ Вообще, на АЭС Грайфсвальд планировалось построить 8 блоков, в две очереди – по 4 реактора. Причем, строительство 6-го, 7-го и 8-го блоков было начато, однако все работы были остановлены в октябре 1990 г. в связи «с изменившейся геополитической обстановкой в Европе». Информация об этих реакторах удалена из базы данных PRIS [2] между 2012 и 2013 гг. Есть зловещая ирония в том, что полностью построенный 6-ой энергоблок АЭС «Грайфсвальд», в который так и не было загружено атомное топливо, превращен сегодня в информационный центр по истории атомной энергетики, истории вывода АЭС из эксплуатации, и способам демонтажа и утилизации атомных реакторов.

⁵⁰ Մարզինյան, Ա., Հ. ժան Բողոքյանի «Սիմոնյանը» և Բարսեղ Օրանյանի «Medz Yeghern»-ը: Մաս Բ. «Le Mai 1968». ՆՈՐԱՎԱՆԿ, 27.02.2012. http://www.noravank.am/arm/issues/detail.php?ELEMENT_ID=6324 (дата

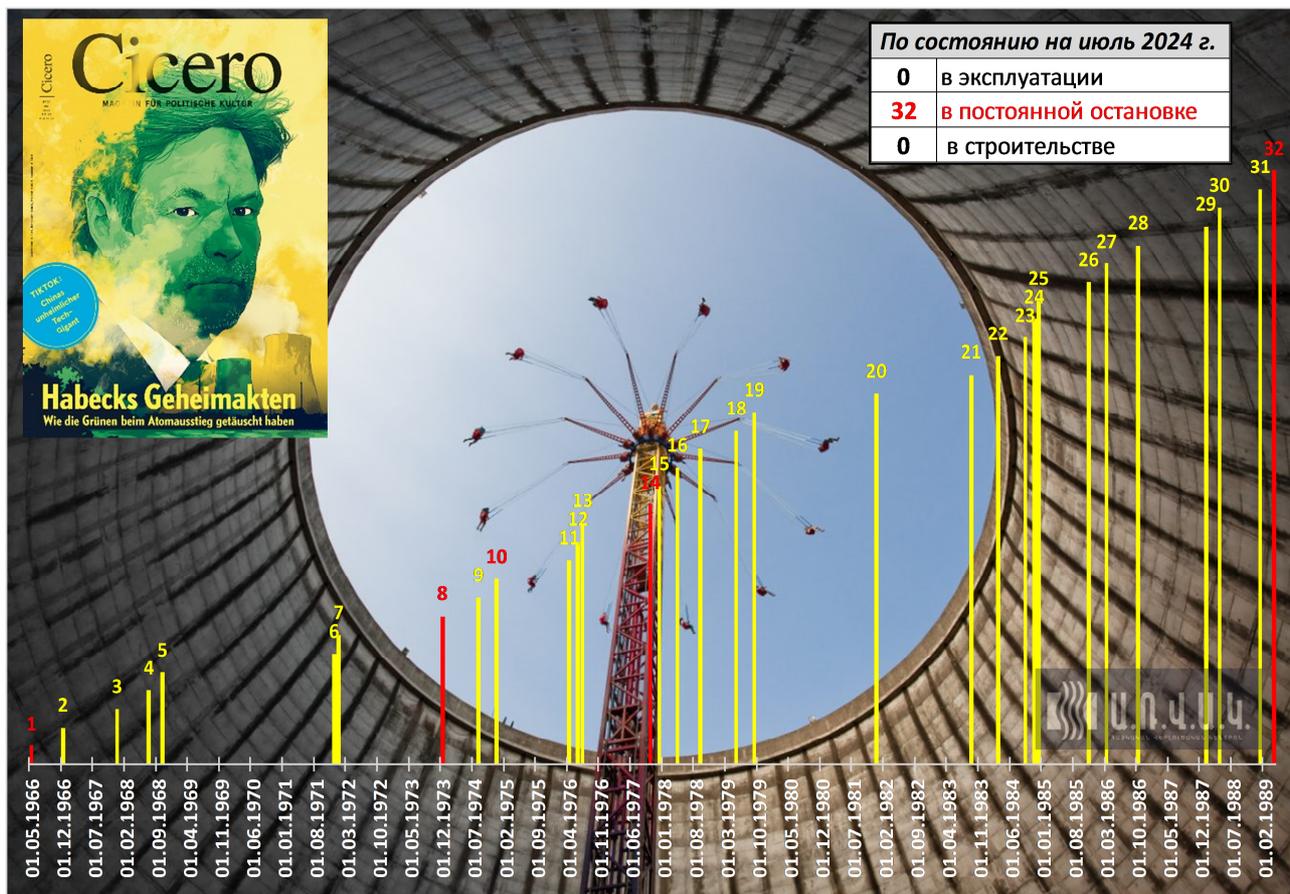


Рисунок 7. Ввод в строй атомных энергетических реакторов (блоков) Германии, по датам их подключения к сети (на заднем плане недостроенная АЭС для реактора SNR - 300, превращенная в аттракцион. На переднем - обложка журнала Cicero, 2023 г.)

Своего пика они достигли к концу 70-х началу 80-х годов, когда были свернуты, например, все немецкие НИОКР по «бридерным» реакторам на быстрых нейтронах (schneller Neutronenreaktor, SNR), в свое время во многом стимулировавшие аналогичные работы во Франции и СССР/РФ (о реакторе «Брест» см. выше). Символом наступившей в ФРГ эпохи «постмодерна», стала судьба «бридерного» реактора SNR–300. Работы по нему были свернуты после Чернобыльской аварии, а недостроенная АЭС для этого реактора, находившаяся к северу от Дюссельдорфа, в 2001 г. была превращена в развлекательный комплекс «Wunderland Kalkar», с каруселями, аттракционами и гостиницей (**Рис. 7**)⁵¹. Всего лишь за неполное десятилетие после объединения Германии на смену идеологии эпохи грюндерства [11], которая помогла Германии преодолеть два гигантских кризиса по итогам двух мировых войн, которая вывела экономику Германии на первое место в Европе, наступило время политики «Energiewende» («энергетического разворота») по полному

обращения: 01.09.2024).

⁵¹ Прототип этого «бридера», т.н. компактный реактор с натриевым теплоносителем (КНК II) находился в эксплуатации с 1977 по 1991 гг. в немецком исследовательском центре в Карлсруэ. Отработанное топливо КНК II, состоявшее из высокообогащенного уран-плутониевой смеси (МОХ-топливо) в 1993 г. было перевезено во Францию для переработки. Однако из-за низкой растворимости МОХ-топлива 2413 твэлов переработать так и не удалось. Их инкапсулировали и хранили в бассейне французского ядерного исследовательского центра в Кадараше. К 2008 г. оно было перевезено обратно в Германию [10].

отказу Германии от атомной энергетики, с ее идеологий (и эстетикой) «постмодерна». На «вертикальном развитии» Германии была поставлена точка.

Вот как описывается социальный контекст формирования политики «Energiewende» в справке Всемирной Ядерной Ассоциации (WNA) для Германии, составленной 27 мая 2021 г.: *«Почва для анти-атомных (nuclear) настроений в Германии была подготовлена немецким романтизмом 19 века, с его любовью к лесам, мистической, почти религиозной заботой о природе. В 20-ом веке это проявилось как своеобразная реакция на промышленный капитализм, а с 1960-х годов к этому добавились крайне левый активизм, итогом которого стала политическая партия Зеленых – первая в мире крупная экологическая политическая партия. Политика антиядерного протеста была принята немецким средним классом, подогреваемая антинаатовскими и антиракетными настроениями⁵², страхом оказаться на передовой Третьей мировой войны. Эти страхи были перенесены на великолепные атомные электростанции, которые производили треть всей электроэнергии Германии, очень дешево и надежно. Одновременно создавалось идеалистическое видение будущего, основанного на использовании энергии ветра и солнца»* ([12], § The social context of “Energiewende”, - здесь и далее, перевод наш, А.М.).

В политическом плане это выглядело следующим образом. Если в 1979 г. Социал-демократическая партия Германии (СДПГ) полностью поддерживала атомную энергетику, то в августе 1986 года она приняла резолюцию об отказе от атомной энергетики в течение 10 лет. Непосредственным результатом этого изменения политики стало прекращение всех НИОКР, имеющих 30-летнюю успешную историю как по высокотемпературным газоохлаждаемым атомным реакторам, так и по «бридерным» реакторам, о которых было сказано выше. Атомную энергетику продолжало поддерживать только правительство христианских демократов (ХДС), но до тех пор, пока не потерпело поражение в 1998 году.

В октябре 1998 года было сформировано коалиционное правительство между СДПГ и Партией зеленых. Это стало знаменательным событием для Германии и Европы в нескольких отношениях.

Во-первых, впервые с окончания второй мировой войны на национальный (федеральный) политический уровень в крупном европейском государстве поднялась некогда маргинальная партия довольно экстремистского толка⁵³. Причем произошло это не в результате голосов избирателей (на выборах «Зеленые» набрали 6%), а в результате коалиционных партийных соглашений. Во-вторых, «зеленые» активно проталкивали политику полного отказа от атомной энергии в Германии, искусно используя социальный контекст, о котором было

⁵² Здесь подразумевается т.н. «Двойное решение НАТО» («NATO-Doppelbeschluss») 12 декабря 1979 г. о развертывании в Европе 572 ракет средней дальности: 108 баллистических ракет «Першинг-2» в земле Баден-Вюртемберг (Хайльбронн, Швебиш-Гмюнд и Ной-Ульм) и 96 крылатых ракеты «Томагавк» наземного мобильного базирования в Западной Германии (всего 464 КР «Томагавк» в Западной Европе), принятое в ответ на развертывание советских ракетных комплексов «Пионер».

⁵³ Этот извилистый путь Германии лучше всего характеризуется язвительной фразой, обороненной как-то великим Ги Дебором на склоне лет: «Ну и дела, наш «красный» Дени стал «Зеленым». Речь тут идет об одном из лидеров *гошистов* и «Мая 1968» - Дени Кон-Бендите (Daniel Cohn-Bendit), отличавшимся в то время ярко рыжей («red») шевелюрой и прибывшему в Париж из Германии на кануне событий мая 1968 г. Через несколько десятилетий этот «бандит» станет евродепутатом «Зеленых» от Франции. См. сноску 50.

сказано выше. В-третьих, свою агрессивную анти-атомную политику они проводили во многом вопреки большинству общественного мнения.

Так, согласно [12], «общенациональный опрос, проведенный в конце 1997 г. показал, что 81% немцев хотели, чтобы существующие АЭС продолжали работать. На то время это являлось самым высоким показателем за многие годы и значительно превышало показатель 1991 г. (64%). Подавляющее большинство немцев ожидало, что атомная энергия будет широко использоваться в обозримом будущем. Опрос также показал резкое падение симпатий к воинственным протестам против транспортировки радиоактивных отходов. После решающих выборов в октябре 1998 г. опрос подтвердил общественную поддержку атомной энергетики в Германии. В целом, 77% поддержали продолжение использования атомной энергии в то время, как только 13% выступили за немедленное закрытие АЭС в Германии». И, тем не менее, Партии зеленых удалось навязать ФРГ полный отказ от атомной энергетики.

Наконец, в-четвертых, для преодоления мнения большинства населения Германии, впервые в высокоразвитой стране в политическом плане была использована мифологема «возобновляемой энергии» как единственной альтернативы для преодоления «порочного наследия прошлого колониализма» и достижения «светлого будущего». Практическим результатом этого было принятие «Закона о возобновляемой энергии» Германии 2000 г. (*Erneuerbare Energien Gesetz, 2000*), который, искажив очевидные факты, связал необходимость сокращения выбросов парниковых газов с постепенным отказом от атомной энергетики⁵⁴.

Однако понадобилось еще почти 10 лет, чтобы в 2010-ом на основе этого закона сформулировать «Концепцию развития энергетики Германии» (*Energiekonzept 2010*), документа, который наряду с Законом 2000 г. и стал основой политики «энергетического разворота».

В цифрах это выглядело следующим образом. На раннем этапе, из эксплуатации были выведены атомные блоки, расположенные на территории бывшей ГДР (всего 5 блоков), и ФРГ (преимущественно прототипов)⁵⁵. С 1991 по 2010 гг. были остановлены еще 4 блока. А 6-го августа 2011 г. из эксплуатации были выведены сразу 8 атомных энергетических блоков с суммарной мощностью в 8.4 ГВт, на 7 АЭС Германии. Между 2015 по 2019 гг. были выведены из эксплуатации 3 блока, и еще 3 только в течение одного 2021 года.

За оставшиеся в работе 3 последних атомных блока Германии развернулась настоящая борьба. Энергетические компании требовали от федерального правительства оттянуть дату окончательного закрытия АЭС, и продлить гарантированные сроки эксплуатации атомных блоков с 32 до 60 лет, как это принято в США и РФ [13]. Однако – безрезультатно, и 15

⁵⁴ Чуть, забегая вперед, отметим, что это концептуальное искажение на глобальном уровне была выправлена только спустя десятилетие, в 2023 году на конференции ООН «COP28», где атомная энергетика была признана в качестве действенной меры по снижению выбросов парниковых газов и необходимым инструментом для смягчения последствий глобального изменения климата на планете, см. «COP28 recognises the critical role of nuclear energy for reducing the effects of climate change», 21 December 2023. https://www.oecd-neo.org/jcms/pl_89153/cop28-recognises-the-critical-role-of-nuclear-energy-for-reducing-the-effects-of-climate-change (дата обращения 01.09.2024).

⁵⁵ Среди них высокотемпературный реактор с газовым охлаждением THTR-300 типа HTGR с галечным ложом, референтной мощностью в 296 МВт. [13].

апреля 2023 г. были закрыты последние три работающих атомных блока Германии типа ВВЭР (PWR) модели «Konvoi»: «Изар 2», «Неккарвестхайм 2» и «Эмсланд».

В апреле 2023 года Германия перестала быть атомной энергетической державой⁵⁶.

А через год, в апреле 2024 г. появились сведения о том, что вице-канцлер и министр экономики Германии Р. Хабек, а также другие представители партии «Зеленых» в министерстве экономики и министерстве окружающей среды, проигнорировали экспертные заключения, и настояли на закрытии АЭС Германии, исходя исключительно из своих партийно-идеологических убеждений и вопреки интересам страны⁵⁷. Оппозиционный блок ХДС/ХСС выразил намерение организовать парламентский комитет по расследованию этих махинаций, которые получили неформальное название «Досье Хабек».

Основанием для этих обвинений в отношении министра и его соратников по партии стало опубликованное в апреле 2024 г. журналом «Сисего» расследование (обложку см. на **Рис. 7**). Опираясь на полученные документы, издание утверждало, что занявшие после прихода к власти правительства О. Шольца высокие посты в Минэкономики и Минэкологии представители партии «Зеленых», в 2022 г. вступили в сговор с целью не допустить продления срока службы АЭС. Несмотря на разразившийся тогда в Германии энергетический кризис, они намеренно игнорировали рекомендации ведомственных экспертов, утверждавших, что АЭС можно и нужно оставить в строю еще на длительный срок. А как минимум в одном случае «зеленые» исказили экспертное заключение, переписав его в совершенно ином ключе и с противоположными выводами⁵⁸.

В момент, когда пишется наша статья, процессы «скандала Сисего» находятся в активной фазе развития, и только время покажет, к чему все это приведет Германию, Европу, и, возможно, весь мир.

Во всей этой истории нас в первую очередь интересуют параллели между Германией и Арменией в социально-политическом контексте борьбы с атомной энергетикой. Выделим главные нарративы политики «энергетического разворота» Германии.

«Атомная энергетика — это мрачное наследие закончившегося в 1991 г. советской, и продолжающейся по сей день американской оккупации Германии. Атомная энергетика — это выдумка галлов, является синонимом атомного оружия, и механизмом имперской колонизации свободлюбивой периферии, которая оказалась на фронтире борьбы между империями. Будущее планеты требует полного отказа от атомной энергетике и всего атомного. Оно (будущее) прекрасно, и должно базироваться на энергии ветра, солнца и

⁵⁶ Для любителей «Основания» («Foundation») А. Азимова скажем, что Германия является прекрасным примером деградации периферийных миров, утративших атомные технологии, что и привело галактическую империю к первому «Шелдоновскому кризису», предсказанную психоисторией [14].

⁵⁷ «German ministers quizzed over nuclear phase out 'deception'». DW, April 26, 2024. <https://www.dw.com/en/german-ministers-quizzed-over-nuclear-phase-out-deception/a-68931166> «Бундестаг начнет расследование в отношении вице-канцлера из-за закрытия АЭС». РГ, 05.06.2024. <https://rg.ru/2024/06/05/bundestag-nachnet-rassledovanie-v-otnoshenii-vice-kanclera-iz-za-zakrytiia-aes.html> (даты обращений: 20.08.2024).

⁵⁸ «Wie die Grünen beim Atomausstieg getäuscht haben». Cicero, 25. April 2024. <https://www.cicero.de/innenpolitik/robert-habeck-akten-atomkraftwerke-kernkraftwerke-klage-akw-laufzeit-atomausstieg> (дата обращений: 03.09.2024).

водорода, и на свободных энергоперетоках между странами Европы — этого прекрасного и возделанного сада планеты».

Насколько эта картина соответствует действительности, и подходит ли она Армении или Южному Кавказу, эти вопросы мы затронем в следующей статье. Здесь же лишь добавим, что все эти «нарративы», целенаправленно внедренные за последние 20 лет в общественное мнение и информационное поле Германии, мы вполне явственно наблюдаем и в Армении, начиная как минимум с 2015–17 гг.

Не хочется думать, что благодаря манипуляциям и информационно-психологической пропаганде, когда-нибудь, допустим — в апреле-мае 2036 года, Армения перестанет быть атомной энергетической страной.

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

1. Марджанян А. А., Атомная энергетика Армении и США. Аналитический Центр «АРВАК», (15.09.2024), <https://shorturl.at/KeVj7>
2. International Atomic Energy Agency. The POWER REACTOR INFORMATION SYSTEM (PRIS). <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>
3. World Nuclear Association. Nuclear Power in France. Updated Monday, 21 May 2024. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/france>
4. World Nuclear Association. Nuclear Power in Russia. Updated Monday, 12 August 2024. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/russia-nuclear-power>
5. World Nuclear Association. Nuclear Power in the USA. Updated: Tuesday, 5 March 2024. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-t-z/usa-nuclear-power>
6. Nuclear Cooperation with Other Countries: A Primer. *Congressional Research Service*, RS22937. Washington D.C. Updated July 9, 2024. <https://sgp.fas.org/crs/nuke/RS22937.pdf>
7. World Nuclear Association. Nuclear Power in China. Updated: Tuesday, 13 August 2024. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-a-f/china-nuclear-power>
8. Ezell, S., How Innovative Is China in Nuclear Power? The Information Technology and Innovation Foundation (ITIF), Hamilton Center on Industrial Strategy. June 17, 2024. <https://itif.org/publications/2024/06/17/how-innovative-is-china-in-nuclear-power/>
9. World Nuclear Association. Nuclear Power in South Korea. Updated Friday, 3 May 2024. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-o-s/south-korea>
10. Return of the fuel from the German compact sodium-cooled nuclear reactor facility KNK II with the CASTOR KNK. Proceedings of the 15th International Symposium on the Packaging and Transportation of Radioactive Materials, PATRAM 2007. October 21-26, 2007, Miami, Florida, USA.
11. *Оггер, Гюнтер*, Магнаты: Эпоха грюндерства. «Прогресс», М.: 1985. 345с.
12. World Nuclear Association. Germany's Energiewende. Updated Thursday, 27 May 2021. <https://world-nuclear.org/information-library/energy-and-the-environment/energiewende>
13. World Nuclear Association. Nuclear Power in Germany. Updated Monday, 8 July 2024. <https://world-nuclear.org/information-library/country-profiles/countries-g-n/germany>
14. *Марджанян, А. А.*, АРМЯНСКАЯ АЭС. Прошлое, настоящее и будущее. Центр «Орбели». 25 февраля 2019 г. <https://orbeli.am/ru/post/158/%202019-02-25/АРМЯНСКАЯ+АЭС>
15. *Bellamy, J.*, Civil liability for nuclear damage in countries developing nuclear new build programmes. *Journal of World Energy Law and Business*, Oxford, 2018, pp. 1-13. <https://www.39essex.com/sites/default/files/JWELB-Nuclear-Civil-Liability-Article-2018.pdf>