

УДК 338.45:620.9:504.052
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2021

Проблемы и риски возобновляемых источников энергии

Соколов Ю. И.,

Российское научное
общество анализа риска,
121614, Россия, г. Москва,
ул. Крылатские Холмы,
д. 30, к. 4

Аннотация

В статье анализируются проблемы и риски новомодных в XXI в. возобновляемых источников энергии, способных радикально изменить энергетическую картину мира и в определенной степени снизить опасность изменения климата. Однако выработка энергии от ветра обычно доступна 25—35% времени, от солнца — 10—25%.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) сталкиваются с проблемой аккумуляции или же поддерживающих мощностей, которые должны замещать неустойчивую генерацию ВИЭ в момент неизбежных провалов. ВИЭ не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Отказ от углеводородов в ближайшие 30—50 лет выглядит нереалистичным, если страны хотят сохранить свою конкурентоспособность. Рост доли ВИЭ в глобальном энергобалансе — это крайне политизированное явление.

Развитие возобновляемой генерации создает риски для потребителей. Особенно для крупных. Один из этих рисков связан с прерывистым, непостоянным характером возобновляемой генерации, под которой последние годы понимаются в основном солнечные и ветровые электростанции. К тому же чтобы производить больше солнечных батарей, ветровых турбин и аккумуляторов для электромобилей, человечеству потребуется больше специфических ресурсов — редкоземельных металлов. Производство этих металлов небезопасно для экологии. Оно сопряжено с потреблением огромного количества воды и электрической энергии.

ВИЭ, возможно, будут доминировать, но это займет столетия. Спрос уже растет, однако ископаемое топливо будет жить достаточно долго.

Ключевые слова: зеленая энергетика (альтернативная энергетика), ветроэнергетика, солнечная энергетика, гидроэнергетика, биоэнергетика, геотермальная энергетика, водород, энергетическая рентабельность, показатель EROI, традиционная энергетика, редкоземельные металлы, накопители энергии.

Для цитирования: Соколов Ю.И. Проблемы и риски возобновляемых источников энергии // Проблемы анализа риска. Т. 18. 2021. № 4. С. 28—47, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Problems and Risks of Renewable Energy Sources

Yury I. Sokolov,

Russian Scientific Society for
Risk Analysis,
Krylatsky Hills, 30, bldg 4,
Moscow, 121614, Russia

Abstract

The article analyzes the problems and risks of new-fangled renewable energy sources in the 21st century, which can radically change the energy picture of the world and to a certain extent reduce the risk of climate change. However, energy generation from wind is usually available 25—35% of the time, from the sun — 10—25%.

Renewable energy sources (RES) face the problem of accumulating or supporting capacities that should replace the unstable generation of RES at the time of inevitable failures. RES cannot exist without excess reserve capacities on traditional energy carriers that can quickly increase and reduce electricity production. Abandoning hydrocarbons in the next 30—50 years looks unrealistic if countries want to maintain their competitiveness. The growth of the share of RES in the global energy balance is an extremely politicized phenomenon.

The development of renewable generation creates risks for consumers. Especially for large ones. One of these risks is associated with the intermittent, unstable nature of renewable generation, which in recent years has been understood mainly as solar and wind power plants. In addition, to produce more solar panels, wind turbines and batteries for electric vehicles, humanity will need more specific resources — rare earth metals. The production of these metals is unsafe for the environment. It involves the consumption of a huge amount of water and electrical energy.

Renewable energy sources may dominate, but it will take centuries. Demand is already growing, but fossil fuels will live long enough.

Keywords: green energy (alternative energy), wind energy, solar energy, hydropower, bioenergy, geothermal energy, hydrogen, energy profitability, EROI indicator, traditional energy, rare earth metals, energy storage.

For citation: Sokolov Yu.I. Problems and risks of renewable energy sources // Issues of Risk Analysis. Vol. 18. 2021. No. 4. P. 28—47, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2021-18-4-28-47>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Основные виды возобновляемых источников энергии
2. Барьеры для зеленой энергетики
3. Петр Капица и EROI против альтернативной энергетики
4. Риски возобновляемых источников энергии
5. Экология чистой энергии
6. Металлы, от которых зависит возобновляемая энергетика
7. Опыт Германии и Китая в создании возобновляемых источников энергии
8. Проблемы с альтернативной энергетикой в России

Заключение

Литература

Введение

В настоящее время происходит энергетическая трансформация, переход от традиционных источников к возобновляемым, что ставит задачу бесперебойного обеспечения необходимых объемов генерации при одновременном уменьшении стоимости энергии и экологического ущерба от ее использования. При этом замещение источников не должно привести к замедлению экономического роста и к потере накопленного капитала.

В то же время сегодня большинство возобновляемых источников энергии (зеленая или альтернативная энергетика) менее доступны и/или более дорогие, чем ископаемое топливо, их высокие затраты определяются в том числе относительно небольшими значениями энергетической рентабельности, невозможностью постоянного использования и высокой капиталоемкостью.

Энергия является фундаментальным ресурсом экономических систем, и для его поддержания нужен разумный баланс между традиционными и возобновляемыми энергоресурсами [1].

1. Основные виды возобновляемых источников энергии

Ветроэнергетика. Ветроэнергетика преобразует энергию ветра в электрическую с помощью ветрогенератора. Наиболее перспективны для производства энергии прибрежные зоны, потому что скорость ветра в море в среднем на 90% выше, чем на суше. В море, на расстоянии 10–12 км от берега (а иногда и дальше), строятся офшорные ветряные электростанции. Как правило, в год ветряные турбины полностью нагружены от 16 до 57% времени, но в благоприятных морских районах этот показатель может быть и выше.

Ветроэнергетика — абсолютный лидер в общем объеме генерации возобновляемых источников энергии (ВИЭ), если не учитывать гидроэнергетику и ядерную энергетику.

Мощность ветрогенератора зависит от площади, заметаемой лопастями генератора. Например, датские турбины мощностью 3 МВт (V90) имеют общую высоту 115 м и диаметр лопастей 90 м.

Ветряные генераторы практически не потребляют ископаемого топлива. Работа ветрогенератора

мощностью 1 МВт за 20 лет эксплуатации позволяет сэкономить примерно 29 тыс тонн угля или 92 тыс. баррелей нефти.

Солнечная энергетика. Этот вид энергетики преобразует электромагнитное солнечное излучение в электрическую или тепловую энергию. К основным преимуществам солнечной энергии можно отнести доступность и неисчерпаемость, а также безопасность для окружающей среды. В то же время солнечная энергетика зависит от погоды и времени суток.

Солнечные электростанции (СЭС) используют энергию Солнца как напрямую (фотоэлектрические СЭС, работающие на явлении внутреннего фотоэффекта), так и косвенно — используя кинетическую энергию пара.

Гидроэнергетика. На ГЭС используется потенциальная энергия водного потока. ГЭС обычно строят на реках, сооружая плотины и водохранилища. Себестоимость электроэнергии на ГЭС существенно ниже, чем на всех иных видах электростанций. Генераторы ГЭС можно достаточно быстро включать и выключать в зависимости от уровня потребления энергии.

Строительство ГЭС обычно очень капиталоемкое. Часто эффективные ГЭС значительно удалены от потребителей, что создает дополнительные затраты, связанные с передачей электроэнергии.

Водоохранилища занимают значительные территории, изымаемые из сельскохозяйственного оборота. Плотины зачастую меняют характер рыбного хозяйства, поскольку перекрывают путь к нерестилищам проходным рыбам [6].

Биоэнергетика. Эта отрасль энергетики специализируется на производстве энергии из биотоплива. Биотопливо получают из сырья в результате переработки биологических отходов.

Различают три вида биотоплива: твердое — дрова, брикеты, топливные гранулы, щепа, солома, лузга, торф; жидкое — для двигателей внутреннего сгорания (биоэтанол, биометанол, биобутанол, диметиловый эфир, биодизель); газообразное — биогаз, биоводород, метан.

Геотермальная энергетика. Здесь для производства электроэнергии используется тепловая энергия недр земли. Также эта энергия часто применяется

для отопления и горячего водоснабжения. Такой вид энергии чаще всего используется в вулканических зонах.

Объемы устанавливаемых мощностей. С 2012 г. ежегодно более половины устанавливаемых энергетических мощностей приходится именно на ВИЭ. А в 2019 г. достигнуто рекордное значение: по данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (IRENA), 75% всех введенных в строй энергетических мощностей пришлось на зеленую энергетику. Новые данные IRENA показывают, что экологически чистые технологии в настоящее время обеспечивают более трети мировой энергии. Это еще один рекорд. Нестабильность нефтяного рынка усиливает конкурентные позиции возобновляемой энергетики, которая привлекает все большее внимание инвесторов¹.

В то же время Международное энергетическое агентство заявило, что рост мощностей, как ожидается, снизится в 2020 г. на 13% по сравнению с рекордными темпами, установленными в 2019 г. Агентство утверждает, что это первое снижение роста возобновляемой энергетики за последние два

десятилетия. Это замедление связано с пандемией COVID-19, которая задержала запуск и финансирование многих проектов. Но оно также отражает сдвиги в политике, которые имели место до начала пандемии. Например, прекращение субсидий зеленых технологий.

2. Барьеры для зеленой энергетики

Капитальные расходы. Наиболее очевидный — затраты, в частности капитальные, первоначальные затраты на строительство и установку солнечных и ветряных электростанций (табл. 1).

Размещение и передача электроэнергии. Ядерная энергия, уголь и природный газ — централизованные источники, то есть нужно относительно небольшое число электростанций высокой мощности. Ветер и солнечная энергия предлагают децентрализованную модель, в которой небольшие генерирующие станции, расположенные на большой территории, работают вместе. Децентрализация предлагает несколько ключевых преимуществ, в том числе устойчивость сети, но она также создает барьеры: это выбор места и передача.

Таблица 1. Капитальные затраты на производство электроэнергии из различных источников [1]

Table 1. Capital costs of power generation from various sources

Источник или энергия	Номинальная мощность предприятия, Мвт	Удельные капитальные затраты, доллар/кВт	Коэффициент использования мощности, %	Удельные капитальные затраты с учетом коэффициента мощности, доллар/кВт
Природный газ: комбинированный цикл	620	917	90	1019
Уголь: пылеугольное топливо	650	3246	90	3607
Гидроэлектростанция: обычная	500	2936	75	3915
Ядерная энергия	2344	5530	90	6144
Ветер: установка на суше	100	2213	25	8852
Ветер: морская установка (офшор)	400	6230	35	17 800
Солнечная: фотоэлектрическая	150	3873	20	19 365

¹ Ист.: URL: «Дивный зеленый мир»: как чистая энергия изменит мировой порядок? <https://tehnovar.ru/174403-divnyj-zelenyj-mir-kak-chistaja-jenergija-izmenit-mirovoj-porjadok.html>

Выбор места означает необходимость переговоров, контрактов, разрешений на землю, которые могут увеличить затраты и задержать проекты.

Под передачей понимаются линии электропередачи и инфраструктура, необходимые для перемещения электричества от места производства к месту потребления. Затраты на передачу для ветра примерно в три раза превышают затраты на передачу электроэнергии от угля или ядерной энергии [4].

Необходимо построить непропорционально больше линий для ветровой и солнечной энергии, поскольку линии электропередачи необходимо масштабировать не до средней мощности, а до максимальной. Выработка энергии от ветра обычно доступна 25—35% времени, от солнца — 10—25%.

Возобновляемая энергетика и установленное вспомогательное оборудование не обладают таким же уровнем контроля над аспектами энергосети — мощностью тока, амплитудой, как электростанции, работающие на ископаемом топливе. Это требует дополнительных затрат.

Доступность. Самая большая проблема с основной возобновляемой энергией — это прерывистость. Энергия ветра вырабатывается только в ветреную погоду, энергия солнца — только в солнечную. Это создает несколько фундаментальных трудностей, одна из которых — необходимость резервирования энергии, что ведет к дополнительным затратам.

После того как в электрическую сеть добавляется даже небольшой процент солнечной энергетики, необходимы батареи, чтобы сгладить перемены в генерации.

Ископаемое топливо хранить относительно недорого, в то время как затраты на хранение электроэнергии огромны. Они включают в себя как стоимость системы хранения, так и потерю энергии в хранилищах.

Проблемы производства и утилизации. После окончания срока использования ветряные турбины, солнечные панели и накопители не исчезают сами по себе, без каких-либо затрат. Переработка не бесплатная. Очень часто затраты энергии на переработку материалов выше, чем при их добыче в первоначальном виде. Эту проблему необходимо учитывать

при анализе реальной стоимости возобновляемых источников энергии.

Процесс производства ветряных турбин кроме массового использования стали, бетона и других промышленных материалов требует значительного количества токсичных тяжелых металлов, таких как неодим и диспрозий для магнитов. Существует также проблема утилизации ветряных турбин, в частности магнитов и массивных лопастей. Проблема утилизации отходов солнечных панелей также стоит остро — в том числе из-за свинца, кадмия, хрома и других токсичных металлов, которые выделяются, если панели ломаются при утилизации².

Нефть была топливом XX в. — она питала автомобили, войны, экономику и геополитику. Сейчас мир находится в эпицентре энергетического шока, который ускоряет переход к новому порядку. COVID-19 ударил по мировой экономике и принес с собой сильнейшие потрясения на рынок энергоресурсов. Спрос на нефть стремительно упал более чем на 20%, хранилища оказались переполнены, нефть хранили в танкерах в открытом море, а цены рухнули до рекордно низких отметок. Еще пару лет назад нефть стоила 86 долларов, а в марте 2020 г. мир увидел невозможное: за нефть стали даже доплачивать покупателям. Получается, что золотой век нефтяных держав закончился. Компании да и целые страны, зависимые от добычи углеводородов, вынуждены бороться за выживание.

Энергетическая система XXI в. будет лучше, чем во времена нефтяной эпохи, — лучше для здоровья человека, более политически устойчивой и менее экономически нестабильной. Но эти тектонические изменения в энергетической системе сопряжены с большими рисками.

Падение нефтяных цен неизбежно приводит к серьезным кризисам. Сейчас на долю нефтяных стран приходится 8% мирового ВВП, а проживают в них почти 900 млн человек. По мере сокращения спроса на нефть они столкнутся с ожесточенной борьбой за долю рынка.

При решительных действиях возобновляемые источники энергии, такие как солнечная и ветровая, могут вырасти с текущей доли в 5% до 25% в 2035 г.

² Истр.: URL: <https://journal.tinkoff.ru/green-energy/>

и почти до 50% к 2050 г.³ Прогнозируется, что использование нефти и угля значительно снизится, хотя более чистый природный газ будет занимать важное место в мировой энергосистеме.

Все вроде бы складывается в пользу развития ВИЭ. Прогресс не остановить, это эволюция, и выживет здесь лишь тот, кто сможет приспособиться к новым условиям, остальные погибнут. И вслед за переходом к чистой энергии очень сильно изменится и геополитическая карта мира.

В то же время не все так однозначно, и, вероятно, «дивный зеленый мир» не наступит завтра. Например, ежегодные инвестиции в ветряные и солнечные электростанции должны составлять около 750 млрд долларов, что в три раза превышает текущий уровень.

С 2000 по 2019 г. число государств, где действуют проекты возобновляемой энергетики, выросло более чем вдвое (до 91 страны), а мощности увеличились в 37 раз. Таким образом, с одной стороны, можно наблюдать все более активное использование ВИЭ и их повсеместную поддержку, а с другой — процессы, говорящие о долговременном сохранении традиционной энергетикой своих позиций.

Большинство ВИЭ не могут давать энергию столь же регулярно, как традиционные: в некоторые периоды ветер не дует, а солнце не светит, реки пересыхают. Поскольку на рынке электроэнергии предложение должно соответствовать спросу, указанная особенность становится проблемой, так как большинство видов возобновляемой энергии не обеспечивает выполнение данного требования.

3. Петр Капица и EROI против альтернативной энергетики

3.1. Петр Капица о бесперспективности альтернативной энергетики

Петр Леонидович Капица — выдающийся советский физик, инженер и инноватор, лауреат Нобелевской премии по физике (1894—1984).

Соображения академика П.Л. Капицы сводятся к следующему: какой бы источник энергии ни рассматривался, его можно охарактеризовать двумя параметрами: плотностью энергии — то есть ее коли-

чеством в единице объема — и скоростью ее передачи (распространения). Произведение этих величин есть максимальная мощность, которую можно получить с единицы поверхности, используя энергию данного вида.

8 октября 1975 г. на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, академик Петр Леонидович Капица, удостоенный тремя годами позже Нобелевской премии по физике, сделал концептуальный доклад, в котором, исходя из базовых физических принципов, по существу заявил о бесперспективности альтернативной энергии, за исключением управляемого термоядерного синтеза.

Основным аргументом, который использовал П. Капица в своем докладе о возможностях альтернативной энергетики, был отнюдь не экономический подход, но соображения физического характера. Главным его возражением против безудержного увлечения модными уже тогда, сорок лет назад, концепциями «бесплатной и экологически чистой альтернативной энергетики» было очевидное ограничение, которое не разрешено и по сей день: ни один из альтернативных источников энергии, будь то солнечные батареи, ветряные электростанции или же водородные топливные элементы, так и не достиг плотностей энергии и мощности, которые обеспечиваются таким ископаемым топливом, как уголь, нефть и газ, или же атомной энергетикой [2].

Физический характер — вне зависимости от государственного строя или выбранной в стране идеологии любой экономике приходится в той или иной степени базироваться именно на физических законах окружающего нас мира. Усилия ученых или инженеров могут достаточно близко приблизить нас к теоретическому физическому пределу той или иной технологии, но, увы, абсолютно бесполезны в попытке перепрыгнуть через такого рода ограничитель.

Так, например, лимитирующей константой для солнечной энергетики является так называемая солнечная постоянная, которая составляет 1367 Вт на квадратный метр на орбите нашей Земли. К сожалению, этот «орбитальный киловатт» совершенно недоступен для нас, обитающих на земной поверхности. На количестве достигающей поверхности Земли солнечной энергии сказывается масса факто-

³ Ист.: URL: <https://cont.ws/@id182936123/1799340>

ров: погода, общая прозрачность атмосферы, облака и туман, высота Солнца над горизонтом. Но что самое главное — вращение нашей планеты вокруг своей оси, которое сразу же уменьшает доступную энергию солнечной постоянной практически вдвое: ночью Солнце находится ниже линии горизонта. В итоге нам, жителям Земли, приходится довольствоваться максимум десятой частью орбитальной солнечной постоянной.

Как отмечал П. Капица, на уровне моря, с учетом потерь в атмосфере, реально человек может использовать поток в 100—200 Вт/м². Чтобы покрыть только бытовые потребности одного современного домохозяйства, нужен преобразователь площадью не менее 40—50 м². А для того, чтобы заменить солнечной энергией источники ископаемого топлива, нужно построить вдоль всей сухопутной части экватора сплошную полосу солнечных батарей шириной 50—60 км. Совершенно очевидно, что подобный проект в обозримом будущем не может быть реализован ни по техническим, ни по финансовым, ни по политическим причинам.

Так, последовательно оценивая ветровую, геотермальную, волновую энергетику и гидроэнергетику, П. Капица доказывал, что все эти на взгляд дилетанта вполне перспективные источники никогда не смогут составить серьезную конкуренцию ископаемому топливу. Наибольшие надежды Петр Капица связывал с термоядерной энергетикой. Однако за прошедшие годы, несмотря на гигантские усилия ученых разных стран, проблема управляемого термояда не только не была решена, но со временем понимание сложности проблемы, скорее, только выросло.

3.2. Оценка энергетической рентабельности традиционной и альтернативной энергетики через показатель EROI

Углеводороды являются главным источником энергии, и без них наша цивилизация не сформировалась бы в нынешнем виде. Чтобы определить эффективность извлечения энергии из углеводородов и других источников, выведен единый коэффициент — EROI.

EROI (*energy return on investment* — соотношение полученной энергии к затраченной, энергетическая рентабельность) в физике, экономической и эко-

логической энергетике — отношение количества пригодной к использованию (полезной) энергии, полученной из определенного источника энергии (ресурса), к количеству энергии, затраченной на получение этого энергетического ресурса. Если для некоторого ресурса показатель EROI меньше или равен единице, то такой ресурс превращается в «поглотитель» энергии и больше не может быть использован как первичный источник энергии⁴.

С помощью EROI можно наиболее точно оценить перспективы источника энергии в отличие от чисто теоретического КПД или скачущей от страны к стране цене 1 кВт/ч. Например, EROI 20:1 для некоего вида топлива значит, что с каждого затраченного кВт/ч можно выработать 20 кВт/ч.

Методологическим анализом исследователи определили энергетический порог EROI. EROI должен быть не меньше 8, чтобы наша цивилизация не начала деградировать из-за нехватки энергии и ресурсов. Энергетическая рентабельность различных видов топлива отражена в табл. 2.

Таблица 2. Энергетическая рентабельность (EROI) различных видов топлива [1]

Table 2. Energy profitability (EROI) of various fuels

Источник энергии	EROI
Нефть (мировое производство)	35
Природный газ	10
Уголь	80
Сланцевая нефть	5
Ядерная	5—15
Гидроэнергетика	>100
Ветер	18
Фотоэлектрические элементы	6,8
Этанол (сахарный тростник)	0,8—10
Этанол (на основе кукурузы)	0,8—1,6
Биодизель	1,3

⁴ Ист.: URL: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/481764>

К традиционным относятся уголь, газ, нефть, гидроэнергетика и атомная энергетика.

Угольные электростанции энергетически окупаются за два месяца. То есть это сумма тепловой и электрической энергии, которая вырабатывает электростанция, эта энергия не всегда может быть полезно использована человеком. EROI составляет 30 единиц⁵.

По сути это значит, что за жизненный цикл тепловой угольной электростанции, единожды построенной с затратами на ее работу, ремонт, модернизацию в течение 50 лет, включая добычу и поставку угля и вывод ее из эксплуатации, вырабатывается столько полезной энергии, сколько хватит на строительство еще 30 угольных ТЭЦ.

Газовая ТЭЦ энергетически окупается за 9 дней! Теплота сгорания природного газа в 1,5 раза больше теплоты сгорания угля. Такой маленький срок энергетической окупаемости связан с общим производством тепловой и электрической энергии. EROI составляет 28 единиц. Срок «жизни» газовых ТЭЦ составляет 35 лет, с учетом аналогичных с угольной ТЭЦ затрат. Следовательно, в течение жизненного цикла газовая ТЭЦ производит столько полезной энергии, сколько хватит для строительства и запуска еще 28 газовых ТЭЦ.

Гидроэнергетические станции — традиционные возобновляемые источники энергии. Это уникальные, мощные сооружения со сроком эксплуатации 100 лет. Срок энергетической окупаемости составляет 2 года, а EROI — 50 единиц. Этот вид электростанций — экологически чистый и мощный источник возобновляемой энергии.

Современные атомные электростанции, исправно работая, не выбрасывают загрязняющих веществ в атмосферу. Типовая атомная станция энергетически окупается за два месяца. При сроке эксплуатации в 60 лет ее EROI составляет 75.

Атомная станция замкнутого топливного цикла — дальнейшая эволюция в использовании атомной энергии. Ранее отработанное топливо, которое хранили в ядерных могильниках, теперь возможно переработать и снова использовать в атомных ре-

акторах. Таким образом, при замкнутом топливном цикле EROI атомной станции будет 105. А в атомных реакторах на быстрых нейтронах в замкнутом топливном цикле EROI достигнет 150 и более единиц. Таким образом, традиционная энергетика имеет высокий EROI.

EROI зеленой (альтернативной) энергии — вот где пока все действительно не очень весело. Проблема возобновляемых источников энергии заключается в их жесткой привязанности к местности. Солнечные станции лучше работают недалеко от экватора, ветряные — на морском побережье, геотермальные — в зонах вулканической активности. При этом выработка на солнечных панелях прекращается ночью и сильно снижается зимой, ветряки отключают на период миграции птиц, а геотермальные станции хоть и эффективны, но их мощность чрезвычайно мала.

В теории ветряная энергия может быть очень дешевой и малозатратной в плане освоения, но пока один из самых лучших немецких морских (офшорных) комплексов при установленной мощности 200 МВт дает EROI равным 16. И хотя на ветер приходится более 21% немецкой выработки, отрасль пребывает в стагнации — темп строительства новых ветряков за год упал на 80%, а мощность строящихся станций в 26 раз ниже теоретического годового прироста, который считается необходимым для стабильного замещения ископаемого топлива энергией ветра.

Физика, экономика энергии и просто реалии жизни дают понять, что в обозримом будущем места для «новой энергетической экономики» нет. В недавнем отчете Манхэттенского института «Новая энергетическая экономика: упражнение в магическом мышлении» приводится ряд доказательств этой точки зрения.

1. Углеводороды обеспечивают более 80% мировой энергии.

2. Солнце и ветер сегодня обеспечивают менее 2% объемов мировой энергии.

3. Когда 4 млрд бедных людей в мире увеличат потребление энергии до одной трети европейского уровня на душу населения, мировой спрос вырастет на величину, которая будет вдвое больше общего объема потребления Америки.

⁵ Ист.: URL: <https://zen.yandex.ru/media/dbk/kakova-effektivnost-tradicionnoi-energetiki-5ddcfac6c428f7920c2de1c>

4. К 2040 г. увеличение в 100 раз количества электромобилей до 400 млн приведет к снижению мирового спроса на нефть лишь на 5%.

5. Чтобы заменить производство электроэнергии на основе углеводородов в США в течение следующих 30 лет, нужна будет программа строительства, которая позволит создать энергосистему в 14 раз быстрее, чем когда-либо в истории.

6. В целях безопасности и надежности в хранилищах страны должны оставаться запасы углеводородов, которые могли бы обеспечивать необходимые потребности страны в течение 2 месяцев. Сегодня все батареи общего назначения и аккумуляторы 1 млн электромобилей в США способны обеспечить только 2 часа национального спроса на электроэнергию.

7. За 30 лет установки по выработке солнечной или ветровой энергии на сумму 1 млн долларов дают 40 млн и 55 млн кВт/ч соответственно. Скважины той же стоимостью, производящие сланцевую добычу нефти и газа, вырабатывают объем природного газа, способного дать 300 млн кВт/ч за 30 лет.

8. Строительство одной скважины на нефтяном или газовом месторождении или двух ветряных турбин стоит примерно одинаково: последние производят 0,7 баррелей нефти в час (эквивалентность энергии), скважина на месторождении сланцевого газа добывает 10 баррелей нефти в час.

9. Хранение барреля нефти или его эквивалента в природном газе обходится менее чем в полдоллара, а хранение эквивалентной энергии барреля нефти в батареях обходится в 200 долларов.

10. Для создания аккумуляторов потребуется перерабатывать намного больше гигатонн земли, чтобы получить доступ к литию, меди, никелю, графиту, редкоземельным элементам, кобальту и т. д., и использовать миллионы тонн нефти и угля для добычи и для производства металла и бетона⁶.

4. Риски возобновляемых источников энергии

Если мир не проявит осторожность, возобновляемые источники энергии могут стать столь же разрушительными, как ископаемое топливо. Для человека, который считает, что электричество берется из розетки, не существует разницы между электричеством, полученным на ГЭС, на ТЭЦ или на ВИЭ. Но с инженерной, технической и экономической точки зрения разница между этими видами генерации — беспредельно огромная. А солнечная батарея дает ток в полдень, в то время как потребителю надо зажечь лампочки в доме с приходом темноты [5].

В силу этого ВИЭ сталкиваются с проблемой аккумуляции или же поддерживающих мощностей, которые должны замещать неустойчивую генерацию ВИЭ в момент неизбежных провалов. Аккумулирующие мощности отнюдь не бесплатны, и их создание и расходы на эксплуатацию надо учитывать в стоимости энергии, получаемой с ВИЭ. В противном же случае, если энергетическая программа развития не учитывает аккумулярующие мощности, их надо замещать поддерживающей генерацией. В случае Германии это природный газ (кстати, в основном российского происхождения) и местный бурый уголь.

Уголь даже в Европе не собирается сдавать позиции как раз из-за высокого EROI порядка 30:1.

Теоретический вариант полного отказа человечества от ископаемого топлива потребует порядка 50 трлн долларов инвестиций за 10 лет, заявил глава Роснефти Игорь Сечин, выступая в рамках XIII Евразийского экономического форума в октябре 2020 г. «Достижение цели по нулевым чистым выбросам, по оценке МЭА, в ближайшие 10 лет потребует не менее 28 трлн долларов инвестиций, а теоретический вариант полного отказа человечества от ископаемых топлив потребует порядка 50 трлн долларов инвестиций за этот же период, что втрое превышает годовой ВВП ЕС», — сказал он. По его словам, при отказе от использования традиционного ископаемого топлива не нужно заботиться о возможном дефиците металлов, необходимых для производства оборудования и, напри-

⁶ Ист.: URL: <https://zen.yandex.ru/media/dbk/kakova-effektivnost-tradicionnoi-energetiki-5ddcfac6c428f7920c2de1c>

мер, аккумуляторов для хранения энергии, произведенной на солнечных и ветровых станциях.

Отказ от углеводородов в ближайшие 30—50 лет выглядит нереалистичным, если страны хотят сохранить свою конкурентоспособность, заявил президент России Владимир Путин, выступая на пленарной сессии дискуссионного клуба «Валдай» 22 октября 2020 г. И это мнение подкреплено европейским опытом последних лет.

Вряд ли президент нашей страны всерьез надеется словесными интервенциями победить мощную «зеленую волну», которая вроде как накрывает весь мир. Вероятно, за этими словами стоит более глубокое понимание ситуации, складывающейся в мировом ТЭКе.

Европейский союз в конце прошлого года объявил о намерениях стать климатически нейтральным к 2050 г. В широком смысле это заявление трактуется как план отказа от углеводородного сырья. Подобные заявления сделало и руководство Японии. Но на текущем уровне развития технологий достичь «климатической нейтральности», мягко говоря, проблематично. Если, конечно, говорить о реальном отказе от нефти, газа и угля, а не об очередной системе торговли квотами.

Рост доли возобновляемых источников энергии в глобальном энергобалансе — это крайне политизированное явление, сопровождающееся массой споров о перспективах мировой энергетики.

Во-первых, потому что развитие ВИЭ — вопрос не просто денег, а очень больших денег.

Во-вторых, развитие возобновляемой генерации создает риски для потребителей. Особенно для крупных. Один из этих рисков связан с прерывистым, непостоянным характером возобновляемой генерации, под которой последние годы понимаются в основном солнечные и ветровые электростанции. По какой-то странной причине солнце светит только когда светло, а электричество людям необходимо и в темное время суток. Ветер тоже не подчиняется нашей воле, поэтому он дует произвольно, а не когда это нужно потребителям.

Столь удручающее непостоянство приводит к тому, что коэффициенты использования установленной мощности ВИЭ-электростанцийкратно

ниже, чем у традиционных электростанций даже в энергосистемах, где возобновляемые имеют приоритетный доступ к сетям.

Казалось бы, в чем проблема: постройтекратно больше ветровых и солнечных электростанций. Но тут мы приходим к сложности, с которой уже столкнулась Европа: сначала солнечными и ветровыми электростанциями застраиваются наиболее эффективные площади, но чем дальше, тем меньше отдачи вы получаете от новых электростанций. Сейчас эта проблема решается освоением водоемов. К примеру, в ЕС массово строятся прибрежные ветроэлектростанции. Но и этот путь ведет в тот же тупик.

Зима 2021 г. нанесла сильный удар по позициям сторонников идеи «зеленого поворота», которые еще недавно утверждали, что совсем скоро человечество сможет отказаться от использования углеродных ресурсов и перейти к снабжению только за счет возобновляемых и альтернативных источников энергии. Европу завалило снегом, и замерзли даже голландские каналы, которые мы такими видели только на картинах малых голландцев XVI в. А тут еще Гольфстрим ослабевает, что может означать изменение климата в Европе: усиление жары и уменьшение количества осадков летом и учащение зимних экстремальных погодных явлений, связанных с приходом на континент атлантических штормов⁷.

В Германии 30 тыс. ветротурбин вместо выработки электричества перешли в режим собственного обогрева, и для возвращения к нормальной жизни населения пришлось задействовать угольные станции, которые были загружены на 100% расчетной мощности. Вертолеты, поднятые по тревоге, поливали антиобледенительной смесью лопасти ветряных электрогенераторов.

В северной Швеции, которую многие считают примером по внедрению альтернативной энергетики, для бесперебойного обеспечения населения электричеством пришлось запустить мазутные электрогенераторы.

Замерзающий Техас показал ненадежность «зеленой» энергии: ветряки просто стали замерзать и вставать наглухо. В Техасе более 30 человек поги-

⁷ Ист.: URL: <https://ria.ru/20210225/golfstrim-1598932547.html>

бли и более 4 млн остались без электричества из-за резкого похолодания, осложнившего работу генерирующих предприятий, а также вызвавшего рост нагрузки на электросеть. Электричество оптом подорожало в 35 раз за 48 часов.

Оказывается, что в эпоху глобального потепления зеленая энергетика замерзает на ходу и без помощи «грязных машин на нефти» не работает⁸.

В Германии сообщают, что на фоне сильных морозов вклад солнечной и ветряной генерации упал практически до нуля. А Германия в последнее время претендовала на звание мировой столицы ветра и солнца. Страну спасают «грязные» угольные электростанции, против которых выступает немецкая политика.

Миллионы солнечных панелей покрылись льдом и снегом, а 30 тыс. ветротурбин практически в одночасье перестали вырабатывать электроэнергию и работали только на самообеспечение, подогревая внутренние механизмы для предотвращения обледенения агрегатов⁹.

Суровая зима этого года может внести коррективы в планы многих стран по переходу на возобновляемые источники энергии (ВИЭ). В условиях сильнейших холодов доля генерации на ВИЭ резко сократилась.

В энергобалансе Германии на долю ВИЭ приходилось около половины генерации. Зимой 2021 г. она сократилась до 20%, причем часть этой энергии используется для обогрева ветряков. Сами по себе природные явления могут нанести урон и обнулить выработку энергии от ВИЭ.

Задача ближайших лет будет заключаться в том, чтобы найти правильный баланс между различными источниками энергии и обеспечить надежные потоки энергии, когда солнце не светит, а ветер не дует.

По сути, сейчас ВИЭ не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Сторонники полного перехода на ВИЭ обычно в та-

ких ситуациях обещают скорые прорывы в области накопителей электроэнергии. Обещания звучат на протяжении многих лет, но прорывов все нет.

ЕС принял концепцию водородной энергетики, которую он представил летом 2020 г. Ее суть при максимально возможном упрощении без потери смысла заключается в том, чтобы направить избыточные мощности ВИЭ-генерации на производство водорода из воды. Водород становится и средством накопления энергии, и энергоносителем, играющим самостоятельную роль на рынке. Достаточно показательны цели Германии: она планирует к 2030 г. производить из 20 ТВт/ч зеленой электроэнергии не менее 14 ТВт/ч «зеленого» водорода (довольно скромный объем).

В октябре 2020 г. Правительство РФ утвердило план мероприятий по развитию водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г. В число задач программы входят увеличение производства и расширение сферы применения водорода в качестве экологически чистого энергоносителя, а также вхождение страны в число мировых лидеров по его производству и экспорту.

К основным достоинствам водородных топливных элементов относятся их высокий КПД, достигающий 50 и даже 70. Кроме того, топливные элементы легче и меньше аккумуляторов аналогичной мощности, что делает привлекательным их использование на транспорте. Но высокий КПД достигим лишь при использовании в качестве топлива чистого водорода, производство которого также требует энергозатрат. В результате конечный КПД энергетического цикла снижается до 22. Для сравнения, КПД электромобиля с обычными литиевыми аккумуляторами составил 73%.

Главным недостатком топливных элементов называют их относительную дороговизну: для их изготовления необходимы сложные технологические операции и дорогостоящие катализаторы (главным образом металлы платиновой группы)¹⁰.

5. Экология чистой энергии

В последние месяцы вновь разгорелась дискуссия об изменении климата. Под влиянием школьных климатических забастовок и социальных движений,

⁸ Ист.: URL: <https://yandex.ru/turbo/vz.ru/s/opinions/2021/2/24/1085658.html>

⁹ Ист.: URL: <https://newizv.ru/news/economy/15-02-2021/opроверzhenie-feyka-zelenaya-energetika-evropy-otnyud-ne-upalado-nulya>

¹⁰ Ист.: URL: https://www.ng.ru/energy/2020-11-09/12_8009_russia.html

таких как «Восстание против вымирания», ряд правительств объявили чрезвычайную климатическую ситуацию, и прогрессивные политические партии наконец-то планируют быстрый переход к экологически чистой энергии под знаменем «зеленого нового курса».

Словосочетание «чистая энергия» обычно вызывает в воображении светлые, чистые образы теплого солнца и свежего ветра. Но если солнечный свет и ветер очевидно чисты, то инфраструктура, нужная для их использования, нет. Переход на возобновляемые источники энергии требует резкого увеличения добычи металлов и редкоземельных минералов с реальными экологическими и социальными издержками.

В 2017 г. Всемирный банк выпустил отчет, в котором впервые был представлен всесторонний взгляд на этот вопрос. Он моделирует увеличение добычи материалов, которое потребуется для строительства потребного количества солнечных и ветровых электростанций, чтобы к 2050 г., производить около 7 тераватт электроэнергии в год. Этого достаточно, чтобы обеспечить электроэнергией примерно половину мировой экономики. Удвоив показатели Всемирного банка, мы можем оценить, что потребуется для того, чтобы полностью сократить выбросы до нуля, и результаты ошеломляют: 34 млн метрических тонн меди, 40 млн тонн свинца, 50 млн тонн цинка, 162 млн тонн алюминия и не менее 4,8 млрд тонн железа¹¹.

В некоторых случаях переход на возобновляемые источники энергии потребует значительного увеличения существующих уровней добычи. Для неодима — важнейшего элемента ветряных турбин — добыча должна возрасти почти на 35% по сравнению с нынешними уровнями. Максимальные оценки, представленные Всемирным банком, предполагают, что она может удвоиться.

То же самое относится и к серебру, которое имеет решающее значение для солнечных батарей. Добыча серебра вырастет на 38%, а возможно, и на 105%. Спрос на индий, также необходимый для солнечной технологии, увеличится более чем в три раза, но может резко вырасти на 920%.

И затем есть еще все эти батареи, которые нам понадобятся для хранения энергии. Чтобы поддерживать подачу энергии, когда солнце не светит, а ветер не дует, потребуются огромные батареи на уровне сети. Это означает 40 млн тонн лития, увеличение добычи на ошеломляющие 2700% по сравнению с нынешним уровнем.

Это только электроэнергия. Нам также надо подумать о транспортных средствах. В этом году группа ведущих британских ученых направила письмо в Комитет по изменению климата Великобритании с изложением своей озабоченности по поводу экологического воздействия электромобилей. Конечно, они согласны с тем, что нам необходимо прекратить продажу и использование двигателей внутреннего сгорания. Но они отметили, что, если привычки потребления не изменятся, замена прогнозируемого в мире парка из 2 млрд автомобилей потребует взрывного увеличения добычи: глобальная ежегодная добыча неодима и диспрозия вырастет еще на 70%, ежегодная добыча меди — более чем в два раза, а добыча кобальта должна будет увеличиться почти в четыре раза — и это для всего периода с настоящего времени до 2050 г.

Вопрос не в том, что у нас кончатся основные полезные ископаемые, хотя это действительно может стать проблемой. Реальная проблема заключается в том, что усугубится уже существующий кризис чрезмерной добычи. Добыча полезных ископаемых стала одним из главных факторов обезлесения, разрушения экосистем и утраты биоразнообразия во всем мире. По оценкам экологов, даже при нынешних темпах глобального использования материалов мы превышаем «устойчивые уровни» на 82%.

Литий — еще одна экологическая катастрофа. Для производства одной тонны лития требуется 500 тыс. галлонов воды. Даже на нынешних уровнях добычи это вызывает проблемы. В Андах, где находится большая часть лития в мире, горнодобывающие компании используют все грунтовые воды и не оставляют фермерам ничего для орошения своих культур. У многих из них не было иного выбора, кроме как полностью отказаться от своей земли. Тем временем химические утечки из литиевых шахт отравили реки от Чили до Аргентины, Невады и Тибета, уничтожив целые пресноводные экосистемы. А литиевый бум едва начался.

¹¹ Ист.: URL: <https://dp73.spb.ru/news-74596-gryaznaya-storona-chistoj-energii.htm>

И все это только для того, чтобы обеспечивать энергией существующую мировую экономику. Ситуация становится еще более экстремальной, когда мы начинаем учитывать рост. Поскольку спрос на энергию продолжает расти, добыча материалов для возобновляемых источников энергии становится все более агрессивной — и чем выше темпы ее роста, тем мрачнее перспективы.

Важно помнить, что большинство ключевых материалов для перехода энергии находятся на глобальном «Юге». Части Латинской Америки, Африки и Азии, вероятно, станут ареной новой борьбы за ресурсы, а некоторые страны могут стать жертвами новых форм колонизации. Это произошло в XVII и XVIII вв. с охотой на золото и серебро из Южной Америки. В XIX в. это была земля для хлопковых и сахарных плантаций на Карибах. В XX в. это были алмазы из Южной Африки, кобальт из Конго и нефть с Ближнего Востока. Нетрудно представить, что борьба за возобновляемые источники энергии может привести к такому же насилию.

Некоторые надеются, что ядерная энергетика поможет нам обойти эти проблемы, и, безусловно, она должна быть частью решения. Но ядерная энергетика имеет свои ограничения. С одной стороны, для строительства и запуска новых электростанций требуется так много времени, что они могут сыграть лишь небольшую роль в достижении нулевых выбросов к середине столетия.

6. Металлы, от которых зависит возобновляемая энергетика

Чтобы производить больше солнечных батарей, ветровых турбин и аккумуляторов для электромобилей, человечеству потребуется больше специфических ресурсов.

Например, неодим, редкоземельный металл сербристого цвета, используется для создания мощных магнитов для ветряков и двигателей электромобилей. Вопреки названию, этот металл не так уж и редок, однако 85% его мировых поставок контролирует Китай. В других странах есть несколько шахт по добыче неодима, но даже отсюда его зачастую отправляют на переработку в Поднебесную. По мнению ученых, чтобы сделать поставки этого

металла устойчивыми, необходимо вложиться в новые проекты по разведке месторождений.

Немного иначе выглядит ситуация с медью. Этот металл широко распространен, но люди в основном продолжают эксплуатировать месторождения, открытые еще в XIX в. Поиск новых неглубоких залежей и получение разрешений на добычу отнимает у компаний годы. А ведь медные проводники — основа почти всех ВИЭ.

Одним из ключевых элементов чистой энергетики считаются накопители энергии, которые позволят обеспечить бесперебойное снабжение электричеством, когда не дует ветер и не светит солнце. Для их производства необходимы литий и кобальт.

Ключевыми производителями лития сегодня остаются Австралия и страны Южной Америки.

Вот поставки кобальта из Демократической Республики Конго, скорее всего, заменить не удастся. В прошлом году из этой бедной африканской страны поступило 70% мирового кобальта.

На долю КНР приходилось 86% мирового производства редкоземельных минералов (РЗМ).

Как и в случае всей горной промышленности, добыча редкоземельных металлов оказывает воздействие на окружающую среду, включая изменения ландшафтов, почв и местного гидрографического режима. Воздействия различаются в зависимости от типа депозита. Экологическая специфика извлечения редкоземельных элементов по сравнению с другими металлами обусловлена присутствием в так называемых каменных отложениях тория и урана, которые могут вызвать радиоактивное загрязнение.

Страны Евросоюза достигли единого соглашения о развитии возобновляемых источников энергии. В декабре 2017 г. они подписали директиву о намерении довести к 2030 г. долю энергии, получаемой из возобновляемых источников, до уровня 27% от общего объема потребления.

В отличие от своих европейских коллег, президент США объявил о выходе Соединенных Штатов из Парижского соглашения по климату и полностью прекратил поддержку возобновляемых источников энергии.

Число сторонников позиции президента США в мире довольно велико, и тому есть немало объяс-

нений. Во-первых, в связи с переходом на альтернативную энергетику остро встает вопрос обеспечения стран-производителей необходимым для этого сырьем. Европейские государства практически не имеют собственных месторождений редкоземельных элементов (РЗМ), необходимых для функционирования ветрогенераторов и солнечных батарей, и испытывают в них острую потребность. Этот рынок сегодня практически монополизировал Китай. Не исключено, что уже в среднесрочной перспективе стихшие в последнее время разговоры об энергозависимости Европы от России сменят свой вектор. И исполнительным органам управления в Евросоюзе придется думать прежде всего о том, как снизить зависимость от импорта китайских редкоземельных металлов, которая резко возросла именно благодаря бурному развитию зеленой энергетики.

Во-вторых, использование установок, генерирующих альтернативную энергию, также ведет к многочисленным экологическим проблемам. Таким как гибель почв, растительности и фауны. Правда, возникают они по большей части не там, где работают ВИЭ, а на тех территориях, где добываются необходимые для этого редкоземельные металлы.

Производство РЗМ небезопасно для экологии. Оно сопряжено с потреблением огромного количества воды и электрической энергии. Кроме того, по подсчетам экспертов, ежегодно добывающие предприятия Северного Китая сбрасывают без очистки около 10 млн тонн высоко кислотных и радиоактивных вод, а получение 1 тонны концентрата РЗМ ведет к образованию примерно такого же количества радиоактивных отходов¹².

Существенные объемы драгметалла содержатся в крупных серебряно-цинковых аккумуляторах, которые способны отдавать в нагрузку большие токи. Однако такие аккумуляторы применяются в основном в космической, авиационной и военной промышленности, где проблематично организовать сбор отработавших элементов для переработки. Когда взрывается американская крылатая ракета «Томагавк», в воздухе рассеивается 16 кг серебра.

Солнечные батареи считаются источниками зеленой энергии. Однако на темное время для запасаения энергии они используют аккумуляторы, содержащие литий и кобальт, которые до сих пор не умеют безотходно перерабатывать.

Литий — наиболее легкий металл, третий элемент таблицы Менделеева, используемый в производстве всех аккумуляторных батарей для современных мобильных телефонов, портативных компьютеров и электромобилей. При неправильной эксплуатации литий, содержащийся в аккумуляторах, может попасть в атмосферу, а также самопроизвольно вступать в реакцию с кислородом в воздухе и воспламеняться.

Вопрос переработки с последующим использованием лития стоит довольно остро: если в 2011 г., по данным Геологической службы США, на источники тока расходовалось 27% добытого лития (при этом на первом месте было производство керамики и стекла — 29%), то в 2017 г. на производство батарей и аккумуляторов ушло уже 46% всего металла. С ростом индустрии электромобилей эти показатели продолжают расти¹³.

Кобальта на планете меньше — около 7 млн тонн, а добывать его сложнее: он почти не разрабатывается в чистом виде, а все месторождения содержат его в виде примесей к меди, никелю, мышьяку или серебру. На сегодняшний день 63% этого металла добывается в Демократической Республике Конго.

По данным Международного энергетического агентства, к 2040 г. число электромобилей в мире вырастет примерно до 40 млн. Если учитывать, что на один аккумулятор для электромобиля уходит около 20 кг кобальта, то лишь на эту сферу уйдет 800 000 тонн металла. Сколько будет произведено к этому времени смартфонов и другой вычислительной техники, даже приблизительно трудно предсказать.

По прогнозам, к 2050 г. для производства солнечных панелей и ветрогенераторов потребуется в 12 раз больше индия, чем добывается во всем мире сегодня. Добыча и производство неодима должны будут вырасти более чем в 7 раз, а серебра — почти в 3 раза. И это — только для сферы возобновляемых

¹² Ист.: URL: <https://forpost-sz.ru/a/2017-12-27/mify-zelyonoyehnergetiki>

¹³ Ист.: URL: <https://burneft.ru/main/news/21744>

источников энергии. В то же время такие материалы широко применяются и в **других отраслях**, что означает необходимость значительного увеличения темпов добычи.

В солнечной энергетике основные экологические риски связаны с использованием большого количества токсичных и взрывных компонентов при изготовлении солнечных батарей. В частности, солнечные батареи содержат теллурид кадмия CdTe, сульфид кадмия CdS, арсенид галлия GaAs, а в процессе производства используется фтор, создающий ряд токсичных соединений. Это создает проблемы сначала на стадии производства, а затем на стадии утилизации батарей, отработавших свой ресурс. Эта проблема также неизбежно будет нарастать со временем. Другая проблема производства солнечных батарей — большие объемы потребления воды [7].

7. Опыт Германии и Китая в создании возобновляемых источников энергии

Германия в этом плане — крайне показательная страна, так как она обладает крупнейшим парком ВИЭ-электростанций в Европе. И по удивительному совпадению она регулярно занимает первое место по цене электричества для населения, а также находится в числе мировых лидеров по стоимости электричества для промышленности. В холодной России, основу энергетики которой составляют углеводороды, средняя цена 1 кВт/ч для населения — чуть выше 3 руб. В куда более теплой Германии, лидирующей по развитию возобновляемых источников энергии, электричество стоит в 6 раз дороже.

При этом к 2038 г. немцы собираются полностью отказаться от угольной генерации. Примечательно здесь то, что с началом закрытия угольных электростанций Германия стала наращивать долю газовой генерации. Иначе сбалансировать растущую долю ВИЭ практически невозможно.

Общественно одобряемым поведением считается полная поддержка ВИЭ. И о деньгах при этом говорить не принято. Принято говорить про экологию. Чистая окружающая среда — это прекрасно. Но не стоит забывать, что даже полный переход на ВИЭ, если бы он был возможен при текущем уровне развития технологий, не привел бы к полному отка-

зу от углеводородов, так как из них состоит значительная часть оборудования на ВИЭ-электростанциях [5].

Что касается экологии, то радикальное «озеленение» — это не единственный и не самый эффективный путь. Так, крупнейшим в мире инвестором в возобновляемую генерацию является Китай. Но он сочетает развитие солнечных и ветровых электростанций с глубокой модернизацией традиционных. Ведь зачем закрывать угольные блоки, если можно снизить уровень выбросов. И если уж от углеводородов в реальности не уйти (как топлива для резервных мощностей, так и в качестве сырья для производства пластика), то стоит ли создавать перекосы в энергобалансе? Или можно вкладывать деньги в снижение выбросов?

Кстати, наша страна сейчас идет по китайскому пути — мы модернизируем электростанции и крупные перерабатывающие предприятия, о чем также напомнил Владимир Путин в рамках «Валдая».

А Евросоюз рискует остаться с дорогим электричеством и перекосами в энергобалансе. Впрочем, судя по упорству Германии, стремящейся достроить новую газовую магистраль из России, «зеленые» риски часть европейцев все же осознают.

В самих солнечных и ветровых электростанциях нет ничего плохого. В некоторых случаях они весьма эффективны. Просто не нужно допускать перекосов и «зеленого» радикализма.

Уголь, который сейчас кажется жутко архаичным и невероятно грязным видом топлива, даже в Европе не собирается сдавать позиции как раз из-за высокого EROI порядка 30:1. Удивительно, но европейским рекордсменом по объемам потребления угля является Германия. 61% покупаемого антрацита и 93% бурого угля в Европе идут именно на выработку электричества. При этом именно в Германии в прошлом году объем «зеленой» выработки превысил выработку от ископаемых источников¹⁴.

В Германии почти 30 тыс. ветряных турбин, больше, чем где бы то ни было в Европе. Их больше только в Китае и США, гораздо более обширных странах. Германия получает 23,5% своей электроэнергии от ветра в этом году; это самый большой

¹⁴ Ист.: URL: <https://habr.com/ru/company/toshibarus/blog/481764/>

источник возобновляемой энергии для страны. Но в первой половине 2019 г. было добавлено только 35 ветряных турбин — падение на 82% по сравнению с первыми шестью месяцами 2018 г. Прошлый год тоже был плохим: было добавлено всего 743 турбины по сравнению с 1792 в 2017 г.

Это происходит потому, что становится все труднее получить разрешение на возведение башен турбин. Местные противники ветропарков часто идут в суд, чтобы остановить новое строительство или даже демонтировать существующие башни.

В конце 2019 г. в Германии свою работу завершила Комиссия по отказу от угольной генерации, представив правительству планы и рекомендации по прекращению работы угольных электростанций к 2038 г. Сейчас в стране насчитывается 84 угольные станции, которые вынуждены сглаживать отказ от атомной генерации, — к 2022 г. Германия собирается закрыть все свои АЭС, хотя еще в 2000-х гг. на атомную энергию приходилась четверть генерации по стране.

Если уголь — очень грязное топливо, то природный газ гораздо экологичнее, и именно он считается наиболее перспективным ископаемым топливом для электростанций будущего. Причем его EROI в странах-импортерах составляет 20—30:1, а в газодобывающей России — не ниже 75:1, что делает газ привлекательным и востребованным. В большей степени, чем где бы то ни было, — в Германии, где отказ от угля и АЭС нужно срочно чем-то компенсировать и где одни альтернативные источники энергии на это неспособны.

В принципе водород может стать основой энергетики. Например, немногие пока знают о серьезном прогрессе топливных элементов, в которых можно применять водород. У них теоретический КПД 100, пока реально 50, но и это намного выше, чем в любой тепловой машине. Развитие таких источников энергии позволяет говорить о водороде как о топливе будущего.

Правда, у водорода есть недостаток. Он легкий, а потому его сложно транспортировать. Но и здесь ученые уже нашли решение. Предлагается «загонять» водород вместе с природным газом в обычный газопровод, что позволит их передавать в любую точку, а на месте разделять.

Водородная программа потянет почти на 200—450 млрд евро. Но правительства считают, что климат того стоит. По мнению европейцев, Россия могла бы включиться в программу, поставив водород в Старый Свет. Тем более что у нее есть многолетний опыт поставок топлива в Европу и соответствующая инфраструктура¹⁵.

Программа декарбонизации Китая может обойтись стране в 5 трлн долларов. На данный момент это самый амбициозный план отказа от углеродных и углеводородных источников энергии в мире, превосходящий по своей масштабности даже «Европейский зеленый курс». В основе плана стоит увеличение производства энергии из возобновляемых источников в 11 раз, но в отличие от аналогичных идей, набирающих популярность в Европе и США, Китай намерен сделать ставку еще и на атомную энергетику.

На данный момент топливно-энергетический комплекс Китая основан на углеводородах, на которые приходится свыше 90% всего потребления. Страна ежегодно выпускает в воздух около 10 млрд тонн углекислого газа, что составляет 28% от всех мировых выбросов. Это в полтора с лишним раза больше китайского вклада в мировой ВВП (около 19%). Усилия для «углеродной нейтральности» потребуются совершенно titанические.

Согласно Парижскому соглашению от 2015 г., Китай наметил себе цель достичь максимума по выбросам углерода к 2030 г., после чего эмиссия должна постепенно снижаться. Так, угольная энергетика, самая грязная, должна через 40 лет сократиться в 25 раз. Нефть и газ должны использоваться на 60—70% меньше, чем сейчас и в ближайшем будущем.

В Китае, для сравнения, текущий срок службы средней угольной электростанции составляет всего 14 лет, более того, они продолжают строиться вполне ударными темпами. Закрытие новых, практически с иголки, предприятий, которые зачастую даже не отбили свои инвестиции, может обойтись китайской экономике очень дорого.

¹⁵ Ист.: URL: <https://rg.ru/2020/08/11/smozhet-li-evropa-k-2050-godu-otkazatsia-ot-nefti-gaza-i-uglia.html>

То же самое можно сказать и о газовой отрасли. Последние несколько лет КНР активно старалась протянуть к себе побольше газопроводов из России и Средней Азии, и отказываться от них было бы странно. Впрочем, природный газ для декарбонизации менее значим, поскольку дает значительно меньший объем выбросов¹⁶.

С другой стороны, придется радикально увеличить генерацию энергии в возобновляемых источниках. Если в 2015 г. по суммарной мощности солнечной генерации КНР лишь немного обходила Германию (43 ГВт против 39), то по итогам 2019 г. Китай превосходил Германию в 4 раза, а США — в 2,5 раза. Общая мощность солнечных батарей в стране составила 204 ГВт, или почти 35 Саяно-Шушенских ГЭС. Это почти треть от всей мощности солнечных электростанций в мире. Тем не менее при помощи этого колоссального ресурса вырабатывается всего 4% китайской электроэнергии.

В ближайших планах — увеличение доли АЭС в энергосекторе с 2 до 10%. Однако и этого может оказаться маловато для декарбонизации всей экономики.

Будут ли усилия Китая и Европы по переводу своей энергетики на новые рельсы успешными и не являются ли соответствующие заявления не более чем пиар-трюком, остается открытым вопросом.

Еще в 2013 г. группой американских экономистов были подсчитаны современные потребности нашей цивилизации в энергии. Они привели детальные расчеты показателей качества жизни от EROI.

И получились следующие результаты.

1. Современная сельскохозяйственная деятельность возможна при EROI не менее 5.
2. Современное образование возможно при EROI не менее 7.
3. Современное здравоохранение возможно при EROI не менее 12.
4. Для поддержания среднемирового уровня качества жизни общества требуется EROI не менее 14 единиц.

Если совокупный EROI всех источников энергии упадет ниже 5 — в мире начнется голод.

Ничего сильно страшного в альтернативной энергетике нет, пока она развивается как отдельная энергетическая отрасль. Страшное начинается тогда, когда ею пытаются заменить мощные источники энергии (такие как атомная или углеводородная энергетика).

Европейские страны могут себе позволить развивать альтернативную энергетику, имея достаточно большие EROI в смежной генерации (угольной и газовой), благодаря щедрым и богатым этими ресурсами соседям.

Главная же проблема — то, что в реальной энергосистеме потребитель рискует оказаться без электричества в самый неподходящий момент, если он зависит только от ВИЭ. И одно дело, если вы не сможете подогреть чайник, а другое — если остановится производственная линия на крупном заводе. С подобной проблемой за последние годы сталкивались Германия и Австралия.

По сути, сейчас ВИЭ не могут существовать без избыточных резервных мощностей на традиционных энергоносителях, способных оперативно наращивать и снижать производство электроэнергии. Кстати, этот факт по какой-то необъяснимой причине не учитывается при оценке себестоимости солнечного и ветрового электричества. Сторонники полного перехода на ВИЭ обычно в таких ситуациях обещают скорые прорывы в области накопителей электроэнергии. Обещания звучат на протяжении многих лет, но прорывов все нет.

8. Проблемы с альтернативной энергетикой в России

Под альтернативную энергетику до сих пор еще полностью не создана инфраструктура. Нет системы накопителей, нет вариантов, как хранить энергию, полученную от возобновляемых источников. Электросети не всегда готовы к приему большого количества электромобилей. Сети в большинстве стран были построены давно, и они просто не выдерживают дополнительной нагрузки.

Требуется сделать очень большие инвестиции, исчисляемые триллионами долларов, прежде чем нетрадиционная, альтернативная энергетика сможет занять существенную долю на рынке. Но сейчас действуют факторы политического популизма, и, к сожалению, есть случаи полного искажения

¹⁶ Ист.: URL: <https://eenergy.media/2019/12/19/razvitie-vie-v-kitae-perspektivy-do-2050-goda/>

экономической реальности за счет нулевых налоговых ставок, что используется в том числе и для финансирования ВИЭ в западном мире. В результате проекты, которые в реальной экономике просто не имели бы даже возможности на появление, живут и процветают. Этому способствует фактически безграничная доступность капитала по низким ставкам, что раздувает большое количество финансовых пузырей, которые на самом деле могут существовать длительное время, но в конечном итоге — лопаться, особенно в периоды нестабильности.

По данным Системного оператора Единой энергетической системы (ЕЭС) России, почти 63% объема всей выработанной в стране электроэнергии в минувшем году было произведено на тепловых станциях — ТЭЦ и ГРЭС. Доля солнечных станций (СЭС) — всего 0,12%, ветровых (ВЭС) — 0,02% [3].

Вся солнечная и ветроэнергетика должны иметь 100%-е резервирование традиционными мощностями, чтобы все не развалилось, когда в пасмурный день не дует ветер. А это значит, что стоимость генерации зеленой электроэнергии без учета стоимости обслуживания резерва — лукавство.

Российская Федерация обладает крупнейшими в мире запасами природного газа и вторыми по величине залежами угля. Изобилие и дешевизна ископаемого топлива в сумме с высокой стоимостью локализованного оборудования препятствуют активному внедрению генерации на базе ВИЭ.

Тем не менее расхожее мнение, что нам в России вообще не нужны солнечная и ветроэнергетика, не имеет под собой оснований. Солнечная энергетика (с аккумуляторами) и ветроэнергетика сегодня могут быть оправданны в удаленных районах, где нет возможности подключиться к сети. В конце концов, более 70% территории нашей страны, на которой проживает около 20 млн человек, находится вне системы централизованного энергоснабжения. Опыт компании РусГидро, которая комплектует солнечные и ветровые электростанции с дизельными установками и устанавливает такие комбинированные установки даже за полярным кругом, доказывает, что это не только возможно, но и позволяет окупать капитальные затраты за счет экономии североного завоза топлива.

В России утвержден национальный стандарт в области регулирования энергетических объектов

на базе ВЭУ «Электроэнергетика. Распределенная генерация. Технические требования к объектам генерации на базе ветроэнергетических установок». Соответствующий приказ был подписан Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии в 2019 г.

На площадке Адыгейской ВЭС завершен монтаж первой ветроустановки. Высота башни с ротором, диаметр которого 100 м, составляет 149 м. Мощность каждой ветроустановки — 2,5 МВт. На монтаже каждой башни задействовано 35 специалистов, 4 крана и вспомогательная техника. Наиболее сложные технологические операции при монтаже ветроэнергетической установки выполняются уникальным высотным краном большой грузоподъемности до 500 т на высоте до 120 м и служащим для навески гондолы, генератора и ступицы со смонтированными заранее лопастями¹⁷.

Самая крупная на территории России фотоэлектрическая установка располагается в Крыму. Речь идет о СЭС «Перово», установленная мощность которой составляет 105 МВт 560 кВт.

По мнению гендиректора Института энергетической стратегии Виталия Бушуева, возобновляемая энергетика уместна лишь в некоторых особых районах страны.

Страна, которая имеет богатые запасы газа и угля, еще будет заниматься возобновляемой энергетикой? Она хороша там, где надо решать экологические проблемы: в зонах рекреации, на побережьях морей, в арктической зоне, куда доставлять топливо дорого. Вот там, точно, она нужна.

И еще один настораживающий момент — развитие ВИЭ в России поручили РОСНАНО и Чубайс предложил довести долю ВИЭ до 15%. Насколько это реалистично? Ни одна страна не может перейти на ВИЭ за несколько лет. А учитывая, что у нас большие запасы ископаемых источников, развитая атомная энергетика и есть ГЭС, быстрого перехода быть не может¹⁸.

Отметим, компания РОСНАНО за 7 лет своего существования уже неоднократно была замешана в скандальных историях. Поручив важнейшее для

¹⁷ Истр.: URL: <https://energy.hse.ru/Wiie>

¹⁸ Истр.: URL: https://ruskline.ru/opp/2017/noyabr/01/za_dengi_nalogoplatelwikov_glava_rosnano_zamenit_tradicionnyu_energetiku_na_zelyonuyu/

государства дело Чубайсу, не получим ли повторение эффекта РОСНАНО? Миллиарды потрачены, а практической отдачи от них — никакой. Как бы и в случае с зеленой энергетикой нам не наступить на те же самые грабли.

Заключение

Переход на возобновляемые источники энергии требует резкого увеличения добычи металлов и редкоземельных минералов с реальными экологическими и социальными издержками. Да, нам нужен быстрый переход к возобновляемым источникам энергии, но ученые предупреждают, что мы не можем продолжать увеличивать потребление энергии существующими темпами. Нет чистой энергии. Единственная действительно чистая энергия — это меньше энергии.

Где чистая энергия может быть поистине разрушительной, так это в создании новых отраслей, которые изменят структуру производства и потребления энергии. Концепция базовых нагрузок и колонных установок устарела, их заменили динамические нагрузки и накопление энергии. Чистая энергия может изменить даже то, как мы заправляем наши транспортные средства.

Возобновляемые источники энергии, наконец, будут доминировать, но это займет столетия. Спрос уже растет, однако ископаемое топливо будет жить достаточно долго.

Но остановит ли нулевой вариант наступление потепления? Ведь многие из подписавших Парижское соглашение стран его не выполняют. Однако самое тревожное даже не это. По мнению многих ученых, климат уже пересек некую критическую черту, перешел рубеж, откуда крайне сложно возвратиться к прежним показателям. На это потребуются десятилетия. Словом, мы уже опоздали, и мрачных сценариев уже не избежать, к ним надо готовиться. Остается надеяться, что мы пока мало знаем о климате и все не так печально¹⁹.

¹⁹ Ист.: URL: <https://rg.ru/2020/08/11/smozhet-li-evropa-k-2050-godu-otkazatsia-ot-nefti-gaza-i-uglia.html>

Литература [References]

1. Жданов Д.А., Молдабаев К.Т. Тенденции повышения энергоэффективности: возможности возобновляемой и традиционной энергетики // Актуальные проблемы экономики и права. 2020. Т. 14. № 2. С. 249—265. DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.14.2020.2.249-265>. [Zhdanov D.A., Moldabaev K.T. Trends of increasing energy efficiency: opportunities of renewable and traditional energy sectors, Actual Problems of Economics and Law, 2020, Vol. 14. No. 2. P. 249—265 (in Russ.) DOI: <http://dx.doi.org/10.21202/1993-047X.14.2020.2.249-265>]
2. Капица П.Л. Энергия и физика. Доклад на научной сессии, посвященной 250-летию Академии наук СССР, Москва, 8 октября 1975 г. См.: Вестник АН СССР. 1976. № 1. С. 34—43. http://www.profile.ru/ekonomika/item/54593-items_24897 [Kapitsa P.L. Energy and physics. Report at the scientific session dedicated to the 250th anniversary of the USSR Academy of Sciences, Moscow, October 8, 1975. See: Bulletin of the USSR Academy of Sciences, 1976, No. 1, p. 34—43 (In Russ.) http://www.profile.ru/ekonomika/item/54593-items_24897]
3. Нефедова Л.В., Соловьев А.А. Анализ рисков освоения возобновляемых источников энергии в России // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 6. С. 56—63. [Nefedova L.V., Soloviev A.A. Risk factors analysis of renewable energy projects in Russia // Issues of Risk Analysis. Vol. 12. 2015. No. 6. P. 56—63 (In Russ.)]
4. Копылов А.Е. Экономика ВИЭ. Издание 2-е, переработанное и дополненное. М.: Грифон, 2017. 364 с. [Kopylov A.E. Economics of renewable energy. 2nd edition, revised and supplemented. Moscow: Gryphon, 2017. 364 p. (In Russ.)]
5. Прогноз развития энергетики мира и России 2019 / Под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина. ИНЭИ РАН — Московская школа управления СКОЛКОВО — Москва, 2019. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf [Forecast of energy development in the world and Russia 2019 / ed. by A.A. Makarov, T.A. Mitrova, V.A. Kulagin; INEI RAS — Moscow school of management SKOLKOVO — Moscow, 2019 (In Russ.) URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Forecast_2019_Rus.pdf]
6. Колдин М.С., Тишков Д.В. Использование возобновляемых источников энергии на примере работы гидрав-

- лических устройств // Наука и образование Т. 2. 2019. № 4. С. 231. [Koldin M.S., Tishkov D.V. Renewable energy on the example of hydraulic devices operation // Science and education. Vol. 2. 2019. No. 4. P. 231 (In Russ.)]
7. Дегтярев К.С. ВИЭ и побочные экологические эффекты // Сантехника, отопление, кондиционирование. № 5 (161). 2015. С. 90—94. [Degtyarev K.S. RES and environmental side effects // Plumbing, heating, air-conditioning. No. 5 (161). 2015. P. 90—94 (In Russ.)]

Сведения об авторе

Соколов Юрий Иосифович: полковник в отставке, Российское научное общество анализа риска

Количество публикаций: более 200

Область научных интересов: риски ЧС и высоких технологий

Контактная информация:

Адрес: 121614, г. Москва, ул. Крылатские Холмы, д. 30, к. 4

E-mail: filat1937@yandex.ru

Статья поступила в редакцию: 15.01.2021

После доработки: 23.03.2021

Принята к публикации: 25.03.2021

Дата публикации: 31.08.2021

The paper was submitted: 15.01.2021

Received after reworking: 23.03.2021

Accepted for publication: 25.03.2021

Date of publication: 31.08.2021