

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА АРМЕНИИ И США

Марджанян А. А.

Аннотация

Основываясь на достоверные данные профессиональных источников, описывается современное состояние атомной энергетики в мире с точки зрения установленной и строящейся мощности. Описано современное состояние дел в атомной энергетике США, проанализирован темп ввода в строй атомных энергетических блоков, приведен ряд мало известных фактов в связи с перспективами развития атомной энергетики в Армении.

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱՏՈՄԱՅԻՆ ԷՆԵՐԳԵՏԻԿԱՆ ԵՎ ԱՄՆ-Ը

Մարջանյան Ա. Հ.

Սեղմագիր

Հիմնվելով մասնագիտական հավաստի աղբյուրների վրա՝ նկարագրվում է արոմային էներգետիկայի ներկայիս վիճակը աշխարհում՝ տեղակայված և կառուցվող արոմային հզորությունների առումով: Նկարագրվում է ԱՄՆ-ի արոմային էներգետիկայի ներկայիս իրավիճակը, վերլուծված է արոմային էներգաբլոկների շահագործման հանձնման տեմպը: Բերվում են ԱՄՆ-ի արոմային էներգետիկայի վերաբերյալ մեզանում քիչ հայտնի փաստեր և տվյալներ, մասնավորապես, կապված Հայաստանում արոմային էներգետիկայի զարգացման հեռանկարների հետ:

ARMENIAN NUCLEAR POWER AND THE USA

Marjanyan A. H.

Summary

Based on reliable data from professional sources, the current state of nuclear power in the world in terms of installed nuclear power and nuclear power under construction is described. The current state of nuclear power in the USA is described, commissioning rate of nuclear power units is analyzed. Several little-known issues and data are provided regarding the nuclear power industry in the USA, in particular in connection with the prospects of nuclear power development in Armenia.

АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА АРМЕНИИ И США²**Введение**

В ближайшее время Армении предстоит принять ряд важнейших решений, относительно своего дальнейшего политического (геополитического) и экономического развития. В экономическом плане, а возможно – и в более широком, цивилизационном аспекте, Армении предстоит определить какой страной она хочет, может и должна быть.

Наиболее значимое решение, которое нам предстоит выработать и принять, состоит в определении будущего атомной энергетики Армении, а следовательно, и будущего социально-экономического характера республики – быть ли нам «сервисной» страной, например с развитым туристическим и ресторанным бизнесом, с обширной и разнообразной сферой услуг, с упрощенным менталитетом общества и минимальной сложностью экономики³. Или, быть Армении высокотехнологичной индустриальной страной, со сложной экономикой, сложной и богатой структурой общества и мышления, с высокой долей сложного труда и производства, готовой принять вызовы мирового фазового кризиса.

Решения, которые должны быть приняты в ближайшие год–полтора, решающим образом определяют то, в какой стране будут жить наши дети и внуки. И будут ли они в ней жить вообще.

На протяжении десятилетий атомная энергетика являлась гордостью 2-й и 3-й Республик Армения, не только локомотивом ее энергетической отрасли, основой индустриального и научно-технологического развития страны, но и существенной компонентой систем ее энергетической и национальной безопасности. Наличие атомной энергетики самым благотворным образом повлияла на общую инженерную культуру Армении, позволило создать и сохранить научно-технологические и инженерные школы, систему подготовки кадров, повысить общую культуру планирования и дисциплину эксплуатации сложных производств в энергетике, да и за ее пределами. А учитывая значительную длительность и сложность реализации атомных проектов, можно утверждать, что атомная энергетика в Армении приносила элементы будущего в ее настоящее, одновременно и создавая, и приближая его.

В силу ряда субъективных и объективных обстоятельств, к моменту принятия этих судьбоносных решений мы, к сожалению, подошли не в лучшей своей форме. Здесь не место вдаваться в анализ причин того, почему и как это случилось, – подобный анализ хоть и был бы несомненно полезен, даже необходим, однако его проведение требует иного формата и объема обсуждений⁴.

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 22.08.2024.

³ Словосочетание «сложность экономики» мы используем не как фигуру речи, а как важное экономическое, цивилизационное - если угодно, понятие (Economic Complexity), имеющее свое строгое определение, подающееся измерению и количественному анализу через соответствующий параметр - индекс экономической сложности (Economic Complexity Index, ECI) данной страны, региона или города.

⁴ Было бы любопытно взглянуть на сравнительный анализ сложности экономик скажем для АрмССР 60-70х

Вместо этого, основываясь на строгой фактологии профессиональных источников, целесообразно сосредоточиться на описании современного состояния атомной энергетики в мире, обрисовать современные атомные энергетические технологии и перспективы их развития, понять, что происходит у нас и вокруг нас в этом плане, какие принимаются решения в странах нашего региона, стоящих перед аналогичными проблемами.

Это важно сделать еще и потому, что общественным, а отчасти – и профессиональным обсуждениям по этой теме в Армении присущ поверхностный характер и насыщенность различного рода «мифами», откровенно ошибочными утверждениями, сколь невежественными, столь и безапелляционными, и излишняя политизированность дискуссий. Собственно, в преодолении этих пороков и заключается основная цель нашей статьи, и я благодарен аналитическому центру «АРВАК» за помощь в проведении нашего исследования и предоставления своей площадки для опубликования наших статей по этой теме.

В настоящей статье используются данные профессиональных источников и/или международных профильных организаций, с указанием даты запросов. Мы используем единицы, привычные армянской инженерной школе электроэнергетики⁵. Для названия тех или иных атомных энергетических реакторов (блоков), а также различных технологических типов атомных энергетических 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 технологического типа PWR для водо-водяных реакторов под давлением (ВВЭР). При необходимости мы приводим и индекс изготовителя данного атомного реактора (блока), например ВВЭР 440 (В-270) или PWR (CNP-300).

1. Атомная энергетика. Что есть в мире?

Установленная и строящаяся мощность. Согласно базе данных атомных энергетических реакторов *PRIS (Power Reactor Information System)* МАГАТЭ [1], по состоянию на 23 июля 2024 г. в 32 странах мира находились в эксплуатации 416 атомных энергетических реактора (блока) различных технологических типов, с суммарной гарантированной мощностью в 374.67 тыс. МВт. Их общая эксплуатационная наработка составила почти 20 тыс. реактор-лет. Для сравнения, согласно МАГАТЭ, гарантированная атомная генерирующая мощность Армении (reference power) сегодня составляет 416 МВт (0.11% от мирового показателя) второго блока ААЭС, находящейся сегодня в эксплуатации⁶.

годов и РА 2010–2020 гг. Или сравнить величину индекса ЕСІ для г. Еревана сегодня, в 2024 г. и скажем в 1974 г. Думаю результаты удивили бы многих, но проверить это невозможно по понятным причинам – подобные исследования в Армении никогда не проводились.

⁵ Для мощности, кВт (10^3 Вт), МВт (10^6 Вт), ГВт (10^9 Вт). Для энергии, киловатт-час (кВт.ч), млрд кВт.ч (10^9 кВт.ч), что равно тыс. МВт.ч или одному ТВт.ч (10^9 кВт.ч). Все исключения оговариваются особо. Говоря о мощности атомного энергетического блока, мы имеем в виду его электрическую мощность (МВт, е).

⁶ О разнице между установленной (installed) или номинальной (nominal, nameplate) мощностью, и гарантированной мощностью (reference power, available power) энергетических блоков и/или электрических станций, более подробно будет сказано в нашей статье «Армения и Атомная Энергетика».

Помимо этого, в 15 странах мира сегодня строятся 59 атомных энергетических реактора различных типов, с суммарной мощностью в 61.64 тыс. МВт (16% от мировой установленной мощности).

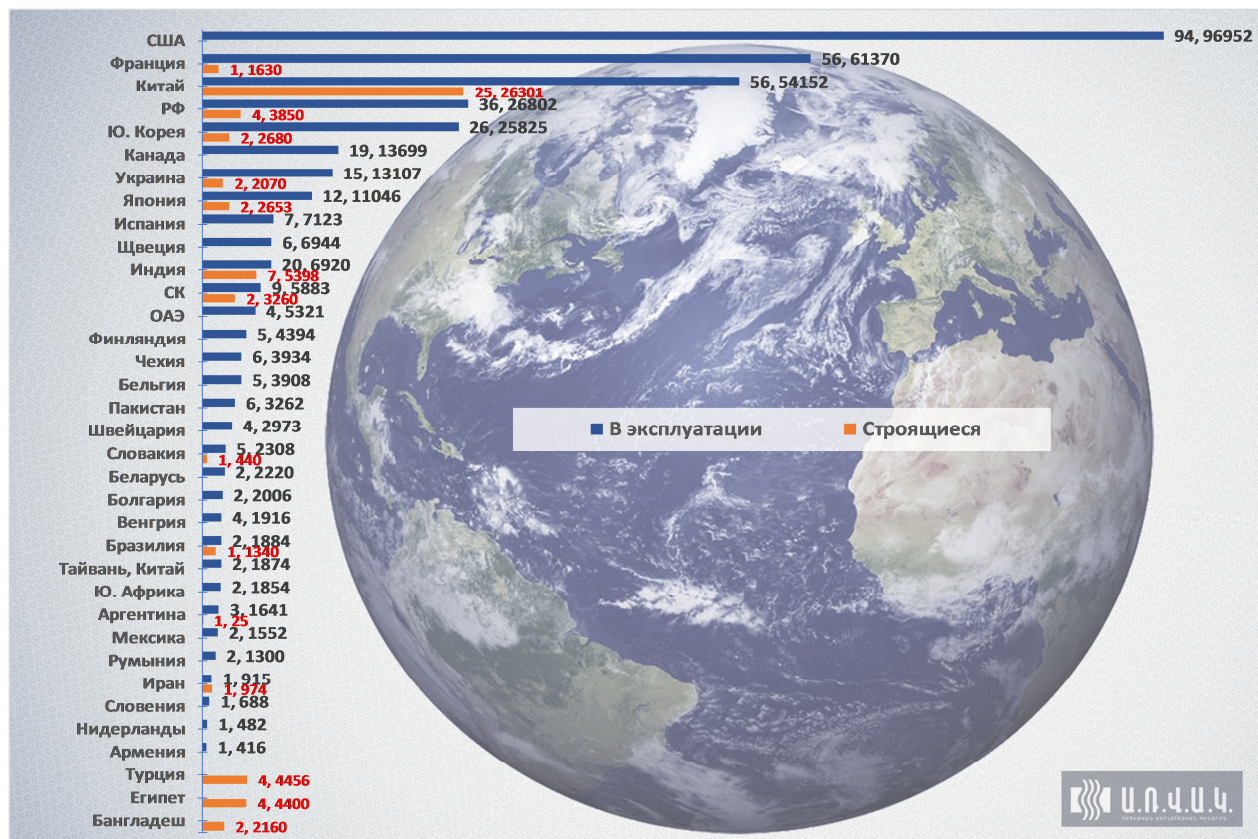


Рисунок 1. Эксплуатируемые и строящиеся атомные мощности (число реакторов и суммарная гарантированная мощность, МВт), по странам. По состоянию на июль 2024 г.

Основываясь на данных PRIS [1], на **Рис 1** обобщаем данные о распределении этих блоков по странам, по состоянию на июль 2024 г. На графике приводится сперва число реакторов, далее их суммарная гарантированная мощность (МВт) соответственно. Подчеркнем ряд фактов, порой ускользающих от внимания многочисленных публикаций по данному вопросу.

Во-первых, из порядка 200 стран планеты, только 32 страны (16%) в настоящий момент обладают атомной энергетикой. И хотя Армения по уровню гарантированной атомной энергетической мощности сегодня замыкает этот список (**Рис. 1**), однако она вступила в него еще в прошлом веке (в октябре 1977 г.), когда в эксплуатацию был введен первый атомный реактор (блок) ARMENIAN-1⁷ на ААЭС. Причем, долгое время Армянская ССР, а потом и Республика Армения (РА) являлась членом еще более узкого круга атомных энергетических держав, занимая в нем весьма заметное положение.

Так, коммерческая эксплуатация первого атомного энергетического блока Финляндии LOVIISA-1 началась всего месяцами ранее, в мае 1977 г. В сентябре того же года был введен в эксплуатацию первый энергоблок Украинской ССР, на печально знаменитой АЭС

⁷ ARMENIAN-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=24> (дата обращения 28.07.2024).

«Чернобыль». Отметим уже сейчас, что если реактор LOVIISA-1 (ВВЭР-213) технологически был аналогичен первому реактору ААЭС (ВВЭР В-270), то реактор РБМК-1000 первого блока Чернобыльской АЭС принадлежал к совершенно иному технологическому типу.

Уже после строительства второго блока ААЭС и ввода его в эксплуатацию в 1980 году, свои первые атомные блоки пустили в Бразилии (1982 г., «Ангра 1»), в Венгрии (июль 1984 г., АЭС «Пакш»), в ЮАР (1985, АЭС «Коберг») и Чехии (май 1985 г., АЭС «Дукованы»). В июле 1990 г. был запущен первый атомный реактор на единственной АЭС Мексики «Лагуна-Верде»⁸. Согласно данным Всемирной ядерной ассоциации (World Nuclear Association) [2], началом эксплуатации АЭС в Китае считается 1991 г., когда к сети был подключен первый блок QINSHAN-1 типа PWR (CNP-300)⁹ референтной мощностью 326 МВт на АЭС «Циньшань». Шесть лет спустя, в начале декабря 1996 г. наконец был введен в промышленную эксплуатацию первый реактор CERNAVODA-1 первого блока Румынской АЭС «Чернаводэ»¹⁰, который начали строить с марта 1983 г., еще при правлении Н. Чаушеску. До сих пор нет АЭС на целом Австралийском континенте.

Иран вступил в «атомный энергетический клуб» еще позднее, лишь в сентябре 2013 г., когда первый атомный блок на АЭС «Бушер» был введен в эксплуатацию, причем строительство началось еще при шахе Р. Пехлеви, в мае 1975 г. А первый атомный энергетический реактор в арабском мире был запущен 1-го августа 2020 г. на АЭС «Барака»¹¹ в ОАЭ. Беларусь вступила в «атомный энергетический клуб» лишь в июне 2021 г., став не только 4-ой из бывших республик СССР (после России, Армении и Украины), обладающих атомной генерацией, но и первой из бывших республик СССР, где в 2023 г. было вновь развернуто тактическое ядерное оружие РФ – впервые после его вывоза из союзных республик на территорию РФ (1992 г.) и подписания «Будапештских Меморандумов»¹² в декабре 1994 г.

Таким образом, в Армении в эксплуатации находились атомные блоки почти одновременно с Финляндией и Украиной, и задолго до Китая, Бразилии, Венгрии, Ю. Африки, Чехии, Мексики, Румынии, Белоруссии, ОАЭ и Ирана. А Турция, Египет и Бангладеш лишь только готовятся вступить в «атомный энергетический клуб», **Рис. 1.**

Во-вторых, По состоянию на июль 2024 г., из 32 атомных энергетических держав только треть (11 стран) строят новые атомные энергетические реакторы (блоки) различного типа и производства. В их числе Китай, Индия, РФ, Соединенное Королевство (СК)¹³, Япония, Ю. Корея, Украина, Франция, Словакия, Бразилия и Аргентина. А США, Канада, Швеция, и ряд других

⁸ LAGUNA VERDE-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=420> (дата обращения: 28.07.2024).

⁹ QINSHAN-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=62> (дата обращения 28.07.2024). CNP-300 являлся первым атомным реактором разработанным и построенным Китайской национальной ядерной корпорацией (China National Nuclear Corporation).

¹⁰ CERNAVODA-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=442> (дата обращения: 28.07.2024).

¹¹ «В ОАЭ запущена первая в арабском мире АЭС». DW, 01.08.2020. <https://www.dw.com/ru/v-oaje-zapushhena-pervaja-v-arabskom-mire-ajes/a-54401540> (дата обращения: 28.07.2024).

¹² Մարզանյան Ա. Հ., «Մեր տարածաշրջանը և միջուկային զենքը: Մաս 3. Բուխապետյան հուշագրեր». 07.04.2024. <https://arvak.am/pnuqawuyetunyan-hnuqwntr/> (дата обращения: 28.07.2024).

¹³ «В Великобритании началось строительство первой за 22 года АЭС». Интерфакс, 10 мая 2017. <https://www.interfax.ru/world/561796> (дата обращения: 28.07.2024).

стран «атомного энергетического клуба» на своей территории новых АЭС не строят, см. **Рис 1**. Обратим внимание на то, что из 15 стран, где сегодня строятся атомные энергетические реакторы, две третьи (10 стран) являются странами глобального «Юга»¹⁴, среди них Китай, Индия, Турция, Бангладеш, Египет. А 5 стран глобального «Севера», РФ (3850 МВт, 4 реактора), Соединенное Королевство (3260 МВт, 2 реактора), Ю. Корея (2680 МВт, 2 реактора), Япония (2653 МВт, 2 реактора) и Франция (1630 МВт, 1 реактор), тут смотрятся скорее как исключение.

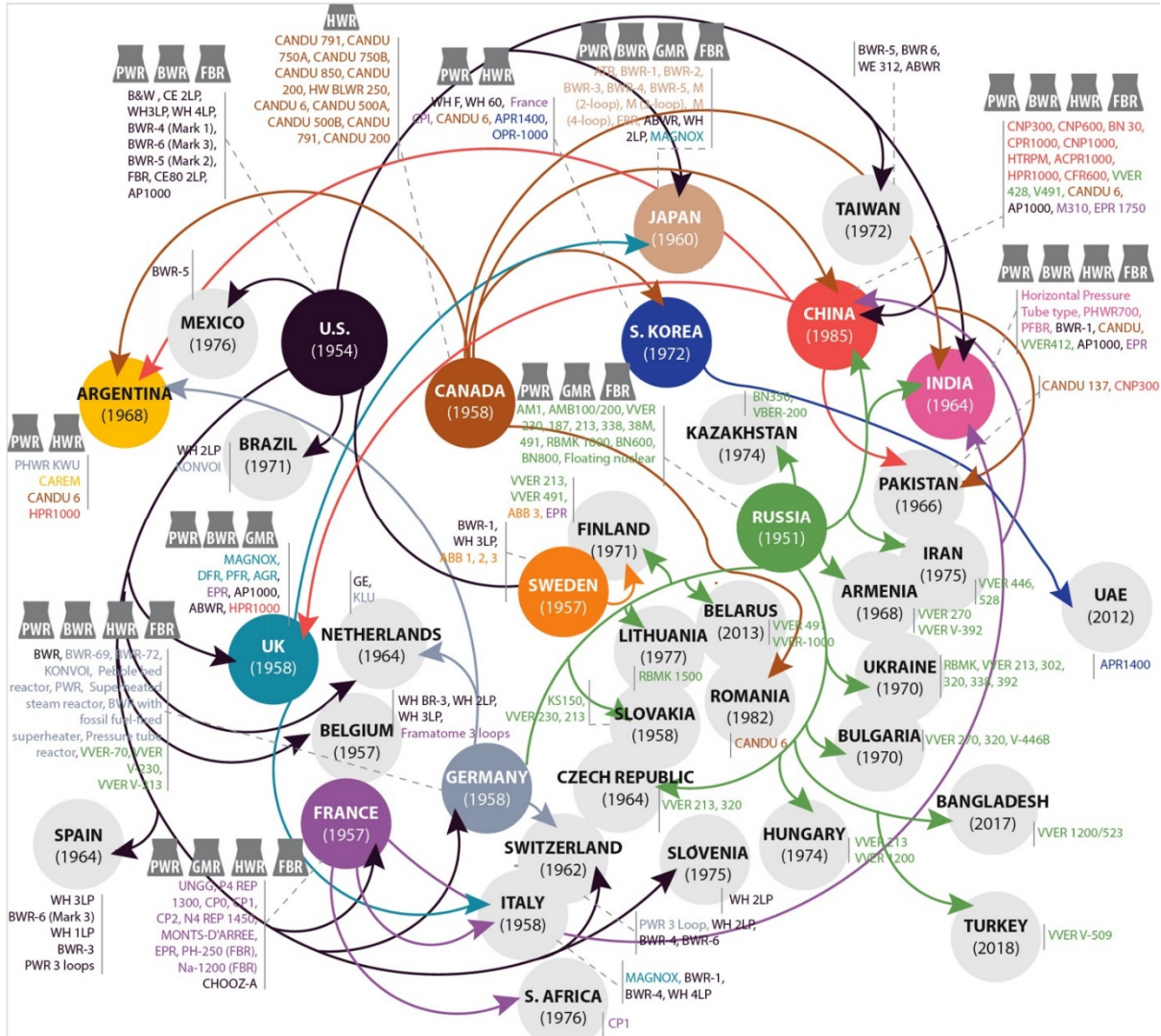


Рисунок 2. Распространение атомных энергетических технологий. Цветом указаны страны, где создавались собственные атомные энергетические реакторы, с указанием года начала разработок. Серым указаны страны («клиенты»), где по состоянию на начало 2020 г. есть или строятся атомные блоки (реакторы) тех или иных производителей (указаны стрелками). Источник: POWER Magazine.

В-третьих. Только 11 стран мира создали собственные атомные энергетические технологии, см. **Рис. 2**. Из них только 6 стран (или 3% «атомного клуба») – СССР/Российская Федерация (РФ), Франция, Япония, США, Китай и Ю. Корея, сегодня производят атомные энергетические реакторы. Швеция, Аргентина и Германия отказались

¹⁴ Մարգարյան Ա., Հ., Գլխավ «Հարավի» և «Հյուսիսի» միջև: «ԱՌՎԱԿ» վերլուծական կենտրոն, 22.07.2024. <https://arvak.am/gլխավ-հարավի-և-հյուսիսի-միջև/> (дата обращения: 28.07.2024).

от своих национальных атомных энергетических программ. А за пределами своей территории, АЭС и атомные блоки строят и вовсе **5** из них: РФ, США, Франция, Ю. Корея и Китай. За всю историю атомной эпохи АЭС или отдельные атомные блоки построили или строят сегодня: СССР/РФ – в 18 странах мира (на **Рис. 2** не указана АЭС «Эль Дааба» строящаяся в Египте по российским технологиям, см. ниже), США – в 15, Канада – в 6, Франция – в 3, Соединенное Королевство и Германия – в 2, Ю. Корея и Китай – в 1. Япония за пределами своей территории АЭС или атомные блоки не строила и не строит.

Соглашение о сотрудничестве в области атомной энергетики между Японией и США – т. н. «Соглашение 123» (см. ниже), было подписано еще в 1955 г., после чего оно регулярно продлевалось, последний раз в 2018 году [11]. По сути, это было первое подобное соглашение, подписанное США с иностранным государством, еще в те времена, когда в американском обществе была сильна память о атомных бомбардировках Японии, а определенное чувство вины способствовало созданию тех или иных «компенсаторных» механизмов для Японии. С середины 50-х закладывается основа сотрудничества между американскими (GE) и японскими (Hitachi, Mitsubishi) компаниями в области разработки и строительства атомных энергетических реакторов, в основном типа BWR¹⁵. Которые и были использованы при строительстве ряда АЭС на территории Японии, включая печально знаменитую АЭС «Фукусима-1».

Таким образом, круг партнеров Армении с точки зрения выбора страны изготовителя атомных энергетических реакторов, изначально весьма ограничен. И он останется таковым в ближайшие 5–15 лет.

На самом деле, этот круг даже более узок, поскольку, **в-четвертых**, не все страны строящие сегодня атомные блоки за пределами своей национальной территории в равной степени охвачены правовыми механизмами т. н. «*гражданской ответственности за ядерный ущерб*» (Civil Liability for Nuclear Damage). Вопрос этот практически не освещен в отечественной литературе, и мало известен даже специалистам. Поэтому целесообразно остановится на нем чуть подробнее.

Основу указанного механизма составляют две международные Конвенции: Парижская конвенция об ответственности третьих лиц в области ядерной энергии 1960 г. (PC), Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб, 1963 г. (VC, вступила в силу в ноябре 1977 г.). К ним примыкают: Протокол 2004 г. пересмотренной Парижской конвенции (RPC), и Пересмотренная Венская конвенция о гражданской ответственности за ядерный ущерб 1997 г. (RVC), а также Брюссельская дополнительная конвенция 1963 г. и ее пересмотренный вариант 2004 г. (BSC, RBSC), и Совместный протокол 1988 г., касающийся применения Венской и Парижской конвенций (JP). Наконец, несколько особняком стоит Конвенция МАГАТЭ о дополнительном возмещении за ядерный ущерб 1997 г. (CSC, вступила в силу в апреле 2015 г.)

Основываясь на [соответственном разделе](#) базы данных МАГАТЭ и ряде специализированных публикаций [3, 4], в **Табл. 1.** обобщаем данные о принадлежности

¹⁵ Характерно, что первый атомный реактор на территории США бы пущен на совместном испытательном полигоне американской компаний «Дженерал Электрик» (GE) и японской «Хитачи» (Hitachi Nuclear Energy, см. выше).

некоторых стран мира к различным компонентам этого механизма. В таблице рассмотрены 3 группы стран. Первая — это страны «экспортеры», т. е. – все те 5 государств, указанных выше, которые сегодня строят АЭС или атомные блоки за пределами своей национальной территории. Вторую «смешанную» группу составляют страны, которые обладают собственной атомной энергетической технологией, но сегодня не активны на внешнем рынке. Наконец третью группу составляют страны – «клиенты», которые имеют или строят на своей национальной территории АЭС или атомные блоки третьих стран. Указание аббревиатур различных компонент правового механизма «гражданской ответственности за ядерный ущерб» напротив каждой из стран в **Табл 1.** указывает на то, что данная страна является подписантом этой компоненты и в правовом отношении охвачена ею.

Таблица 1
Механизм Конвенций о международной ответственности за атомный (ядерный) ущерб

Страна	Конвенции	Страна	Конвенции
Страны «экспортеры»		Страны «клиенты»	
Франция	PC, BSC, JP, RPC, RBSC	Армения	VC
РФ	VC	Беларусь	VC, RVC
США	CSC	Венгрия	VC, JP
Китай	-	Польша	VC, RVC, JP
Ю. Корея	-	Турция	PC, JP
«Смешанные» страны		Украина	VC, JP, CSC
Канада	CSC	ОАЭ	RVC, JP, CSC
Япония	CSC	Финляндия	PC, BSC, RPC, RBSC
Индия	CSC	Венгрия	VC, JP

PC: Paris Convention on Third-Party Liability in the Field of Nuclear Energy, 1960

RPC: Revised Paris Convention: 2004 Protocol. По состоянию на 2020 г. он не вступил в силу

BSC: Brussels Supplementary Convention of 1963, **RBSC:** Revised Brussels Supplementary Convention of 2004

VC: [Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage of 1963](#)

RVC: [Revised Vienna Convention on Civil Liability for Nuclear Damage 1997](#). В силу не вступила.

JP: 1988 Joint Protocol Relating to the Application of the Vienna Convention and the Paris Convention.

В силу не вступила.

CSC: [IAEA Convention on Supplementary Compensation for Nuclear Damage](#). Вступила в силу в апреле 2015 г., после присоединения к ней Японии.

Здесь не место вдаваться в детали и тонкости этого правового и, неизбежно – политического, коль скоро речь идет об атомных технологиях, механизма. Ограничимся лишь тем, что укажем на ряд важных, на наш взгляд, обстоятельства.

С юридической точки зрения объем и требования страховой защиты в поле гражданской ответственности за атомный ущерб (nuclear damage)¹⁶, – прежде всего в области атомной энергетики, являются функцией обязательств соответствующих правовых юрисдикциях вовлеченных сторон. В секторе гражданской ответственности (civil liability) за атомный ущерб правовая ответственность обычно возникает как в международном, так и в национальном правовом поле, поскольку в большинстве случаев (как например в Армении),

¹⁶ В англоязычной литературе слово nuclear (ядерный) используется синонимично слову atomic (атомный), а последнее понятие практически не используется. Иначе обстоит дело в специальной литературе на русском языке. В настоящей статье мы везде разделяем понятия «ядерный» и «атомный» (они принадлежат к различным «технологическим мирам»), и используем последнее везде, где это не приводит к путанице.

речь идет о двух сторонах, – поставляющей и принимающей, см. **Рис. 2**. Поэтому страховое покрытие (insurance coverage) атомной деятельности в любой конкретной (национальной) юрисдикции должно учитывать потенциальные обязательства обеих сторон. Более того, как показывает практика, это является одним из важнейших требований, обеспечивающих эффективность выполнения данного атомного проекта.

Далее, из 5 стран «экспортеров» атомной энергетической технологии, перечисленных выше, теми или иными компонентами указанного правового механизма охвачены лишь три из них: США, РФ и Франция. А Китай и Ю. Корея находятся вне этого правового механизма и не являются подписантами ни одной из международных конвенций «о гражданской ответственности за атомный ущерб», см. **Табл. 1**. По оценке World Nuclear Association (WNA), это существенно ограничивает экспортный потенциал Китая и Ю. Кореи в области атомной энергетики [2, 5]¹⁷.

Так, за пределами своей территории Китай реализовал лишь один атомный энергетический проект – АЭС «Чашма» (Chashma) в Пакистане, с суммарной установленной мощностью 1300 МВт. На этой АЭС установлены 4 блока типа PWR (CNP-300). Первый блок АЭС был подключен к сети 13 июня 2000 г., а 4-ый в июне 2017 года¹⁸. Причем изначально, в начале 70-х годов, на АЭС «Чашма» планировалось использование французских реакторов, однако под давлением США, Франция вышла из этого проекта (1978 г.), место которой занял Китай (более подробно о китайско-пакистанском сотрудничестве в области атомной энергетики см. [2, 6]).

Ю. Корея построила свою первую АЭС за пределами своей национальной территории в ОАЭ – АЭС «Барака» (Barakah). Первый блок этой АЭС с реактором BARAKAN-1 (APR-1400), был подключен к сети в августе 2020 г. (строительство началось в 2012-ом). Причем, проект АЭС – это модернизированный американский проект АЭС «Пало-Верде» в США. А корейский реактор APR-1400 третьего поколения (начало разработки 1992 г.) компании КЕРСО, был разработан на основе конструктивных решений «System 80+» американской компании Combustion Engineering (C-E). Он получил сертификат комиссии по ядерному регулированию США в августе 2019 г., и от корейского института по ядерной безопасности в мае 2022 г. [5].

Далее, следует подчеркнуть, что помимо очевидного прикладного значения, принятие определенных обязательств по «гражданской ответственности за атомный ущерб» страной поставщиком, скорее указывает на решимость и уровень ответственности и вовлеченности страны-экспортера в данном атомном проекте. Кроме этого, они облегчают механизмы передачи (не ключевых) технологий и определяют возможную степень и глубину «локализации» участия принимающей страны в реализации данного атомного проекта.

Наконец, следует указать, что Франция, РФ и США рассматривают компоненты РС, ВС и CSC соответственно, как: 1) механизмы, гарантирующие собственное влияние на

¹⁷ Помимо этого, на сегодняшний день Китай не разработал и свой механизм изъятия и переработки отработанного ядерного (атомного) топлива из третьих стран [2, 3].

¹⁸ Первым атомным реактором Пакистана стал KANUPP-1, представляющий собой канадский реактор CANDU-137, референтной мощностью 90 МВт, подключенный к сети 18-го октября 1971 г., см. KANUPP-1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=427> (дата обращения: 28.07.2024). Реализации этого проекта в Пакистане негласно способствовал Китай.

международном рынке атомной энергетики, и, одновременно, — ограждающее влияние и экспансию двух других сторон этого «атомного треугольника»; 2) как способ усиления своего геополитического и геоэкономического влияния в мире; 3) как механизм конструирования и сплочения собственных макрорегионов¹⁹, конкурирующих с другими.

Любопытно, что особенно острая конкуренция в этом плане присуща противостоянию «франкосферы» и «англосферы»²⁰. И отнюдь не случайно, что сегодня ни одна страна, которая приняла Парижскую конвенцию (PC) и примыкающие к ней компоненты (RPC, BSC, RBSC), не приняла компоненту CSC, «являющейся механизмом поддержки экспортной политики атомной технологии США, и пользующаяся ее полным покровительством» [4]. Верно и обратное – ни одна из стран компоненты CSC не приняла Парижскую конвенцию, см. **Табл. 1**.

Сказанное верно и для компоненты Венской конвенции (VC, RVC), рассматриваемой Россией как правовой механизм продвижения своей атомной энергетической технологии. Отметим, что по состоянию на 2020 г., Беларусь являлась стороной VC и RVC, а Армения (как правопреемница АрмССР) является стороной VC. Тут есть только одно характерное исключение – Украина, которая, будучи стороной VC, стала и стороной CSC в 2018-ом, см. **Табл. 1**. (инструментально это связано, в первую очередь, с началом использования американского атомного топлива компании Westinghouse на советских/российских реакторах АЭС, расположенных на Украине. Круг этих вопросов более подробно будет рассмотрен в нашей следующей статье).

Таким образом, при реалистичном подходе базового сценария развития атомной энергетики в Армении, у нас сегодня есть всего три потенциальных партнера: **Франция, РФ и США**. Причем, по всей вероятности, это состояние дел с основным «атомным треугольником» останется неизменным и в ближайшие 5–10 лет.

2. Потенциальные партнеры Армении

Поскольку в настоящее время в Армении активно обсуждаются возможности ряда стран для развития атомной энергетики Армении, для лучшего понимания перспектив имеет смысл составить себе ясное представление о динамике и темпах ввода в эксплуатацию новых атомных энергоблоков в этих странах.

2.1. «Атомный треугольник»

США. По ряду причин, целесообразно начать наше рассмотрение с США. Прежде всего потому, что разговоры о т. н. «модульных» АЭС малой мощности американского

¹⁹ Или «Миров мира», как мы сформулировали это явление в ряде наших ранних работ, см. Հարությունյան Փ. Ա., Մարջանյան Ա. Հ., [Բազմակենտրոն աշխարհակարգի գիտատեխնոլոգիական քննադատություն](#): «21-րդ դար» տեղեկատվական-վերլուծական հանդես: 3 (73), 2017, էջ 2-27. Марджанян А. А., Арутюнян Г. А., Союзники на фоне нанотехнологического пейзажа. Тр. между. конференции «Демократия и сетевые технологии в современном социально-политическом процессе», Москва, ФИП/РГГУ, 18 мая, 2017. Марджанян А. А., [Научно-информационная политика и гибридные войны](#). Геополитика и Безопасность. Санкт-Петербург, № 4 (40), 2017.с.с. 26–34.

²⁰ Մարջանյան Ա., Հ., Արթրեջանը և նեոգաղութատիրությունը, «ԱՌ-ՎԱԿ» վերլուծական կենտրոն, 05.08.2024. <https://arvak.am/արթրեջանը-և-նեոգաղութատիրությունը/> (дата обращения: 28.07.2024).

производства составляют существенную часть сегодняшнего общественного дискурса по этой теме в Армении. При этом часто забывается, что начало этим разговорам положило заявление бывшего министра юстиции (!) Армении, сделанное в октябре 2017 года²¹, накануне подписания Соглашения о всеобъемлющем и расширенном партнерстве между Арменией и Евросоюзом (СЕРА).

В этом несколько противоречивом заявлении говорилось, что, во-первых, Армения может и отказаться от атомной энергетики вообще. А во-вторых, что будущее атомной энергетики в Армении могут составить именно американские «модульные» АЭС малой мощности. Это весьма характерный образ мышления, и мы еще вернемся к этому вопросу. А сейчас добавим, что начать надо с США еще и потому, что за пределами очень узкого круга экспертов в Армении мало кто представляет себе истинное положение дел с атомной энергетикой в этой стране.

На сегодняшний день и на протяжении ряда десятилетий, по величине установленной мощности атомной генерации электроэнергии, США занимают первое место в мире. По состоянию на июль 2024 г. в эксплуатации тут находились 94 энергетических реактора с суммарной установленной мощностью почти 97 тыс. МВт, что составляет почти 26% от суммарной установленной атомной энергетической мощности в мире, **Рис. 1**. Второе место занимает Франция (56 реактора, 61.4 тыс. МВт, 16.4%), за ней следует Китай (56 реактора, 54.1 тыс. МВт, 14.5%) и Российская Федерация (36 реактора, 26.8 тыс. МВт, 7.2%). Замыкает пятерку лидеров Ю. Корея (26 реакторов, 25.8 тыс. МВт, 6.3%).

Однако, последняя АЭС в США («Уатс Бар»)²² была построена четверть века назад, а последние два атомных блока США (блоки №3 и 4 АЭС «Вогтль»), хоть и были подключены к сети 31 июля 2023 г. и 14 февраля 2024 г. соответственно, но произошло это лишь спустя 11 лет после начала их строительства, и после значительной временной паузы в строительстве новых атомных генерирующих мощностей в США.

Обобщая сведения базы данных PRIS [1], на **Рис. 3** приводим график ввода в строй всех атомных энергетических реакторов (блоков), на всех АЭС США, по датам их подключения к национальной сети. Начиная с 19 октября 1957 г., когда на испытательном полигоне компании *GE Hitachi Nuclear Energy* был введен в эксплуатацию первый атомный энергоблок США GE VALLECITOS²³ и до начала марта 2024 г., когда был подключен к сети 135-й атомный энергоблок VOGTLE²⁴ на АЭС «Вогтль». Как было сказано, из этих 135 блоков 94 сегодня находятся в эксплуатации, а 41 выведены из эксплуатации и находятся в состоянии «*постоянной остановки*» (permanent shutdown).

²¹ «Правительство Армении не исключает, что может отказаться от идеи строительства новой АЭС», «Радио Азатутюн», С. Арутюнян, Октябрь 17, 2017 г. <https://rus.azatutyun.am/a/28800137.html> (дата обращения: 28.07.2024).

²² “What’s inside the first new US nuclear plant in two decades”. Feb. 5, 2015. <https://theconversation.com/whats-inside-the-first-new-us-nuclear-plant-in-two-decades-33708> (дата обращения: 28.07.2024).

²³ GE VALLECITOS. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=893> (дата обращения: 28.07.2024).

²⁴ VOGTLE-4. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=1043> (дата обращения: 28.07.2024).

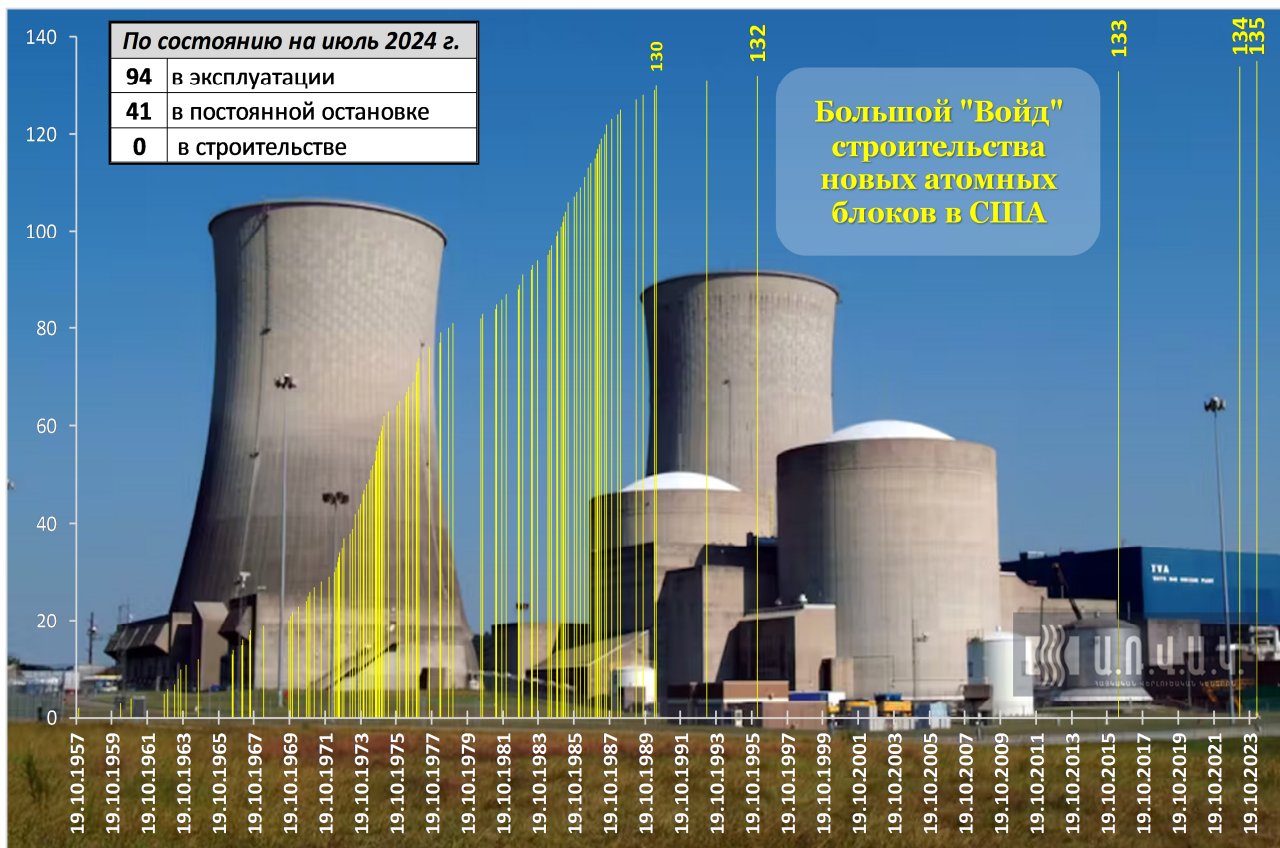


Рисунок 3. Ввод в строй атомных энергетических реакторов (блоков) в США, по датам их подключения к сети. (На заднем плане 133-ий атомный блок США WATTS BAR-2, являющимся вторым блоком АЭС «Уатс Бар»).

Из **Рис. 3** следует, что за 15-летний период с 1970 по 1985 гг. в США было введено в эксплуатацию 86 атомных энергоблока, т. е. темп ввода в строй за этот период времени составлял примерно 6 блоков в год. Однако, за следующий 15-летний период, с 1985 по 1990 гг., в США было введено в строй всего 30 блоков, т. е. – темп ввода уменьшился почти в 3 раза. Ну а с 1990 по 2005 гг. в эксплуатацию было введено всего 4 новых атомных энергоблока, т. е. – примерно один блок за 4 года. Иначе говоря, по сравнению 70-ыми годами прошлого века в США произошло падение темпа ввода в строй новых атомных генерирующих мощностей в 24 раза.

В мае 1996 г. был сдан в эксплуатацию 132-ой блок США, реактор WATTS BAR-1²⁵ первой очереди упоминавшейся выше АЭС «Уатс Бар». После чего в США наступает то, что можно назвать «большим войдом» («the big void»), или «большим провалом» в строительстве новых АЭС и атомных блоков. Он прервался лишь спустя два десятилетия, в октябре 2016 г. (и с приходом в «Белый Дом» администрации Д. Трампа, отметим в скобках), когда был сдан в эксплуатацию второй блок АЭС «Уатс Бар» (133-ий атомный блок США), строящаяся с 1973 г. Еще через 7 лет, 31 июля 2023 г., была сдана в эксплуатацию 1-ая (134-ий блок)²⁶, а в

²⁵ WATTS BAR -1. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=699> (дата обращения: 28.07.2024).

²⁶ VOGTLE-3. IAEA, PRIS. <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/ReactorDetails.aspx?current=1042> (дата обращения: 28.07.2024).

феврале 2024 г., – вторая очередь (135-ий блок) АЭС «Вогтль», **Рис. 3.** Начиная с 2013 г. и по настоящее время (июль–август 2024 г.), в США не ведется строительство ни новых АЭС, ни новых атомных энергоблоков.

Причины замедления, а затем и практически полной остановки развития атомной энергетики в США, приведшие к «*большому войду*» 1995–2015 гг., многообразны и интересны сами по себе. Однако здесь не место анализировать их сколь-нибудь подробно (историю вопроса см. [7-10]). Ограничимся лишь перечислением важнейших групп факторов.

- Во-первых, с окончанием эпохи «модерна», к началу 80-х годов прошлого века замедлилось научное и технологическое развитие в мире, прежде всего в «Западном» мире, и в областях, связанных с энергетической промышленностью. Фокус развития тут переместился в сферу вычислительной техники, информационных технологий и возобновляемых источников энергии (ВИЭ)²⁷. Замедлилось общеэкономическое развитие, а темп роста спроса на электроэнергию, прежде всего в США и странах «Запада» (точнее – «Севера»)²⁸, так и не вернулся к показателям 50-х 60-х и 70-х годов.
- Во-вторых, низкие цены на природный газ, быстрота ввода в эксплуатацию современных газотурбинных установок, их дешевизна и маневренность создавали привлекательную альтернативу дорогим и медленно строящимся АЭС.
- В-третьих, массивные усилия «угольного лобби», прежде всего в США и ряде других странах, заметно тормозили развитие атомной энергетики в мире.
- В-четвертых, масштабное движение за мир и антивоенные выступления против войны США во Вьетнаме и Лаосе, а также чувство вины за атомные бомбардировки Японии в 1945 г., способствовали формированию в целом анти-атомного настроения в американском обществе, особенно – среди молодежи и студенчества.
- И, наконец, в-пятых, три тяжелые аварии: 28-го марта 1978 г. на АЭС «Три-Майл-Айленд» в США; 26-го апреля 1986 г. на АЭС «Чернобыль» в СССР (УкрССР); и 11-го марта 2011 г. на АЭС «Фукусима-1» в Японии, оказали существенное влияние на замедление ввода в строй новых атомных энергоблоков в США и в мире (в том числе и в Армении), привели к усложнению и бюрократизации процедур лицензирования проектов новых атомных энергетических реакторов (энергоблоков), выдачи лицензий на их строительство и эксплуатацию.

Проблемы развития атомной энергетики США осознавались наиболее прозорливыми американскими экспертами и аналитиками, в основном – примыкающим к «правому» политическому крылу, весьма ясно и достаточно давно. Так еще в 1990 г. проф. Б. Коэн в своей известной монографии по данному вопросу поставил ясный и четкий диагноз происходящего в США: «*Весь мир стремительно развивает свои атомные энергетические мощности, ну а мы топчемся на месте*» [7]. В 2004 году отчет старейшего аналитического центра США – *The*

²⁷ Марджанян А. А., Альтернативная или возобновляемая энергетика?: Аналитический центр «Орбели», 2019-03-13. <https://orbeli.am/ru/post/170/2019-03-13/Альтернативная+или+возобновляемая+энергетика%3F> (дата обращения: 30.07.2024).

²⁸ Մարջանյան Ա. Ա., Գլոբալ «Հարավի» և «Հյուսիսի» միջև: «ԱՌՎԱԿ» վերլուծական կենտրոն, 22.07.2024. <https://arvak.am/qnpw-l-hnpw-l-hjnw-f-hz/> (дата обращения: 30.07.2024).

Brookings Institution, отмечал, что «эксцентричная политика правительства США, в том числе и экологическая, тем не менее не является главной причиной бедственного положения атомной промышленности Соединенных Штатов за последние тридцать лет. В ряде других индустриальных стран положение гораздо хуже, чем здесь у нас» [8]. Авторы отчета имели в виду в первую очередь Германию, о чем см. ниже.

А редакционная колонка агентства CNBC в марте 2019 г. отмечала: «США проигрывают гонку за экспорт атомных энергетических технологий Китаю и России», и далее приводит план администрации Д. Трампа о том, как переломить сложившуюся в США ситуацию [9].

С начала атомной эры и по сей день, за пределами своей национальной территории США, точнее – компании GE и *Westinghouse*, построили 30 атомных реакторов (энергоблоков): 6 в Испании, 5 в Ю. Корею, по 4 блока в Бельгии и Китае, 3 блока на Тайване, по 2 блока в Швеции и Швейцарии, и по одному блоку в Бразилии и Словении, см. **Рис 2**. Из них 26 реакторов компании *Westinghouse* технологического типа PWR (ВВЭР) и 4 реактора компании GE на кипящей воде (BWR).

Хронологически первыми американскими реакторами, построенными за пределами США были реакторы BEZNAU-1 и 2 одноименной АЭС «Безнау» в Швейцарии. Эти реакторы типа PWR (WH 2LP) референтной мощностью в 365 МВт (установленная – 380 МВт) были подключены к сети в июле 1969 г. и октябре 1971 г. соответственно, и находятся в эксплуатации по сей день²⁹. А последними американскими атомными реакторами построенными за пределами США стали 4 реактора PWR (AP-1000) компании *Westinghouse* на двух китайских АЭС – «Саньмэнь» (Sanmen) и «Хайян» (Haiyang). Блоки с референтной мощностью 1157 МВт SANMEN-1 и HAIYANG-1 были подключены к сети в июне и августе 2018 г. (начало строительства в 2009-ом), а блоки SANMEN-2 и HAIYANG-2 в августе и октябре 2018 г соответственно³⁰. В настоящее время идет строительство 3-го и 4-го блоков этих АЭС³¹, под реакторы CAP-1000.

С юридической точки зрения строительство атомных блоков в США может начаться только после выполнения трех обязательных процедур [10]. Первым шагом здесь является выдача лицензии на проект данного реактора (блока). После чего необходимо получить предварительное разрешения на строительство на выбранной площадке (provision for early site permits, ESP). А на заключительном этапе необходимо получение т. н. комбинированной лицензии на строительство и эксплуатацию (combined construction and operating licence, COL). Для строительства за рубежом США американских блоков, они должны обладать проектной лицензией и быть покрытыми компонентой CSC, о которой говорилось в конце предыдущего раздела.

Несмотря на ряд принятых мер по облегчению прохождения этих многоуровневых процедур, на сегодняшний день (март 2024, [10]) в США на стадии их прохождения

²⁹ BEZNAU-1, BEZNAU-2. IAEA, PRIS. https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/Country_Details.aspx?current=CH (дата обращения: 18.08.2024).

³⁰ Sanmen, Haiyang. IAEA, PRIS, <https://pris.iaea.org/PRIS/CountryStatistics/CountryDetails.aspx?current=CN> (дата обращения: 18.08.2024).

³¹ Китайская CNNC установила корпус реактора CAP-1000 на строящемся третьем энергоблоке АЭС «Хайян». 12 января 2024. «Китайский SNERDI смонтировал основные конструкции защитной оболочки реактора CAP1000 на строящемся третьем энергоблоке АЭС «Саньмэнь» 17 июня 2024» (дата обращения: 18.08.2024).

находятся 5 реакторов. Из них только один реактор – Westinghouse PWR (AP-1000) и его уменьшенный, «модульный», вариант – Westinghouse PWR (AP-600), полностью прошли ее. Реакторы AP-1000 составляют основу 3-го и 4-го блоков АЭС «Вогтль», см. выше.

Реактор GE/Hitachi/Toshiba типа ABWR 1500 МВт, реактор GE/Hitachi типа ESBWR на 1600 МВт, и «корейский» реактор PWR (APR-1400) находятся на различных этапах прохождения этой процедуры. Как указывалось выше, этот последний получил COL сертификат комиссии по ядерному регулированию США в августе 2019 г. и использован для строительства АЭС «Барака» в ОАЭ.

Пятым атомным реактором в этом списке, который прошел 6-ую, заключительную, фазу получение *проектной* лицензии в 2020 г., является «модульный» реактор компании NuScale [10]. Поскольку этот «модульный» реактор играет важную роль в развертывании «нарратива» о будущем атомной энергетики в Армении в 2022–2024 гг., о нем мы подробно скажем в нашей статье «Армения и Атомная Энергетика».

Отметим, что в 1997 г. между Арменией и США был подписан меморандум «О сотрудничестве в области ядерной безопасности и обмена технической информацией», срок действия которого регулярно обновлялся в 2007 и 2017 гг.

По сообщению агентства *Арменпресс*³², в мае 2022 г. между Арменией и США был подписан меморандум о взаимопонимании «Сотрудничество в сфере гражданской атомной энергетики». Причем, согласно этому сообщению, меморандум 2022 г. является очередным шагом в направлении сотрудничества, начало которому было положено меморандумом 1997 г. и его обновлениям в 2007 и 2017 гг. Перед подписанием меморандума с госсекретарем США Э. Блинкеном, 2 мая 2022 г. министр иностранных дел Армении А. Мирзоян отметил, что «*Армения ценит усилия США по развитию энергетического сектора в Армении*». В свою очередь, Э. Блинкен подчеркнул, что «*подписание меморандума открывает новые пути сотрудничества Армении и США*» и выразил мнение, что документ может послужить укреплению двусторонних отношений между странами.

Однако, 22 августа 2024 г. стало известно, что представитель Госдепартамента США в письменном комментарии на запрос агентства *CivilNet* от 20.08.2024, подтвердил³³, что «*Правительство США не разглашает подробности переговорного процесса, но мы можем сообщить, что Государственный департамент уделяет просьбе Армении о [присоединении] к «Соглашению 123» должное внимание и соответствующее рассмотрение*». Представитель департамента не привел никаких других подробностей о том, что они назвали «*внутренним процессом переговоров правительства США с другими странами*», включая сроки принятия окончательного решения.

Подчеркнем, что сообщение 22 августа 2024 г. является первым случаем, когда США публично подтвердили, что Ереван подал заявку на присоединение к так называемому

³² «ՀՀ-ն և ԱՄՆ-ն ամրապնդում են համագործակցությունը միջուկային էներգիայի խաղաղ և անվտանգ օգտագործման ոլորտում». Armenpress, 03.05.2022, <https://armenpress.am/hy/article/1082219> (дата обращения: 22.08.2024).

³³ «EXCLUSIVE: US confirms nuclear pact with Armenia ‘under consideration’». CivilNet, 22 Aug 2024. <https://www.civilnet.am/en/news/794182/exclusive-us-confirms-nuclear-pact-with-armenia-under-consideration/> (дата обращения: 22.08.2024).

«Соглашению 123»³⁴ США по гражданской ядерной энергетике. До этого, с армянской стороны говорилось лишь «о сотрудничестве в области ядерной безопасности и обмена технической информацией». А в начале лета 2024 г. секретарь Совета безопасности Армении А. Григорян заявил, что в ядерных вопросах «мяч на стороне США», не уточнив подробностей. Позже заместитель министра энергетики А. Варданян заявил в интервью *CivilNet*, что Армения обратилась к США с просьбой углубить ядерное партнерство, не уточнив, чего добивается Ереван, и не называя «Соглашение 123». Согласно федеральному законодательству Соединенных Штатов, федеральное правительство должно подписать «Соглашение 123», прежде чем оно сможет экспортировать ядерное оборудование или материалы в другие страны.

Таблица 2.
23 страны и две организации, подписавшие «Соглашение 123» с США на 05.12.2022.

Источник: [US Department of State](https://www.state.gov)

Австралия	Индия	МАГАТЭ	РФ	Швейцария
Аргентина	Индонезия	Марокко	СК	Ю. Корея
Бразилия	Казахстан	Мексика	Тайвань	Япония
Вьетнам	Канада	Норвегия	Турция	
<i>ЕвроАтом</i>	Китай	ОАЭ	Украина	

В сообщении *CivilNet* указывалось, что «Согласно информационному бюллетеню Госдепартамента, последний раз обновленному в 2022 году, у США уже есть такие соглашения с 48 странами и территориями, но эти соглашения не охватывают Армению». В Табл. 2. Приводим список подписантов «Соглашения 123» из официального сайта Государственного департамента США по состоянию на 5-ое декабря 2022 г. Как видим, «Соглашение 123» на *двухсторонней* основе США подписали с 23 странами, среди которых находятся Китай, Россия, Япония, Казахстан, Турция и др.³⁵

Однако, помимо этого, подписантами соглашения являются также МАГАТЭ и организация *Евратом*. Отметим, что организация *Евратом* являлась третьей стороной т. н. «Соглашение о всеобъемлющем и расширенном партнерстве между Арменией и ЕС» (СЕРА). Причем, о наличие этой, третьей, стороны договора СЕРА долгое время (с 2013 по 2017 гг.) оставалась неизвестным в Армении – вплоть до ноября 2017 г. и утечки текста договора в канун его подписания и наших публикаций по этой теме³⁶.

Круг этих вопросов, касающихся, в частности, Статьи 42 договора СЕРА о закрытии ААЭС, будет рассмотрен более подробно в нашей статье «Армения и атомная энергетика».

³⁴ Названному так «в честь» Статьи №123 федерального закона США по атомной энергетике 1954 г.

³⁵ В Таблице 3 не отражено «Соглашение 123» с Филиппинами, подписанное в июле 2024 г. О «Соглашении 123» с Японией было сказано выше, а относительно подобных соглашений с Ю. Кореей и ОАЭ мы еще скажем в следующей статье.

³⁶ Марджанян А. А., Армения и энергетический аспект Евразийской интеграции. СоюзИнфо, 22.12.2017. <https://soyuzinfo.am/2017/12/armeniya-i-energeticheskij-aspekt-evrazijskoj-integratsii/> (дата обращения: 18.08.2024).

ИСТОЧНИКИ И ЛИТЕРАТУРА

1. International Atomic Energy Agency. The POWER REACTOR INFORMATION SYSTEM (PRIS). <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>
2. 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>
3. *Handrlica J., Novotna M.*, The Vienna convention on civil liability for nuclear damage. Juridical Tribune, v. 8, Special Issue. October 2018. <https://www.tribunajuridica.eu/arhiva/An8vS/5.%20Handrlica,%20Novotna.pdf>
4. *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>
5. 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>
6. *Hibbs M.*, China Provides Nuclear Reactors to Pakistan. Jane's Intelligence Review. December 30, 2013.
7. *Cohen, Bernard*, The Nuclear Energy Option: An Alternative for the 90's. Springer, January 1, 1990. 348 p. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4899-6002-3>
8. *Nivola P. S.*, "The Political Economy of Nuclear Energy in the United States". The Brookings Institution. *Policy Brief*, #138. Sep., 2004, https://web.archive.org/web/20071103011953/http://www3.brookings.edu/~media/Files/rc/papers/2004/09environment_nivola/pb138.pdf
9. *Di-Christopher Tom*, "The US is losing the nuclear energy export race to China and Russia. Here's the Trump team's plan to turn the tide". MAR 21, 2019. <https://www..com/2019/03/21/trump-aims-to-beat-china-and-russia-in-nuclear-energy-export-race.html>
10. 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>
11. *Yoshida P. G.*, U.S.-Japan Nuclear Cooperation. As of 2018. Sasakawa Peace Foundation, USA. https://spfusa.org/wp-content/uploads/2018/03/123-Agreement-Yoshida-032618.Final_.pdf