

# Глобальный энергетический переход и современные мировые трансформации в прогнозах развития энергетики

## Global Energy Transition and Modern World Transformations in Energy Development Forecasts

Юрий ПЛАКИТКИН

Профессор, д. э. н.,  
академик РАН

E-mail: [anna.gorshik@yandex.ru](mailto:anna.gorshik@yandex.ru)

Yuri PLAKITKIN

Professor, Doctor of Economics, Academician  
of the Russian Academy of Natural Sciences

E-mail: [anna.gorshik@yandex.ru](mailto:anna.gorshik@yandex.ru)

Транспортировка угля по р. Рейн, Германия

Источник: [bilanol.i.ua](https://bilanol.i.ua/) / [depositphotos.com](https://depositphotos.com)



Аннотация. В статье рассмотрены вопросы взаимосвязи современных мировых трансформаций, в т. ч. технологических с реализацией глобального энергоперехода. Приведены основные его закономерности, влияющие на формирование будущего облика мировой энергетики. Представлены результаты прогноза плотностей энергии, достигаемых в различных энергоисточниках. Рассмотрены принципиальные варианты развития российской энергетики. Приведен прогнозный контур предстоящих изменений в энергетических технологиях.

*Ключевые слова:* мировые трансформации, закономерности энергетического перехода, плотность энергии, энергетические импульсы, цивилизационное развитие, космические технологии, энергетические технологии, варианты развития энергетики.

Abstract. The article deals with the issues of the relationship of modern world transformations, incl. technological with the implementation of the global energy transition. Its main laws that influence the formation of the future image of the world energy are given. The results of forecasting the energy densities achieved in various energy sources are presented. The principal options for the development of the Russian energy sector are considered. The predictive outline of the upcoming changes in energy technologies is given.

*Keywords:* world transformations, patterns of energy transition, energy density, energy impulses, civilizational development, space technologies, energy technologies, energy development options.



## Существует явная и довольно сильная взаимосвязимость между численностью населения мира и объемом потребления первичной энергии

### Введение

«Мы не выбираем времена, времена всегда выбирают нас». Это известное выражение из книги Дж. Р. Р. Толкина «Властелина колец», наверно, по существу отражает неизбежность тех событий, которые в настоящее время происходят в мире. Действительно, нам выпало жить в уникальный период времени, когда на наших глазах рушится привычная картина мира. Происходят гигантские геополитические, экономические, технологические и культурно-нравственные трансформа-

ции. Конечно, сложившаяся ситуация носит «многослойный» характер. Однако, если с нее снять политические, экономические, технологические и другие «одежды», то в «сухом остатке» останутся такие фундаментальные категории как пространство, время, материя и, конечно же, энергия. Причем, последняя отвечает за все возможные виды движения (изменения) происходящего в материальном и виртуальном (информационном) пространствах.

Так или иначе, все изменения, происходящие в сфере использования человечеством энергии, отражаются во всех взаимосвязанных сферах его деятельности. Энергетика, находясь в самых нижних «слоях» пределов общественного продукта, влияет на все сегменты его производства и потребления и во многом определяет текущую ситуацию и будущее мировое развитие.

### Глобальный энергопереход и мировое технологическое развитие

В последнее время, осуществляя прогнозы мирового потребления энергии, многие эксперты связывают его с энергетическим переходом. При этом некоторые из них отождествляют такой переход



тия, но и «точки» геополитического «напряжения». Среди них – Первая и Вторая мировые войны и распад СССР. Весьма четко на графике (см. рис. 1) по «пикам» циклов идентифицируются мировые промышленные революции. При этом, циклы мирового технологического процесса «цепляют» за собой циклы геополитического развития. Геополитика и технологическое развитие взаимосвязаны в едином процессе мирового цивилизационного развития.

Достаточно любопытным является обстоятельство наличия «пика» в последнем цикле современного этапа технологического развития. Он приходится, примерно, на 2014 г. Отметим, что именно с этого момента начала активизироваться фаза существенного нарастания мировой геополитической напряженности.

Результаты расчетов указывают на постоянную качественную смену состояния мирового инновационно-технологического развития. Оно – за пределами 2022–2023 гг. и будет меняться на противоположное. В этот момент времени геополитическая напряженность, вероятно, усилится до максимального значения, а затем, примерно в начале 30-х гг. XXI века, перейдет в затухающую фазу.

---

**Глобальный технологический переход вызывает гигантский перелом всех ранее устоявшихся тенденций мирового развития. И это новое качество развития основано на глобальном энергопереходе**

---

В настоящее время мировое технологическое развитие находится на пороге входа в совершенно иное качественное состояние (см. «отрицательная» зона графика на рис. 1), которого никогда не было за все время развития цивилизации. Фактически, 2022–2023 гг. – это период начала глобального технологического перехода.

Учитывая вхождение в «отрицательную» зону графика, можно предположить, что цивилизация входит в процесс формирования технологий принципиально иного типа. Не развивая далее эту тему, отметим «пиковые» точки будущего технологического развития. Это периоды 2031–2032 гг.

Солнечные панели для энергообеспечения МКС

Источник: 3DSculptor / depositphotos.com



## Динамика инновационного развития почти полностью совпадает с динамикой потребления энергии.

### По уровню мирового потребления энергии можно судить об уровне технологического развития

и 2055–2056 гг. Зафиксируем их, они проявятся и далее при анализе результатов прогноза развития глобальной энергетики. Вероятнее всего, вышеприведенные периоды связаны с реализацией пятой и шестой промышленных революций. Глобальный технологический переход вызывает гигантский перелом всех ранее устоявшихся тенденций мирового развития. И это новое качество технологического развития основано на цивилизационном изменении его фундамента – глобальном энергетическом переходе.

Дело в том, что существует одна из базовых закономерностей энергетики –

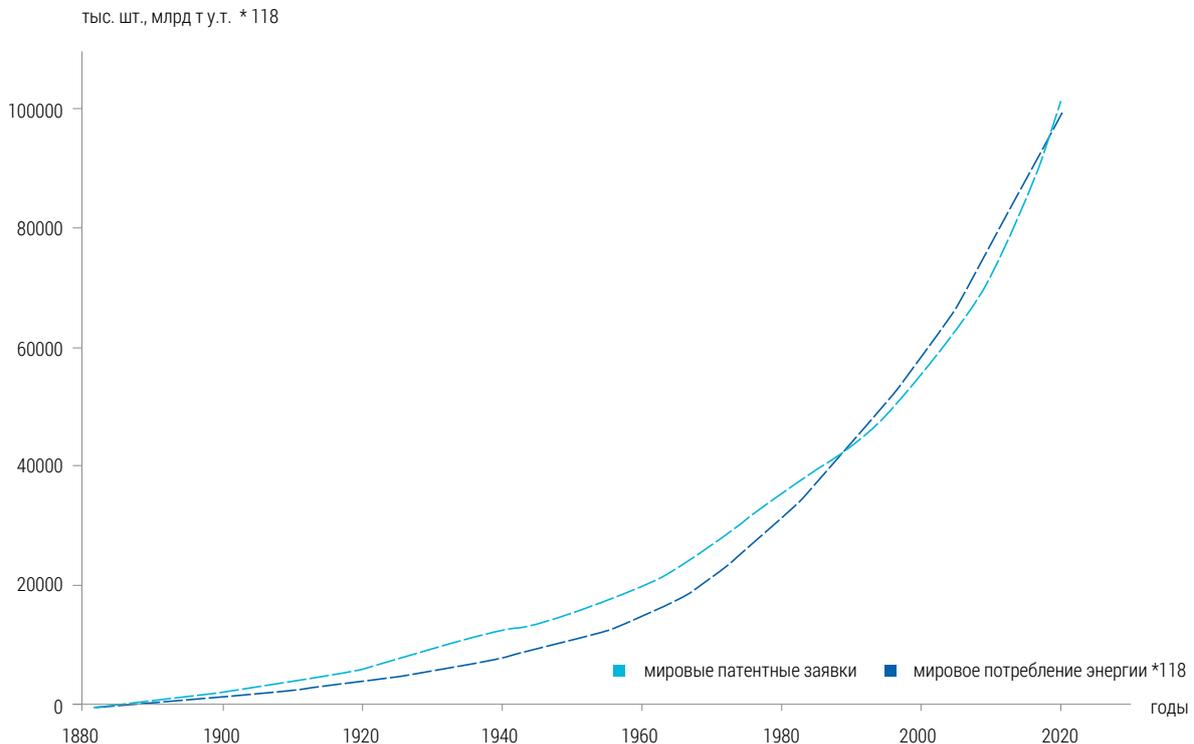
опережающее развитие энергоисточников по сравнению с применением новых технологий. Так, например, в первую промышленную революцию опережающим источником энергии был уголь, во вторую – нефть, в третью – газ, четвертую – нетрадиционные источники энергии. Новые энергоисточники всегда появлялись ранее новых технологий.

Действительно, сначала появился энергоисточник – уголь, и только затем – паровой котел, паровозы, железные дороги, вокзалы, а вовсе не наоборот. Появился новый энергоисточник – нефть, и только затем – двигатель внутреннего сгорания, шоссе, автострады, автобаны и заправки, а не наоборот.

Развитие энергетики, опережая развитие технологий, во многом определяет темпы инновационно-технологического процесса. Дополнительным косвенным подтверждением этого тезиса являются результаты сопоставления динамики мирового инновационно-технологического развития и мирового потребления энергии (рис. 2).

Представленные расчеты, основанные на данных за последние 140 лет [5], свидетельствуют о том, что динамика мирового

Рис. 2. Динамика уровней мирового инновационно-технологического развития (по количеству мировых патентных заявок в накопленном итоге) и мирового потребления энергии (в накопленном итоге)





Добыча нефти в ХМАО

Источник: panaramka.ukr.net / depositphotos.com

инновационного развития почти полностью совпадает с динамикой мирового потребления энергии. Оказывается, по уровню мирового потребления энергии (в накопленном итоге) можно судить об уровне технологического развития.

Подытоживая выше приведенное, можно констатировать, что если инновационно-технологическое развитие вошло в процесс глобального цивилизационного перехода, то мировая энергетика также находится на стадии перехода – глобального энергетического перехода.

Каким же показателем можно характеризовать процесс глобального энергетического перехода? Учитывая, что уровень инновационно-технологического развития зависит от объемов потребления энергии, воспользуемся простой формулой расчета энергии:

$$E_t = q_t \times m_t \quad (1)$$

где:

$q_t$  – текущая плотность энергии топлива (энергия, приходящаяся на единицу массы топлива) в  $t$ -ом году;

$m_t$  – масса топлива, использованного в  $t$ -ом году.

В этой формуле за процесс постоянного роста «отвечает» показатель  $q_t$ . В физике этот показатель называют теплотворной способностью топлива, а в энергетике

его оценивают относительной величиной, называемой калорийным эквивалентом используемого топлива. Рост показателя  $q_t$  в перспективе приводит к уменьшению массы используемого топлива. Мировая статистика подтверждает, что масса используемого топлива в настоящий период времени уже прекратила свой рост и перешла в стадию системного снижения. Таким образом, можно принять, что плотность энергии (на массу) применяемых источников (калорийный эквивалент) отражает восходящий уровень развития энергетике, соответствующий постоянно возрастающему уровню технологического развития.

---

**Применяемые традиционные источники энергии, например, дрова, уголь, нефть, газ, в процессе геологической эволюции были сформированы под воздействием именно солнечного излучения**

---

Темп изменения во времени этого показателя характеризует скорость смены энергоисточников и, соответственно, определяет скорость научно-технологических преобразований. Однако последняя может измеряться частотой появления новых технологий. При этом период жизни применяемых технологий постоянно сокращается, а частота их смены – увеличивается. В то же время проведенными исследованиями установлено [6], что плотность энергии (калорийный эквивалент) применяемых

мых источников энергии. В целом, можно принять что:

$$v = b \times v_{нтр} \quad (3)$$

где:

$b$  – коэффициент пропорциональности;

$v_{нтр}$  – частота научно-технологического развития.

Научно-технологического развитие осуществляется за счет генерирования новых знаний. Одной из базовых потребностей человека является потребность в познании нового, т. е. в расширении накопленных



Запуск ракеты. Байконур, Казахстан

Источник: mulderphoto / depositphotos.com

источников энергии пропорционален частоте излучения ими электромагнитных волн:

$$q = \alpha \times v \quad (2)$$

где:

$\alpha$  – коэффициент пропорциональности;

$v$  – частота излучения конкретного источника энергии.

Если плотность энергии (калорийный эквивалент) применяемого источника энергии определяет скорость научно-технологического развития, оцениваемого частотой смены технологий, то можно сделать вывод о соответствии частот научно-технологического развития частотам волн электромагнитного излучения применяе-

мых источников энергии. Этот процесс познания нового носит перманентный характер. В этой связи выражение (3) указывает на перманентный цивилизационный рост частоты излучения используемых источников энергии и, соответственно, величины плотности энергии (калорийного эквивалента) ими обеспечиваемой.

Получается, что частота появления новых научно-технологических знаний, формируемых в обществе, может оцениваться частотой излучения используемых источников энергии. Однако, применяемые традиционные источники энергии (например, дрова, уголь, нефть, газ) в процессе геологической эволюции были сформированы

**Формирование новых научно-технологических знаний определяется частотой излучения Солнца, поступающего к нам из космоса, т. е. частота вибраций, приходящих из космоса, соответствует частоте научно-технологического развития**

под воздействием солнечного излучения. Это своеобразные солнечные «консервы», «припасенные» природой для человечества. Нетрадиционные же источники энергии уже без всякой консервации позволяют человеку «напрямую» использовать солнечное излучение [7]. Выходит, что формирование новых научно-технологических знаний определяется частотой излучения Солнца, поступающего к нам из космоса, т. е. частота вибраций, приходящих из космоса, соответствует частоте научно-технологического развития. Это означает, что для человечества космос является своеобразной «кладовой» новых знаний. Человек стремится

в космос за все новыми и новыми знаниями. Не развивая далее этот тезис, отметим, как было установлено ранее, перманентный цивилизационный рост уровня знаний и, соответственно, плотности энергии применяемых источников.

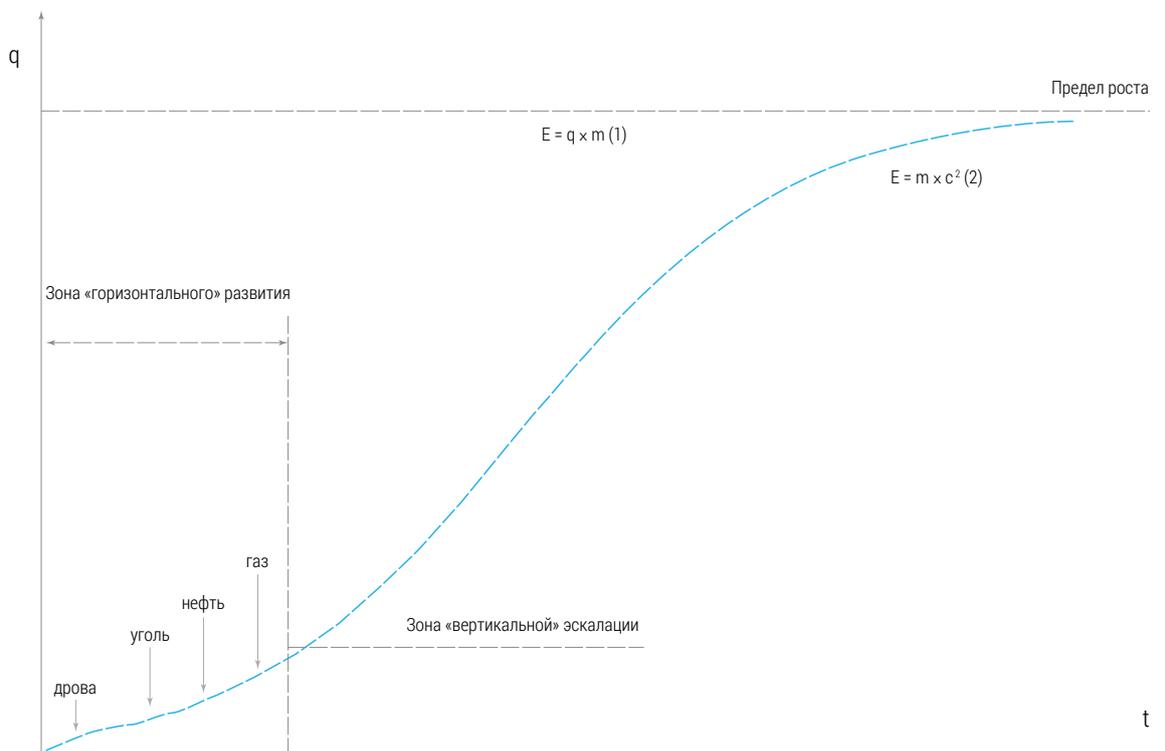
Однако, рост этой плотности (калорийного эквивалента) применяемых источников энергии имеет свой предел. Он определяется формулой Эйнштейна [8]:

$$E = m \times c^2 \quad (4)$$

Квадрат скорости света – это предельная величина роста плотности энергии (калорийного эквивалента) используемых энергоисточников. Наличие такого предела определяет S-образный перманентный рост их плотности энергии (калорийных эквивалентов) (рис. 3).

Дрова с калорийным эквивалентом 0,3 т у. т./т, уголь – 0,7 т у. т./т, нефть – 1,44 т у. т./т, газ – 1,8 т у. т./т – это все последовательно вводимые в хозяйственный оборот традиционные источники энергии, повышающие средний калорийный эквивалент в глобальной энергетике. Калорийный эквивалент используемых энергоресурсов будет асимптотически возрастать до своего предела. Этот рост носит цивилизационный

Рис. 3. Перманентный S-образный рост калорийных эквивалентов (плотности энергии) применяемых энергоисточников



характер. Отметим, что подобный S-образный рост является главной особенностью динамики коэффициента полезного действия (КПД). Последний во многом определяет уровень научно-технологического развития. Это дополнительно подтверждает ранее приведенный тезис о возможности измерения уровней технологического развития значениями плотности энергии энергоисточников.

Изменение климата, политических, экологических и других условий не являются причиной смены энергоисточников и, соответственно, повышения калорийного эквивалента в глобальной энергетике. Оно было всегда и будет продолжаться всегда потому, что человечеству необходимы источники энергии со все большей и большей плотностью энергии, и это дорога с односторонним движением вверх и только вверх.

Ни «зеленая сделка», ни Парижское соглашение по климату не в состоянии изменить направленность установленной закономерности. Они лишь могут либо ускорить, либо замедлить темпы «движения» плотности энергии по S-образной кривой. Провозглашенная декарбонизация мировой экономики ускоряет «движение» энергетики по S-образной кривой и подталкивает к переходу на другие энергоисточники с более высокой плотностью энергии. Если бы не было «зеленой сделки», то человечество все равно бы «придумало» механизмы, «заставляющие» энергетику более ускоренно повышать плотность энергии энергоисточников.

S-образная кривая роста калорийного эквивалента состоит из трех базовых участков: первый – нижнее горизонтальное развитие, второй – вертикальная эскалация, третий – верхнее горизонтальное

---

**Изменение климата, политических, экологических и других условий не являются причиной смены энергоисточников и, соответственно, повышения калорийного эквивалента в глобальной энергетике**

---



Проект создания водородных высокоскоростных ж/д поездов

Источник: [lurii / depositphotos.com](https://www.depositphotos.com)

развитие. Отметим, что традиционные энергоисточники занимают зону горизонтального развития.

Главной интригой текущего момента является ответ на вопрос: в какой же период времени горизонтальное развитие, наконец, перейдет в форму вертикальной эскалации? Когда произойдет ломка горизонтальной тенденции развития? Оценка калорийных эквивалентов, проведенная на основе сопоставления соответствующих им частот электромагнитных волн энергоисточников, дало возможность для определения уровней этих частот, достигаемых в солнечных и ветровых источниках энергии.

Согласно полученным оценкам, солнечные источники энергии могут характеризоваться калорийным эквивалентом  $5 \div 6$  т у. т./т, а ветровые –  $4 \div 5$  т у. т./т. Однако это в 2–3 раза больше, чем его значение для газа, в 4 раза – чем для нефти и в 8–9 раз – чем для угля. Фактически, применение солнечных и ветровых источников означает начало перехода энергетики в зону вертикальной эскалации. Вхождение энергетики в зону вертикальной эскалации – это и есть начало глобального энергетического перехода.



## Зачем человечество стремится к повышению плотности энергии используемых энергоисточников?

Отметим, что период, начинающийся после второй четверти XXI века, будет связан с применением источников с высокими и очень высокими калорийными эквивалентами.

Во что же реализуется потенциальная энергия применяемого энергоисточника? Ответ очевиден – в работу, совершаемую машинами и механизмами, используемыми в экономике. Потенциальная энергия энергоисточника переходит в кинетическую энергию, обеспечивая необходимую скорость движения и осуществления производственно-технологических операций в экономике.

В процессе исследования авторами получены аналитические и эмпирические зависимости скорости перемещения людей и грузов в экономике от величины калорийного эквивалента используемого топлива [6, 9].

Так, средняя скорость перемещения людей (км/ч) может быть рассчитана по формуле:

$$v_n = 50,535 \times q^{1,99} \quad (5)$$

Гиперзвуковой самолет Darkstar Top Gun Maverick  
Источник: MikeMareen / depositphotos.com



## Ни «зеленая сделка», ни Парижское соглашение не изменят направленность этой закономерности. Они лишь могут ускорить или замедлить темпы «движения» плотности энергии по S-образной кривой

Установленная закономерность влияния плотности энергии энергоисточников на среднюю скорость движения в экономике позволяют понять степень воздействия энергетики на формирование новых технологий. Так, например, реализация выражения (5) означает, что при увеличении плотности энергии энергоисточников в 2 раза средняя скорость движения в экономике может возрасти более чем в 3÷4 раза. С ростом скорости движения увеличивается частота производственно-технологических операций. Следовательно, растет производительность труда. Она также может быть увеличена в 3–4 раза. Такой рост производительности труда означает применение новых технологий более высокого уровня. Это весьма значительное влияние плотности энергии энергоисточников, оказываемое на технологическое и экономическое развитие мировой экономики. Конечно же, «игра» в поиск новых источников энергии «стоит свеч» и «больших свеч». Если, например, принять среднюю скорость движения на современных пассажирских поездах равной 150 км/ч, то при увеличении плотности энергии в 2 раза эта скорость должна возрасти не менее чем до 600 км/ч. Такая скорость означает совершенно иной технологический уровень применяемых транспортных систем. Аналогично этому, при средней скорости авиапассажирских перевозок, равной 600–800 км/ч, повышение плотности энергоисточников в 2 раза приведет к увеличению скорости до 2400–3200 км/ч. Конечно, такие скорости движения пока трудно осознать. Однако современный вектор технологического развития гражданской авиации свидетельствует об актуальности разработки и применении гиперзвуковых лайнеров.

---

**Если бы не было «зеленой сделки», то человечество все равно бы «придумало» механизмы, «заставляющие» энергетику более ускоренно повышать плотность энергии энергоисточников**

---

Это – как бы ответ на предложения Р. Бартини, сделанные им еще в начале XX века [6]. Более того, последние испытания гражданских аэрокосмических аппаратов, работающих на субкосмических орбитах Земли, позволяют с большим оптимизмом относиться к реализации подобных проектов пассажирских и грузовых перевозок уже в недалеком будущем. Это, конечно же, значительно расширяет возможности коммуникации и управления удаленными территориями. Направленность на достижение высоких и очень высоких скоростей движения подталкивает к мысли, что в перспективном периоде главной миссией многих стран, по всей видимости, будет экспансия космического пространства [10, 11]. Человечество вместе с неординарным ростом скорости движения все в большей мере будет развивать космические технологии

освоения ближнего, среднего и дальнего космоса. Возможно, одним из базовых направлений выхода из современного кризиса будет ускоренное формирование секторов экономики, нацеленных на реализацию космических технологий. Вероятнее всего, космические проекты уже в ближайшем периоде станут весьма значимым драйвером развития, способным «потянуть» за собой новые эффективные технологии, в том числе технологии чисто гражданского профиля.

Это подкрепляет ранее сформулированный тезис о космосе как уникальной «кладовой» новых технологий. На наш взгляд, такой мировой технологический вектор развития необходимо учитывать в стратегических планах развития российской экономики.

### **Возможные варианты развития российской энергетики**

В это тревожное переломное время важно понять: к какому образу будущего, в том числе, технологическому, необходимо стремиться российской экономике? Какую энергостратегию необходимо закладывать в программные установки Правительства РФ в условиях объявленного разворота на Восток?

В настоящее время, в т. ч. под воздействием возможности такого разворота

Земля в космосе

Источник: sdecoret / depositphotos.com



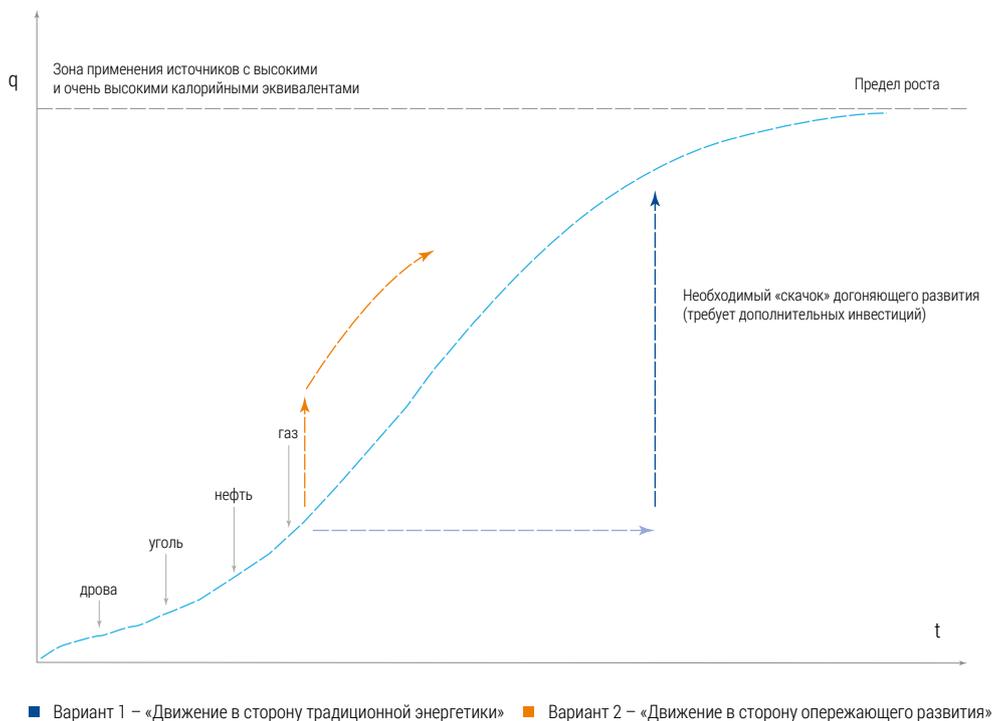


Рис. 4. Варианты развития энергетики России

в общественное сознание во все большей мере насаждается достаточно ироничное отношение к альтернативной энергетике. Традиционные источники энергии (уголь, нефть и газ), запасами которых так богата Россия, провозглашаются самыми эффективными и самыми надежными источниками энергии на многие годы. При этом на высоком уровне провозглашается необходимость перехода к так называемой модели «опережающего» развития российской экономики. Очевидно, предполагается, что она будет «опираться» на традиционную энергетику. Конечно, можно успокоиться, глядя на действительно большие объемы подземных «кладовых» энерго-ресурсов, можно даже проигнорировать мировые тренды освоения альтернативной энергетике, но отменить закономерности энергетике, в т. ч. закономерность перманентного роста плотности энергии энергоисточников, вряд ли получится. Этот рост не зависит от нашего желания, он носит цивилизационный характер. Его отменить нельзя. К нему надо подстраивать и энергетику, и экономику.

Российская энергетика стоит перед выбором: у нее два принципиально возможных варианта развития (рис. 4).

Вариант 1 – «Движение в сторону традиционной энергетики». Этот вариант (го-

ризонтального развития), предполагающий дальнейшее развитие традиционной энергетики путем наращивания инвестиций в разведку и разработку месторождений.

Вариант 2 – «Движение в сторону опережающего развития энергоисточников». Этот вариант (вертикального развития), предусматривающий весьма интенсивное (опережающее) освоение энергетических технологий, основанных на применении источников с высокими и очень высокими плотностями энергии (калорийными эквивалентами).

Если тратить инвестиции, в основном, на горизонтальное движение в сторону традиционной энергетики (вариант 1), то это

---

**Установленная закономерность влияния плотности энергии энергоисточников на среднюю скорость движения в экономике позволяет понять степень воздействия энергетики на создание новых технологий**

---



Исторический паровой поезд на угле

Источник: [actionphoto50 / depositphotos.com](https://www.actionphoto50.com/)

приведет к консервации роста калорийного эквивалента, и, следовательно, к отсутствию роста производительности труда и применения новых технологий. Это путь технологической деградации экономики, предусматривающий тиражирование старых технологий.

В стратегическом плане он, конечно же, не сможет обеспечить реализацию модели «опережающего» развития экономики. Более того, чем дольше будем идти по этому пути, тем больший будет отрыв от траектории цивилизационного развития глобальной энергетики. В какой-то момент времени все равно придется потратиться на необходимый вертикальный «скачок»

---

**Если тратить инвестиции на горизонтальное движение в сторону традиционной энергетики, то это приведет к консервации роста калорийности, к замедлению развития и внедрения новых технологий**

---

догоняющего развития, приближающий страну к глобальной траектории развития. Реализация такого «скачка» потребует серьезных усилий и значительных инвестиционных затрат. В данном случае можно потратиться дважды – это крайне неэффективный вариант.

Вариант 2 – это ускоренное «движение» в сторону альтернативной энергетики формирующееся за счет применения энергоисточников, обеспечивающих высокую плотность энергии (высокий калорийный эквивалент). Такой вариант развития предполагает высокий уровень инвестиций в новые энергетические технологии. Да, он может обеспечить в стратегическом плане «опережающее развитие экономики», но требует времени и, главное, существенных источников для его реализации.

Конечно же, игнорировать текущий мировой спрос на традиционные энергоносители и наличие значительных запасов углеводородного топлива в стране весьма нецелесообразно. В тактическом плане опора на традиционную энергетику является необходимой. В этой связи вариант 2 тоже мало приемлем для российской экономики.

Нам необходим третий вариант – комбинированный. Он предполагает за счет опоры на сектора традиционной энергетики,

на базе ее производственных мощностей, инвестиционных и интеллектуальных ресурсов, осуществление перехода на использование опережающих энергоисточников. Этот вариант предусматривает проведение глубокой целевой реструктуризации традиционной энергетики. Она должна осуществляться на основе целевых индикативных планов по диверсификации производства, контролируемых государством. Не вдаваясь в организационные особенности возможности проведения такой целевой реструктуризации, сошлемся лишь на большой положительный опыт проведения подобных работ в нашей стране. Этот опыт сконцентрирован в успешно реализованной в середине 90-х гг. XX века и начале 2000-х гг. программе реструктуризации угольной промышленности России.

Осуществление в комбинированном варианте развития энергетики работ, подобных проведенным при реструктуризации угольной отрасли, предполагает максимальную нацеленность российской энергетики на соответствие темпам глобального энергоперехода. Как было установлено выше, сутью его является переход от низкокалорийной к высококалорийной энергетике, основанной на иных технических и физических методах генерирования

---

## **Для России необходим вариант, который предусматривает проведение глубокой реструктуризации традиционной энергетики на основе целевых индикативных планов по диверсификации производства**

---

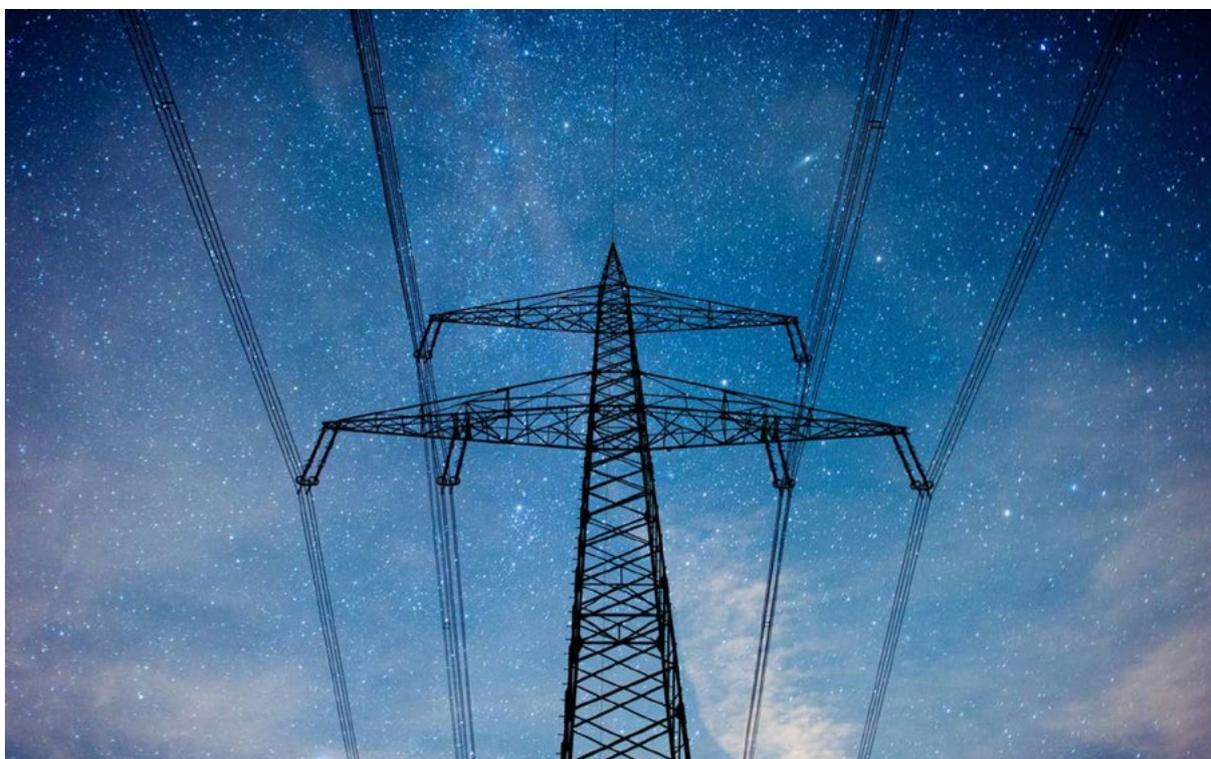
и передачи энергии. Каковы же этапы и периоды этого глобального перехода?

### **Этапы и периоды реализации глобального энергоперехода**

Установленная закономерность S-образного изменения плотности энергии (калорийного эквивалента) довольно сильно упрощает расчеты по формированию прогнозной линейки перспективных значений плотности энергии. Это дает возможность для более достоверной оценки будущего образа глобальной энергетики.

ЛЭП

Источник: Julian Stratenschulte dpa / all-in.de



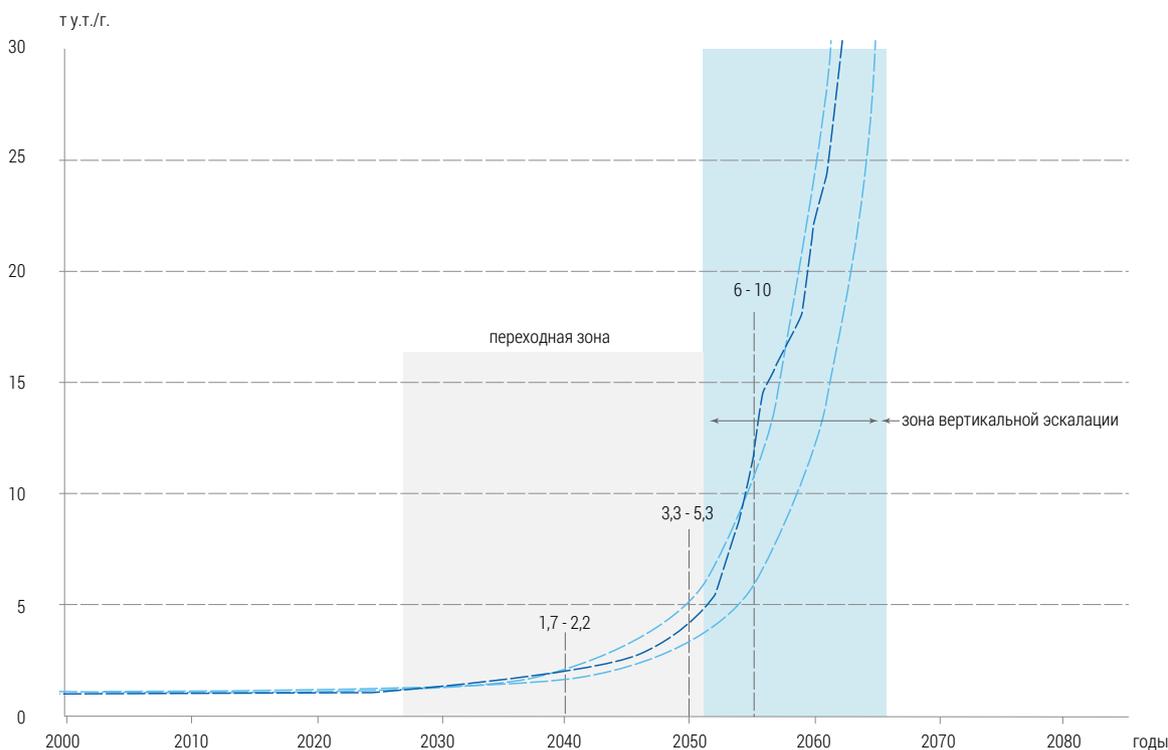
**В 2050–2065 гг. калорийный эквивалент может увеличиться в 6–10 раз по сравнению с текущими значениями, далее он может достичь величин, превышающих современный уровень примерно в 30 раз**

В процессе исследования нами была получена прогнозная динамика калорийного эквивалента, соответствующая развитию глобальной энергетики в предстоящем периоде XXI века (рис. 5).

В настоящее время средний калорийный эквивалент в глобальной энергетике составляет примерно 1–1,2 т у. т./г. Однако к 2040 г. он, вероятнее всего, увеличится в 2 раза, а к 2050 г. еще, примерно, в 3–5 раз. Как показывают расчеты, за пределами 2050 г. глобальная энергетика будет находиться в зоне вертикальной эскалации роста калорийного эквивалента.

Так, в период 2050–2065 гг. калорийный эквивалент может сначала увеличиться в 6–10 раз по сравнению со значениями, достигнутыми в настоящем периоде, а далее он может достичь величин, превышающих современный уровень примерно в 30 раз. Начиная с настоящего времени и примерно до 2050 г., глобальная энергетика с большой вероятностью будет находиться в переходной зоне. В ней, скорее всего, будет происходить глубокая ломка всех основных тенденций развития энергетики и, соответственно, осуществляться замена старых технологий на новые. Под воздействием этого процесса, конечно же, будут меняться геополитические, экономические, культурные и нравственные устои существования общества. Уже в настоящее время меняются границы политического и экономического влияния государств. И это все закономерные изменения, диктуемые переходом на иную, более ускоренную ритмику, в т. ч. объясняемую частотой излучения энергии, получаемой из космоса для использования человечеством. Обратим внимание на то, что в ранее представленных прогнозах инновационно-технологического развития (см. рис. 1) пятая промышленная революция охватывает период до 2050 г.

Рис. 5. Прогнозный коридор калорийного эквивалента (переход от низкокалорийной к высококалорийной энергетике)



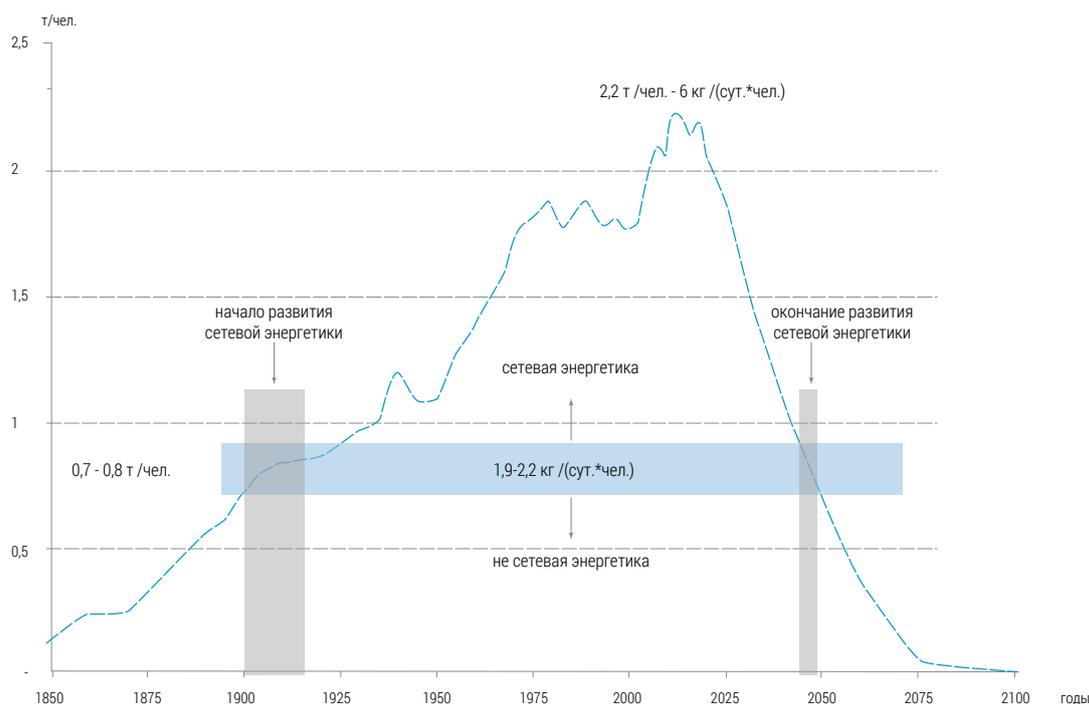


Рис. 6. Душевое потребление массы топлива

[12]. Этот период относится к переходной зоне развития энергетики. Период же 2050–2065 гг., соответствующий реализации шестой промышленной революции, охватывает зону вертикальной эскалации развития энергетики.

По всей видимости, в 2050–2065 гг. при осуществлении вертикальной эскалации произойдет качественный скачок в развитии глобальной энергетики, обеспечивающий революционные технологические преобразования в экономике.

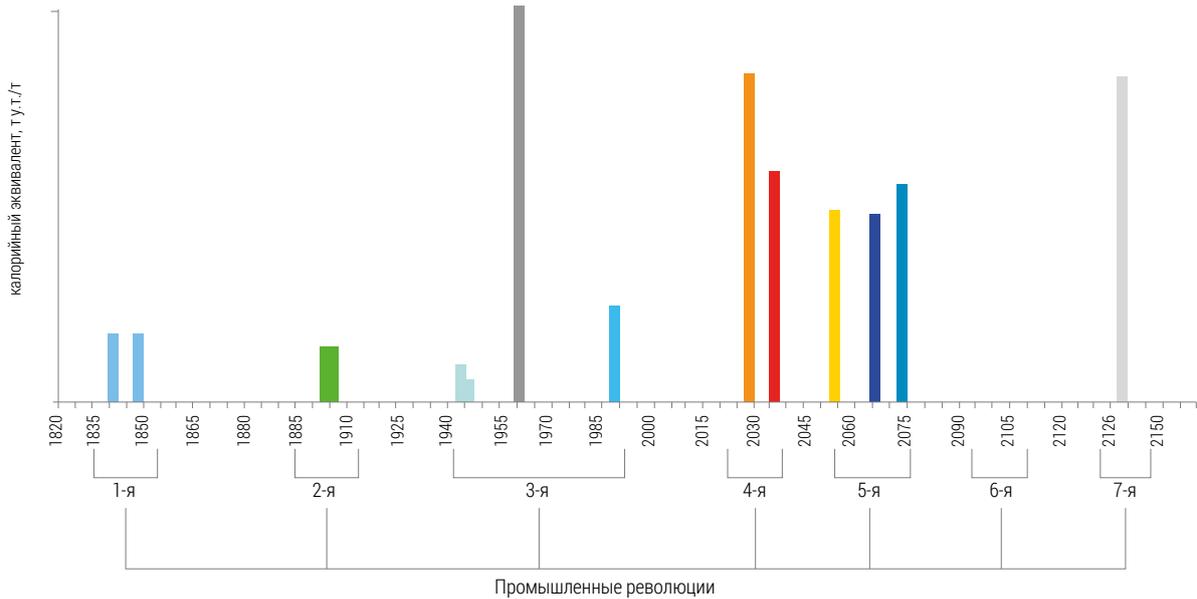
### Контуры будущих трансформаций в мировой энергетике

Не претендуя на глубокий анализ возможных путей трансформирования энергетики, определяющих ее будущий образ, отметим, что, по всей вероятности, это будет бессетевая энергетика с минимальным объемом тепловой генерации.

Так, анализ душевого потребления массы топлива показывает, что на протяжении всего цивилизационного периода происходил ее интенсивный рост. Однако, в настоящий период, этот рост уже достиг своего максимума и стал составлять примерно 2 т/чел в год. Приведенное означа-

ет, что каждый человек в мире потребляет примерно 6 кг топлива в сутки. И это максимально достигнутая величина. Она в настоящее время изменяется в сторону уменьшения. В перспективе вследствие применения высококалорийных источников энергии душевое потребление массы топлива будет стремиться к минимальным отметкам (рис. 6).

Отметим, что начало развития сетевой энергетики относится к концу XIX и началу XX века. В этот период в промышленных масштабах стала действовать тепловая генерация электроэнергии. До этого периода душевое потребление массы топлива, как показывают расчеты, составляло менее 0,7–0,8 т/чел в год (или менее 1,9–2,2 кг в сутки). Сетевая энергетика и тепловая генерация появились только тогда, когда душевое потребление стало превышать приведенные значения. Можно полагать, что до этого предела каждый человек, в среднем, мог в таких небольших объемах самостоятельно доставлять для себя необходимое топливо (энергию). Однако дальнейшее развитие экономики заставило увеличить душевое потребление топлива, примерно, в 3 раза – до 6 кг в сутки. Это уже довольно значительные объемы топлива, требующие для доставки к каждому потребителю применения специальных средств



Варианты: 1 – «естественный термояд», 2 – «искусственный термояд»

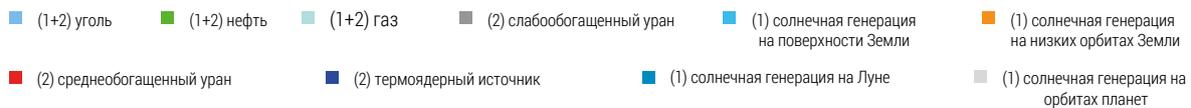


Рис. 7. Последовательность энергетических импульсов при смене энергоисточников и мировых промышленных революций

транспортировки. Можно полагать, что для решения проблемы обеспечения человека необходимой энергией была разработана технология, позволяющая энергию, заключенную в топливе, «перерабатывать» на тепловых электростанциях в электрическую энергию и «спрессовывать» ее до возможности доставки по проводам к каждому потребителю. Конечно же, такое объяснение является весьма схематичным. Однако оно в какой-то мере соответствует логике появления сетевой энергетики, основанной на тепловой генерации. Рост душевого потребления топлива привел к появлению сетевой энергетики и тепловой генерации. Снижение же душевого потребления массы топлива будет способствовать росту источников энергии, обладающих минимальными размерами. При повышении плотности энергии (калорийного эквивалента) энергетика стремится к миниатюризации размеров применяемых энергоисточников.

Будущее энергетики – это, вероятнее всего, топливные элементы малых размеров. Такое построение энергетики, конечно же, будет бессетевым (малосетевым). В ней тепловая генерация, по всей видимо-

сти, будет занимать минимальные объемы. Прогнозные оценки душевого потребления топлива свидетельствуют о том, что падение объемов его потребления до граничных значений, т. е. 1,9–2,2 кг в сутки, наступит, примерно, к 2050 г., т. е. при вхождении в зону вертикальной эскалации.

Выше приведенное означает, что в этой зоне развития энергетики должно произойти ее преобразование в энергетику нового типа, основанное на бессетевой форме передачи энергии. В зоне вертикальной эскалации тепловая генерация вряд ли будет иметь какое-то существенное значение. Энергетика, вероятнее всего, станет развиваться на иных принципах генерации [7, 13].

Не претендуя на полный охват применения новых технологий, нами был разработан концептуальный подход определения контура будущего энергетики, основанного на сопоставлении прогнозных значений калорийных эквивалентов (на S-образной кривой) и частот излучения энергоисточников, с частотами различных видов излучения электромагнитных волн [6, 9].

С учетом действующей классификации видов излучений установлено, что последо-

вательный переход от одного вида излучения к другому сопровождается «скачком» роста его частоты. Эти «скачки» частоты излучения характеризуют величину энергетических импульсов и отражают пошаговый переход к энергоисточникам с большей плотностью энергии (калорийным эквивалентом). Установлено [6], что такие импульсы приурочены к соответствующим промышленным революциям (рис. 7).

Полученная ретроспективная и прогнозная динамики энергетических импульсов позволили, на основе сопоставления обеспечиваемых ими видов излучений типам излучений возможных источников энергии, определить контуры будущего изменения энергетических технологий. Как показывают расчеты, период 2030–2040 гг., по всей вероятности, будет связан с началом применения низкоорбитальной солнечной энергетики с системой станций, обеспечивающих не только электроснабжение отдельных регионов Земли, но и электрообеспечение аэрокосмических аппаратов и дронов различного назначения.

По всей видимости, в этот же период начнется серийное производство реакторов на быстрых нейтронах IV поколения, а также безопасных реакторов небольших размеров вплоть до малых ядерных топливных элементов.

В период 2060–2075 гг., вероятно, начнется использование систем солнечной энергетики на геостационарной орбите Земли, а затем – развертывание таких систем на поверхности Луны. По всей видимости, в этот же период может начаться промышленное использование гибридных ядерно-термоядерных установок и челове-

## В 2050-2065 гг. при вертикальной эскалации произойдет качественный скачок в развитии глобальной энергетики, обеспечивающий революционные технологические преобразования в экономике

чество вплотную приблизится к использованию энергии термоядерного синтеза.

Выше приведенные контуры будущего развития энергетики символизируют два возможных маршрута движения энергетических технологий (рис. 6). Первый маршрут (1) – это движение энергетики в космос для приближения к естественному источнику энергии термоядерного синтеза – Солнцу. Второй маршрут (2) олицетворяет движение к использованию искусственного источника термоядерной энергии, т. е. к «Солнцу на Земле». По сути, человек всю историю цивилизационного развития всегда шел и продолжает «идти за Солнцем».

Приведенные энергетические технологии позволяют обеспечить в период (2050–2065 гг.) вертикальной эскалации калорийного эквивалента технологический «рывок», преобразующий не только всю производственно-хозяйственную сферу деятельности человека, но и возможно будущую геополитическую и экономическую картинку мира.

### Использованные источники

- Капица С. П., Курдюмов С. П., Малинецкий Г. Г. Синергетика и прогнозы будущего, 4-е изд., испр. и доп. М.: URSS, 2019.
- Моделирование и прогнозирование мировой динамики – развитие и совершенствование методов анализа и математического моделирования различных аспектов мировой динамики / В. А. Садовничий, А. А. Акаев, А. В. Коротаев, С. Ю. Малков. М.: ИСПИ ФНИСЦ, 2012.
- World Intellectual Property Organization. URL: <https://www.wipo.int/portal/en/index.html> [Дата обращения: 12.05.2023].
- Статистическая база данных Всемирной организации интеллектуальной собственности. URL: <https://www3.wipo.int/ipstats/index.htm?tab=patent> [Дата обращения: 01.05.2020].
- Статистическая база ВР [Дата обращения: 12.05.2023].
- Бушуев В. В., Клепач А. Н. На пути к космопланетарной цивилизации // Коллективная монография – М.: ИД «Энергия». 2023–688 с. DOI: 10.5281/zenodo.7684441 EDN: YQGWFC.
- Тесла Н. Дневники. Я могу объяснить многое / Пер. С. Иовановича. М.: Яуза-пресс, 2018. С. 268. ISBN 978-5-9955-0989-9.
- Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. Теоретическая физика. Теория поля. 7-е изд., испр. Т. II. М.: Наука, 1988. С. 158–159. ISBN 5-02-014420-7.
- Плакиркин Ю. А., Плакиркина Л. С. Энергия и прогнозы мирового развития: тенденции и закономерности // М. Издательский дом МЭИ. 2020. – 220 с. ISBN: 978-5-383-01436-3.
- Хокинг С. Названы сроки миграции людей на другие планеты // Российская газета. 21 июня 2017 г.
- Хокинг С. Человечеству необходимо найти планету для выживания // Российская газета. 21 мая 2017 г.
- Норицуру У. «Общество 5.0»: взгляд Mitsubishi Electric // Экономические стратегии. 2017. № 4.
- Тесла Н. Власть над миром / Пер. Л. Бабушкиной. М.: Алгоритм, 2018. С. 205. ISBN 978-5-906995-87-2.