

УДК 339.9:621.039

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В ГЛОБАЛИЗИРОВАННОМ МИРЕ

Кайгородцев А.А.

*Восточно-Казахстанский университет им. С. Аманжолова, Усть-Каменогорск,
e-mail: kay-alex@mail.ru*

В статье рассматривается актуальная проблема развития ядерной энергетики в глобализованном мире. Дана характеристика различных сценариев развития мировой энергетики: инерционного, стагнационного, инновационного. В случае реализации инновационного сценария удельный вес ядерной энергетики в первичном потреблении энергии в мире к 2050 г. увеличится в 3,2 раза и составит 13,7%. Атомные электростанции имеют гораздо более высокий коэффициент использования установленной мощности (82,5%), чем солнечные (24,5%) и ветровые (34,8%) электростанции. Проведен SWOT-анализ атомной энергетики. К сильным сторонам данной отрасли относятся: мультипликативный характер развития; длительный жизненный цикл ядерных реакторов; экологическая чистота; повышение надежности атомных электростанций; снижение эксплуатационных издержек. Слабые стороны: радиоактивность; накопление отработавшего ядерного топлива; высокая себестоимость технологических и производственных процессов; зависимость от государственного финансирования. Опасности: реализация инерционного или стагнационного сценариев развития энергетики; возможность аварий на атомных электростанциях; рост потребности в уране; распространение ядерного оружия; значительные объемы капитальных вложений. Возможности: реализация инновационного сценария развития энергетики; ограниченность традиционных ресурсов органического топлива способствует росту производства атомной энергии; развитие технологий; формирование положительного общественного мнения; расширение географии развития отрасли.

Ключевые слова: атомная энергетика, ядерные реакторы, SWOT-анализ, сценарии развития, эффективность

PROBLEMS AND PROSPECTS OF NUCLEAR POWER INDUSTRY DEVELOPMENT ENERGY IN A GLOBALIZED WORLD

Kaygorodtsev A.A.

S. Amanzholov East Kazakhstan University, Ust-Kamenogorsk, e-mail: kay-alex@mail.ru

The article deals with the actual problem of the development of nuclear energy in a globalized world. The article describes various scenarios of the world energy development: inertial, stagnant, innovative. The SWOT analysis of the nuclear power industry was carried out. The strengths of this industry include: the multiplicative nature of development; the long life cycle of nuclear reactors; environmental cleanliness; improving the reliability of nuclear power plants; reducing operating costs. Weaknesses: radioactivity; accumulation of spent nuclear fuel; high cost of technological and production processes; dependence on government funding. Hazards: implementation of inertial or stagnant scenarios of energy development; possibility of accidents at nuclear power plants; increased demand for uranium; proliferation of nuclear weapons; significant amounts of capital investment. Opportunities: implementation of the innovative scenario of energy development; limited traditional resources of organic fuel contributes to the growth of nuclear energy production; development of technologies; formation of a positive public opinion; expansion of the geography of the industry development.

Keywords: nuclear power, nuclear reactors, SWOT analysis, development scenarios, efficiency

По данным Всемирной ядерной ассоциации на сентябрь 2020 г., производство электроэнергии в мире осуществляет 441 ядерный реактор, общая мощность составляет 391,7 ГВт. Осуществляется строительство 53 реакторов суммарной мощностью 59,2 ГВт, в том числе в Китае – 12, в Индии – 7, в России – 4. Запланировано строительство 106 ядерных реакторов суммарной мощностью 113,3 ГВт [1].

Развитие ядерной энергетики способствует обеспечению энергетической независимости государства и устойчивому росту национальной экономики. Таким образом, анализ существующего состояния и определение угроз и дополнительных возможностей развития данной отрасли имеет не только теоретическое, но и практическое

значение. Это свидетельствует об актуальности темы настоящей статьи.

Целью исследования является проведение SWOT-анализа атомной энергетики глобализованного мира.

SWOT-анализ – это метод стратегического планирования, сущность которого состоит в выявлении факторов внутренней и внешней среды социально-экономической системы и подразделении их на четыре группы: сильные стороны, слабые стороны, опасности и возможности.

Материалы и методы исследования

Теоретической и методологической основой исследования послужили произведения ученых, специализирующихся на проблемах ядерной энергетики, таких

как А. Бергер, М.В. Бугаенко, В.В. Иванов, А.В. Путилов, Д.В. Тимохин, В.В. Харитонов, С.С. Хворостянкин, В.Н. Червяков и др., а также материалы Государственной корпорации «Росатом».

Были использованы системный и ситуационный подходы, абстрактно-логический и экономико-статистический методы исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Эксперты International Energy Agency рассматривают три сценария развития мировой энергетики: инерционный, стагнационный и инновационный (табл. 1) [2].

Инерционный сценарий предполагает: рост спроса на все виды ископаемого топлива; увеличение объемов промышленной энергетики в развивающихся странах; замедление развития энергетики в развитых странах; глобальное ухудшение экологической ситуации.

Согласно *стагнационному сценарию* произойдет: переход к информационному обществу; глобальное замедление экономического развития; трансферт технологий в развивающиеся страны, способствующий снижению энергоемкости промышленного производства; управляемое развитие мировой экономики на основе экологической парадигмы вблизи пределов роста индустриальной стадии.

Инновационный сценарий предусматривает: переход развитых стран к постиндустриальной энергетике; снижение энергоемкости промышленного производства в развивающихся странах; комплексное развитие человека на основе прогрессивных технологий.

Изменения в структуре источников энергии, обусловленные реализацией того

или иного сценария развития мировой экономики, иллюстрирует табл. 1.

В 2010 г. объем первичного потребления энергии в мире составил 11,9 млрд т, из которых 82,6% приходилось на нефть, газ и уголь, а удельный вес атомной энергии был равен 5,3%, а доля альтернативной возобновляемой энергии достигла 1,8%.

В 2019 г. доля атомной энергии в мировом потреблении первичной энергии составила 4,3%, в выработке электроэнергии – 10,4%. На атомных электростанциях (АЭС) в мире было произведено 2796 млрд кВт·ч электроэнергии. При этом уровень 2010 г. был впервые превышен после аварии, произошедшей в 2011 г. на Фукусимской АЭС в Японии. Странами – лидерами по объемам генерации энергии на АЭС являются США, Франция, Китай и Россия [3].

В случае реализации *инерционного сценария* в 2030 г. объем глобального первичного потребления энергии увеличится по сравнению с 2010 г. на 36,7% и составит 16,3 млрд т. В последующие 20 лет рост первичного потребления энергии в мире увеличится на 11,6%, достигнув 18,2 млрд т. При этом в 2050 г. удельный вес нефти, газа и угля уменьшится до 76,9%, атомной энергии – до 4,5%, в то время как удельный вес альтернативной возобновляемой энергии увеличится в 5,6 раза (с 1,8 до 10,1%).

Реализация *стагнационного сценария* приведет в 2030 г. к росту первичного потребления энергии в мировом масштабе до 14,3 млрд т (+20,3%), который в последующие 20 лет практически не изменится. При этом доля нефти, газа и угля в 2030 г. сократится до 76,7%, в 2050 г. – до 65,8%, удельный вес атомной энергии уменьшится до 3,6 и 2,4% соответственно, а доля альтернативной возобновляемой энергии увеличится соответственно до 10,4 и 21%.

Таблица 1

Сценарии изменения структуры глобального первичного потребления энергии, %

Виды энергии	2010 г.	Инерционный сценарий		Стагнационный сценарий		Инновационный сценарий	
		2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.	2030 г.	2050 г.
Нефть	32,7	28,3	27,5	31,1	29,1	24,8	16,2
Газ	22,3	24,2	24,8	23,1	24,2	22,4	18,2
Уголь	27,6	28,2	24,6	22,5	12,5	24,0	10,7
Атомная энергия	5,3	4,7	4,5	3,6	2,4	9,1	13,7
Энергия биомассы	5,5	3,7	3,3	4,2	4,2	2,0	1,2
Гидроэнергия	4,8	4,5	5,2	5,1	6,6	5,0	5,6
Альтернативная возобновляемая энергия	1,8	6,4	10,1	10,4	21,0	12,7	34,4
Итого	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. Рассчитано по данным [2, с. 47].

Таблица 2

СВОТ-анализ атомной энергетики

Сильные стороны	Слабые стороны
Мультипликативный характер развития отрасли	Радиоактивность
Жизненный цикл ядерных реакторов составляет 60–80 лет	Накопление использованного ядерного топлива
Является экологически чистой Способствует решению проблемы изменения климата	Высокая себестоимость технологических и производственных процессов
Повышение надежности атомных электростанций (АЭС), снижение эксплуатационных издержек	Зависимость от государственного финансирования
Опасности	Возможности
Реализация инерционного или стагнационного сценариев развития отрасли	Реализация инновационного сценария развития отрасли
Возможность аварий на АЭС, приводящих к экологическим катастрофам	Ограниченность традиционных ресурсов органического топлива обуславливает востребованность ядерной энергетики в долгосрочной перспективе
Существенный рост потребности в природном уране для покрытия прогнозируемого дефицита энергии	Развитие технологий позволяет существенно сократить объем захоронения радиоактивных отходов
Возможность дальнейшего распространения ядерного оружия	Формирование положительного общественного мнения по поводу захоронения радиоактивных отходов
Потребность в значительных объемах капитальных вложений	Увеличение удельного веса АЭС, строящихся в развивающихся странах
Примечание – составлено по данным [5, 6]	

Если же будет реализован *инновационный сценарий*, то в 2030 г. доля атомной энергии увеличится по сравнению с 2010 г. до 9,1%, в 2050 г. – до 13,7%, а удельный вес альтернативной возобновляемой энергии увеличится соответственно до 12,7 и 34,4%, в то время как доля нефти, газа и угля уменьшится до 71,2 и 45,1% соответственно.

Сравнительная характеристика различных источников энергии производится при помощи *коэффициента использования установленной мощности* (КИУМ), который рассчитывается как отношение произведенной за период электроэнергии к максимально возможной выработке за тот же период (если генерирующий объект работает на полной мощности круглосуточно, без остановок).

По данным Всемирной ядерной ассоциации, в 2019 г. средний КИУМ атомных электростанций в мире составил 82,5%, солнечных электростанций – 24,5%, ветровых электростанций – 34,8% [4].

В связи с тем, что ядерная энергетика является наиболее эффективной из альтернативных видов энергетики, для определения состояния и перспектив ее развития был проведен СВОТ-анализ данной отрасли, результаты которого сведены в табл. 2.

К *сильным сторонам* атомной энергетики можно отнести:

1. Мультипликативный характер развития отрасли. Атомная энергетика обе-

спечивает заказами машиностроение, металлургию, материаловедение, геологию, строительный комплекс, сферу информационно-коммуникационных технологий, сферу образования и др. видов экономической деятельности, являясь таким образом драйвером их развития [2].

2. Ядерные реакторы обеспечивают стабильные поставки электроэнергии в течение 60–80 лет.

3. Ядерная энергетика является экологически чистой. Атомная энергия генерирует электричество посредством реакции деления урана, в результате которой происходит выработка тепла без сжигания какого-либо вещества. Таким образом, ядерная энергия является одним из наиболее экологически чистых источников электроэнергии. Развитие атомной энергетики способствует решению проблемы изменения климата, так как эксплуатация ядерных реакторов способствует сокращению выбросов углекислого газа на 2 млрд т в год [7].

4. Повышение надежности атомных электростанций, снижение эксплуатационных издержек. Реализуемые в настоящее время проекты ядерных исследований и разработок направлены на повышение ядерной безопасности, снижение рисков распространения, минимизацию отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и улучшение экономических показателей АЭС [8].

К слабым сторонам развития отрасли относятся:

1. Радиоактивность, которая в процессе эксплуатации ядерных реакторов в значительных объемах передается в окружающую среду (через фильтрованные выбросы в атмосферу или в охлаждающей воде, сбрасываемой в море).

2. Накопление отработавшего ядерного топлива. Ежегодно в мире производится около 10 тыс. т ОЯТ. За время функционирования атомной энергетики в мире было накоплено около 400 тыс. т ОЯТ [9, 10]. При этом общественность скептически относится к вопросу утилизации ядерных отходов.

3. Высокий уровень себестоимости технологических и производственных процессов.

4. Зависимость от государственного финансирования вследствие большой продолжительности производственных и технологических циклов и сроков окупаемости инвестиций [11].

К опасностям и угрозам, с которыми связано развитие атомной энергетики, можно отнести:

1. Реализация инерционного или стагнационного сценариев развития мировой энергетики (табл. 1).

2. Возможность аварий на атомных электростанциях, приводящих к экологическим катастрофам. Подобные аварии в прошлом произошли на АЭС Three Mile Island (штат Пенсильвания США, 1979 г.), Чернобыльской АЭС (СССР, 1986 г.) и японской АЭС «Фукусима-1» (2011 г.).

3. Удвоение потребности в природном уране по сравнению с его разведанными ресурсами для покрытия прогнозируемого глобального дефицита энергии. В настоящее время более 2/3 мирового производства урана приходится на три страны: Казахстан (41%), Канаду (13%), Австралию (12%). Исходя из того, что разведанные запасы урана в мире оцениваются в 6 млн 124 тыс. т, а объем производства урана в 2018 г. составил 53,5 тыс. т, можно сделать вывод о том, что без резкого наращивания мощностей АЭС имеющих запасы урана должно хватить до конца XXI в. [12].

4. Возможность дальнейшего распространения ядерного оружия в мире.

5. Потребность в значительных объемах капитальных вложений. Согласно наиболее оптимистическому сценарию развития отрасли, до конца XXI в. в мире необходимо построить порядка 20 тыс. ядерных реакторов. При этом потребуются инвестиции в размере 300–400 млрд долл. в год [13].

К дополнительным возможностям развития отрасли относятся:

1. Реализация инновационного сценария развития мировой энергетики (табл. 1).

2. В долгосрочной перспективе ограниченность традиционных ресурсов органического топлива будет способствовать росту производства атомной энергии. Прогнозируемый дефицит энергии можно покрыть за счет *бридинга* (размножения, воспроизводства) ядерного топлива: получения плутония-239 из урана-238 (а также урана-233 из тория 232). Благодаря бридингу, энергетические ресурсы ядерной энергетики возрастают более чем в 100 раз [7].

3. Развитие технологий позволяет почти в 20 раз сократить массу захороняемых радиоактивных отходов, а остальную массу ОЯТ использовать для производства нового топлива в замкнутом ядерном топливном цикле. Согласно прогнозам, в период до 2030 г. рынок обращения, переработки и утилизации использованного ядерного топлива будет развиваться со среднегодовыми темпами роста около 6% [7].

4. Информирование общественности о том, что геологические захоронения радиоактивных отходов не несут опасности для жизни и здоровья людей и окружающей среды.

5. Увеличение удельного веса атомных электростанций, строящихся в развивающихся странах, тогда как в настоящее время 90% ядерных энергоблоков и 93% ядерных генерирующих мощностей находятся либо в страхе ОЭСР, либо в странах с переходной экономикой [6].

Выводы

Результаты SWOT-анализа свидетельствуют о наличии у ядерной энергетики не только проблем, но и хороших перспектив развития. Однако для этого необходима реализация инновационного сценария развития мировой энергетики.

Список литературы

1. Атомная энергетика в юбилейный год. Энергетический бюллетень. Вып. 88. Сентябрь 2020. [Электронный ресурс]. URL: https://ac.gov.ru/uploads/2-Publications/energo/energo_sept_2020.pdf (дата обращения: 09.02.2021).
2. Рыкова И.Н., Лесных Ю.Г. Обеспечение безопасности финансовой системы России в условиях трансформации энергетического рынка // Финансовый журнал. 2013. № 3. С. 45–54.
3. Перспективы развития мировой атомной энергетики связаны с климатическими целями // <https://www.eprussia.ru/news/base/2020/3962253.htm> (дата обращения: 09.02.2021).
4. Что такое КИУМ и почему важен его подсчет? [Электронный ресурс]. URL: <https://uza.uz/ru/posts/что-такое-киум-i-pochemu-vazhen-ego-podschet-22-09-2020> (дата обращения: 09.02.2021).

5. Иванов В.В., Путилов А.В. Цифровое будущее: следующий шаг в развитии атомных энергетических технологий // Энергетическая политика. 2017. № 3. С. 31–41.
6. Хворостянкин С.С. Ядерная энергетика и устойчивое развитие в условиях неопределенности // Россия в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения: материалы международного научно-практического форума «Россия в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения». М.: РАН, 2019. С. 166–168.
7. Путилов А.В., Червяков В.Н., Харитонов В.В. Атомная энергетика в глобализующемся мире как фактор устойчивого развития экономики // Россия в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения: материалы международного научно-практического форума «Россия в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения». М.: РАН, 2019. С. 142–144.
8. Nuclear technology review 2016 // www.iaea.org. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iaea.org/sites/default/files/16/08/ntr2016.pdf> (дата обращения: 09.02.2021).
9. Захоронение радиоактивных отходов // www-pub.iaea.org. [Электронный ресурс]. URL: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1449r_Web.pdf (дата обращения: 09.02.2021).
10. Итоги деятельности Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» за 2017 год. Публичный годовой отчет. 187 с.
11. Тимохин Д.В., Бугаенко М.В., Пименова В.О. Научно-технологическое развитие атомной энергетики в России: социально-экономические решения // Россия в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения: материалы международного научно-практического форума «Россия в XXI веке: глобальные вызовы, риски и решения». М.: РАН, 2019. С. 469–471.
12. Когда кончатся нефть и газ, чем мы их заменим? Состояние и перспективы ядерной энергетики. [Электронный ресурс]. URL: <https://tech.onliner.by/2020/02/09/yadernaya-energetika> (дата обращения: 09.02.2021).
13. Berger A. and al. How much can nuclear energy do about global warming? Int. J. Global Energy Issues. 2017. Vol. 40. Nos. 1/2. P. 43–78.