

# Пять базовых закономерностей глобальной энергетики, «Зеленая сделка» как сдерживающие факторы развития горнодобывающих отраслей ТЭК

Ю.А. Плакиткин, Л.С. Плакиткина✉

Институт энергетических исследований Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация  
✉ luplak@rambler.ru

**Резюме:** В рамках Парижского соглашения по климату Россия взяла на себя обязательства обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов на 70% (относительно уровня 1990 г.) с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем. Выполнение Парижского соглашения значительно расширяет эффекты воздействия базовых закономерностей глобальной энергетики на развитие топливобывающих отраслей и приводит к сокращению потребления угля и других традиционных энергоисточников. Авторами установлено пять закономерностей развития глобальной энергетики: возрастающей плотности энергии, глобального энергетического перехода, воздействия локальных энергетических переходов на мировое технологическое развитие, роста плотности энергии и производительности труда, образования углеродного «капкана». Рассмотрены предполагаемые большие технологические «скачки», реализуемые в мировой экономике к середине XXI в. Представлены меры и предложения по адаптации угольной промышленности к новым условиям развития мировой экономики. Среди них особое внимание необходимо уделить подготовке новой Стратегии развития угольной отрасли на период до 2050 г., предусматривающей разработку «стресс-сценария» возможного снижения объемов потребления угля за счет декарбонизации к 2050 г. мировой экономики и реализации многими странами программ развития водородной энергетики.

**Ключевые слова:** Парижское соглашение по климату, декарбонизация экономики, трансграничное углеродное регулирование, глобальный энергетический переход, душевое потребление массы топлива, локальный энергетический переход

**Для цитирования:** Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Пять базовых закономерностей глобальной энергетики, «Зеленая сделка» как сдерживающие факторы развития горнодобывающих отраслей ТЭК. *Горная промышленность*. 2021;(4):00–00. DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-00-00.

## Five Fundamental Trends of Global Energy Sector, European Green Deal as Deterrents to Development of Mining and Energy Sector

Yu.A. Plakitkin, L.S. Plakitkina✉

The Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation  
✉ luplak@rambler.ru

**Abstract:** As part of the Paris Agreement on climate change, Russia has made a commitment to reduce greenhouse gas emissions by 70% by 2030 (compared to the 1990 level) with account for maximum carbon sequestration capacity of forests and other ecosystems. Implementation of the Paris Agreement significantly extends the effects of the fundamental global energy sector trends on development of the energy producing sectors and results in reduced consumption of coal and other conventional energy sources. The authors identified the following five trends in development of global energy sector, i.e. increasing energy density, global energy transition, impact of local energy transitions on the global technological development, growth of energy density and labor productivity, formation of "carbon trap". The paper discusses the anticipated large technological leaps to be realized in the world economy by the middle of the XXI century. Measures and proposals on adaptation of the coal industry to the new conditions of the world economic development are presented. Among these, particular attention should be paid to the preparation of a new Coal Strategy-2050, which would include the development of a "stress scenario" of a possible reduction in coal consumption due to the decarbonisation of the global economy by 2050 and the implementation of hydrogen energy programmes by many countries..

**Keywords:** Agreement on climate change, decarbonisation of economy, transboundary carbon management, global energy transition, per capita fuel consumption, local energy transition

**For citation:** Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Five Fundamental Regularities of Global Energy Sector, European Green Deal as Deterrents to Development of Mining and Energy Sector. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(4):00–00. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2021-4-00-00.

## Введение

В последнее время в публичном пространстве и научном сообществе большое внимание уделяется вопросам так называемой «Зеленой сделки», являющейся сутью подписанного в декабре 2015 г. 195 странами мира Парижского соглашения по климату. В отличие от Киотского договора по климату (1997 г.), действие которого закончилось в 2020 г., новое соглашение объединяет не только развитые, но и многие развивающиеся страны, что обуславливает значительное масштабирование его положительного воздействия на климат многих регионов мира.

Парижское соглашение по климату предусматривает сокращение выбросов CO<sub>2</sub> всеми его участниками к 2030 г. на 25–40% от уровня 2005 г., а к 2050 г. – на 70% – за счет реализации мер по декарбонизации экономики и применения механизма трансграничного углеродного регулирования (ТУР). Россия взяла на себя обязательства обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов на 70% (относительно уровня 1990 г.) с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем [1; 2]. Введение углеродного налога ожидается не позднее 2023 г., но для отдельных секторов экономики возможно и более раннее его применение. В наибольшей степени ТУР может затронуть продукцию горнодобывающей промышленности и ее переработку.

Цель Парижского соглашения по климату – не допустить превышения глобальной среднегодовой температуры на планете к 2100 г. более чем на 2 °C относительно доиндустриального уровня и сделать все возможное для удержания потепления в пределах 1,5 °C [3]. Следует отметить, что среднегодовая температура воздуха на территории России с середины 1970-х годов растет в среднем на 0,47 °C за 10 лет, что в 2,5 раза превышает темпы роста средней глобальной температуры воздуха.

Парижское соглашение по климату предусматривает сокращение выбросов CO<sub>2</sub> всеми его участниками, вне зависимости от уровня экономического развития, к 2030 г. на 25–40% от уровня 2005 г., а к 2050 г. – на 70%.

В настоящее время практически все страны ЕС выступили с подтверждением своих обязательств по Парижскому соглашению. Они планируют сократить выбросы углерода на 55% к 2030 г., а к 2050 г. выйти на уровень углеродной нейтральности. Аналогичные планы существуют у США, Японии и других стран (см.: [2]).

Развитие глобальной энергетики тесно связано с формированием будущего технологического «образа» экономики. Дальнейшая его трансформация в целом зависит от двух факторов: скорости мирового технологического процесса и тех последствий, которые ожидаются в секторах экономики в связи с его реализацией. Этот процесс и его последствия представлены на примере крупномасштабного сектора экономики – горнодобывающих отраслей ТЭК, в том числе угольной отрасли.

## Декарбонизация экономики и перспективы трансграничного углеродного регулирования

Декарбонизация экономики в последние годы стала актуальным направлением стратегии многих стран, намеренных ограничить выбросы CO<sub>2</sub>. Водород как средство декарбонизации обладает значительным потенциалом улучшения климатической обстановки, поскольку при его использовании в качестве энергоно-

сителя в атмосферу не выбрасывается углекислый газ<sup>1</sup>.

Анализ объемов выбросов CO<sub>2</sub> за счет продуктов сырьевого экспорта России показал, что наибольшие выбросы, по данным компании VYGON Consulting, приходятся на нефть (38,4 млн т) и природный газ (34,2 млн т), а на уголь – всего 5,8 млн т.

Тем не менее большинство развитых стран мира считает, что негативные экологические последствия от сжигания угля в настоящее время значительно выше, чем от использования альтернативных источников энергии. В связи с этим многие европейские страны активно вводят углеродные платежи и заявляют о полном отказе от ископаемых энергоресурсов, включая уголь.

Уже в 2021 г. Еврокомиссия планирует представить проект ТУР, предполагающего введение пошлин (установление углеродного налога) на импортируемые в Европу товары, при производстве которых происходит значительная эмиссия углекислого газа и других соединений углерода. Платежи могут составить 30 долл. США за тонну выбросов CO<sub>2</sub>. Согласно проекту бюджета ЕС на 2021–2027 гг. введение ТУР может обеспечить дополнительные поступления в размере от 5 до 14 млрд евро в год. По мнению Президента РСПП В. Шохина, стоимость ТУР для России может составить до 6 млрд евро ежегодно<sup>2</sup>.

Нормативная база углеродного регулирования в России продолжает развиваться, хотя углеродное ценообразование пока еще не применяется. По Указу Президента РФ 04.11.2020 г. № 666 «О сокращении выбросов парниковых газов» определен национальный вклад в реализацию Парижского соглашения<sup>3</sup>. В соответствии с этим соглашением Россия должна обеспечить к 2030 г. сокращение выбросов парниковых газов на 70% (относительно уровня 1990 г.) с учетом максимально возможной поглощающей способности лесов и иных экосистем.

Следует отметить, что в январе 2021 г. утверждена «дорожная карта» реализации на территории Сахалинской области первой в России региональной системы международной торговли углеродными единицами, а регион может достигнуть углеродной нейтральности уже к 2025 г.

В мировой практике введение углеродного налога ожидается не позднее 2023 г., но для отдельных секторов мировой экономики вступление его в действие возможно уже в 2021 г. В наибольшей степени ТУР может затронуть сектора, производящие продукты нефтепереработки и кокс, а также продукцию горнодобывающей промышленности. Размер ставки налога пока еще не определен. Однако если пошлины будут введены в 2022 г., то их вероятный размер может составить от 40 до 80 EUR/т CO<sub>2</sub>-экв., с максимальным ожиданием 50–60 EUR. Установлено, что к 2050 г. размер трансграничного сбора может возрасти, ориентировочно, до 400 EUR/т CO<sub>2</sub>-экв. Точное его значение будет зависеть от будущих вложений европейских стран в решение климатических проблем. При этом базовый сценарий европейской декарбонизации предполагает рост цены CO<sub>2</sub> от 25 до 176 EUR в 2050 г., а достижение углеродной нейтральности возможно при росте цены CO<sub>2</sub> до 56 EUR к 2030 г. и до 444 EUR в 2050 г.

1 Hydrogen Use in EU Decarbonization Scenarios. European Commission, 2019; Hydrogen: A Renewable Energy Perspective. 2019. Available at: <https://www.irena.org/publications/2019/Sep/Hydrogen-A-renewable-energy-perspective>; Hydrogen Economy Outlook. Key Messages. Bloomberg Finance L.P. 2020. Available at: <https://data.bloomberglp.com/professional/sites/24/BNEF-Hydrogen-Economy-Outlook-Key-Messages-30-Mar-2020.pdf>

2 Трансграничное углеродное регулирование. Коммерсант. 2020. 24 нояб. С. 10.

3 О сокращении выбросов парниковых газов: указ Президента Российской Федерации от 04.11.2020 г. № 666.

Следует отметить, что *углеродная нейтральность* означает ситуацию, при которой компания сократила до нуля выбросы в атмосферу углекислого газа и его аналогов, полученных в результате ее производственной деятельности, или компенсировала эти выбросы за счет реализации углеродно-отрицательных проектов.

По мере роста углеродного бремени в экономике страны-экспортера возможно снижение углеродных пошлин. Форма сборов, вероятно, станет комплексной: она не будет основана только на расчетах углеродного следа (совокупности выбросов всех парниковых газов, произведенных человеком, организацией, мероприятием, продуктом, городам, прямо или косвенно).

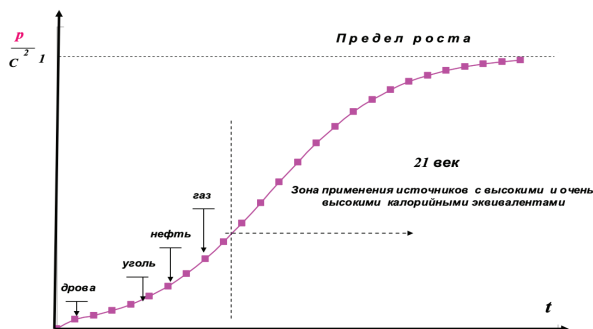
С помощью ТУР Евросоюз рассчитывает защитить интересы европейских стран, которые, по мнению Еврокомиссии, вынуждены конкурировать с поставщиками продукции из стран с более «мягким», чем у ЕС, углеродным регулированием. Следует отметить, что в странах ЕС углеродное регулирование уже приносит в бюджет от 6 до 10% от суммы всех собираемых налогов. В целом риски для предприятий российской промышленности, включая и угольную отрасль, оцениваются как значительные.

Многие российские эксперты при этом заявляют о том, что усматривают в планируемом ЕС регулировании нарушение положений ВТО и готовы оспаривать ТУР в рамках этой организации.

Изменения, происходящие в глобальной энергетике, подчиняются ряду закономерностей, реализация которых носит объективный характер, не зависящий от желаний и экономических устремлений многих участников мирового, региональных и отраслевых рынков. Учет этих закономерностей позволяет осуществлять разработку более надежных прогнозов развития горнодобывающих отраслей ТЭК.

**Закономерность возрастающей плотности энергии**

Одной из базовых закономерностей, наблюдаемых в ходе мирового развития, является *закономерность постоянного увеличения плотности энергии применяемых в экономике энергоисточников* [4; 5]. При этом под плотностью энергии понимается количество энергии, приходящейся на единицу массы используемого топлива. Многие эксперты в области ТЭК оценивают эту плотность энергии калорийным эквивалентом применяемого топлива. Последовательно применяемые в ходе развития цивилизации такие энергоисточники, как дрова, уголь, нефть, газ непрерывно повышали среднюю плотность энергии (калорийный эквивалент) в глобальной энергетике (рис. 1).



**Рис. 1**  
Закономерность возрастающей плотности энергии (калорийных эквивалентов) применяемых источников энергии  
Составлено по данным ИНЭИ РАН

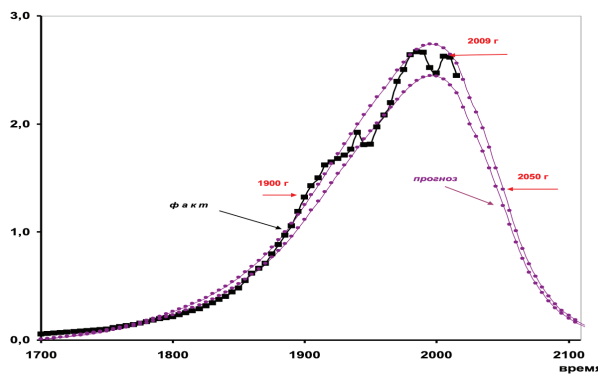
**Fig. 1**  
The pattern of increasing energy density (in caloric equivalent) of the used energy sources  
Compiled based on data of the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

Необходимо отметить, что дальнейшее развитие глобальной энергетики, даже уже в наступившем XXI в., будет связано с применением энергоисточников, обладающих высоким и очень высоким уровнем калорийных эквивалентов, что предопределяет применение технологий нетрадиционной энергетики.

**Закономерность глобального энергетического перехода и его особенности**

Последнее время многие исследователи говорят об энергетическом переходе, связывая его с применением очередного нового источника энергии. Отчасти это правильно, но лишь отчасти. Дело в том, что энергетический переход характеризуется не только зонами локального проявления, но и своим глобальным проявлением.

Исследуя зависимость изменения душевого потребления массы топлива, можно отметить достижение максимальных значений ее роста примерно в 2008–2009 гг. (см.: [4; 5]) (рис. 2).



**Рис. 2**  
Прогнозная динамика душевого потребления массы топлива  
Составлено по данным ИНЭИ РАН

**Fig. 2**  
Forecast dynamics of per capita fuel consumption  
Compiled based on data of the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

Отметим, что именно в этот период состоялся мировой финансовый кризис, а мировая цена нефти сменила тренд постоянного роста на тенденцию снижения. Все это свидетельствует о том, что в глобальной энергетике произошли изменения, которые значительным образом повлияли на развитие мировой экономики.

Изменения, наступившие в глобальной энергетике, являются довольно кардинальными. Фактически, они носят цивилизационный характер. Действительно, на протяжении всего периода развития цивилизации происходило постоянное повышение душевого потребления массы топлива до максимума, достигнутого в 2008–2009 гг. После же этого периода душевое потребление массы топлива начало плавно снижаться.

Глобальная энергетика стала переходить на принципиально противоположный путь развития: если ранее развитие цивилизации основывалось на вовлечении в хозяйственный оборот все большего количества массы топлива, то после периода достижения максимального душевого потребления ее развитие будет сопровождаться экономией массы используемого топлива.

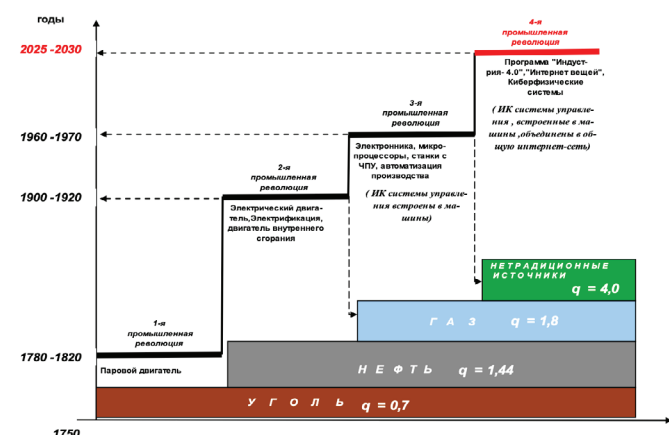
Это принципиально иной путь развития глобальной энергетики и экономики. Начиная с этого периода, глобальная энергетика изменила трек своего развития, в котором не объемы энергии, вовлекаемые в хозяйственный оборот, а ее эффективное использование будет определять главный вектор развития мировой экономики.

Отметим, что за последние 300 лет душевое потребление энергии увеличилось в 6 раз, а калорийный эквивалент повысился не более чем в 2 раза. В течение прошедшего цивилизационного периода Человечество не очень «заботилось» о повышении калорийного эквивалента используемого топлива. Новый же период цивилизационного развития – в противоположность к прошлому – будет связан с использованием энергоисточников, обладающих высоким уровнем плотности энергии, достижение которых будет снижать потребление угля, нефти и газа, обладающих невысокими калорийными эквивалентами.

### Закономерность воздействия локальных энергетических переходов на мировое технологическое развитие

Можно констатировать, что в мировой экономике, начиная с 2008–2009 гг., начал осуществляться глобальный энергетический переход, внутри которого будут происходить локальные энергетические переходы, направленные на поэтапный рост уровней калорийного эквивалента используемых энергоисточников.

Энергетика, развиваясь в направлении непрерывного роста плотности энергии (калорийных эквивалентов) применяемых энергоисточников, «тянет» за собой все новые и новые технологии. В подтверждение этого на рис. 3 приведена хронология произошедших промышленных революций и мировых энергетических ступеней [6].



**Рис. 3**  
График мировых промышленных революций и мировых энергетических ступеней  
Составлено по данным ИНЭИ РАН

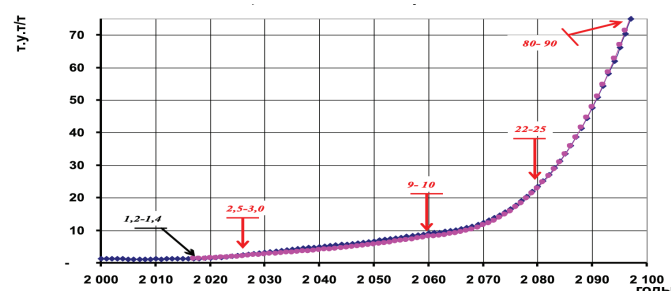
**Fig. 3**  
Timeline of the world's industrial revolutions and the world's energy stages  
Compiled based on data of the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

Каждая промышленная революция сопровождалась предварительным появлением нового источника энергии. Так, например, 1-я промышленная революция базировалась на использовании угля (калорийный эквивалент  $q = 0,7$ ), 2-я – на применении нефти (калорийный эквивалент  $q = 1,44$ ), 3-я связана с появлением более комфортного источника энергии – газа (калорийный эквивалент  $q = 1,8$ ), 4-я промышленная революция, основой которой является цифровизация, использование «Интернета вещей», роботизированных киберфизических систем, предусматривает широкое использование нетрадиционных источников энергии (калорийный эквивалент  $q = 4,0$ ). Более того, в силу глобального энергетического перехода цифровизация и роботизация стали формировать принципиально иной путь технологического развития экономики. Если ранее происходило увеличение производительности труда за

счет оснащения работника все большим количеством машин и оборудования, то есть наращивалась механизация труда, то новый период характеризуется ростом интеллектуализации всего производственного аппарата за счет цифровизации и применения «Интернета вещей», превращая ее в интеллектуальные роботизированные системы, обеспечивающие существенный рост производительности труда в экономике [7–9].

### Закономерность роста плотности энергии и производительности труда

В ходе исследования авторами была получена прогнозная динамика калорийного эквивалента в предстоящие периоды XXI в. (рис. 4).



**Рис. 4**  
Прогнозный коридор динамики плотности энергии (калорийного эквивалента) в глобальной энергетике XXI века  
Составлено по данным ИНЭИ РАН

**Fig. 4**  
Forecast dynamics band of energy density (caloric equivalent) in the twenty-first century global energy sector  
Compiled based on data of the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

В настоящее время средний калорийный эквивалент в глобальной энергетике составляет примерно 1,2–1,4 ту.т/т. Однако уже в 2025–2030 гг. он должен повыситься в 2 раза, достигнув отметок равных 2,5–3,0 ту.т/т. К 2050–2060 гг. калорийный эквивалент, вероятнее всего, увеличится еще в 3 раза по отношению к уровню 2025–2030 гг. К концу же XXI в. он может достичь отметок, превышающих значения 100 ту.т/т (см.: [4]).

Можно констатировать, что ни уголь (со своим калорийным эквивалентом 0,7 ту.т/т), ни даже нефть (с калорийным эквивалентом 1,44 ту.т/т) не смогут обеспечить заявленного выше роста плотности энергии (калорийного эквивалента). Необходимы другие энергоисточники – с более высокой плотностью энергии, например, водородное топливо (калорийный эквивалент  $q = 4,0$ ).

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

В процессе исследования нами установлено, что средняя скорость перемещения грузов в экономике зависит от квадрата калорийного эквивалента применяемого топлива. Достаточно, например, удвоить калорийный эквивалент, и скорость перемещения в экономике увеличится почти в 4 раза. Это значит, что в 4 раза увеличится интенсивность производственных процессов и сократится длительность производственных операций. Совокупный эффект – рост производительности труда примерно в 3–4 раза.

*Рост плотности энергии и производительности тру-*

да (калорийного эквивалента) – четвертая закономерность развития глобальной энергетики XXI в.

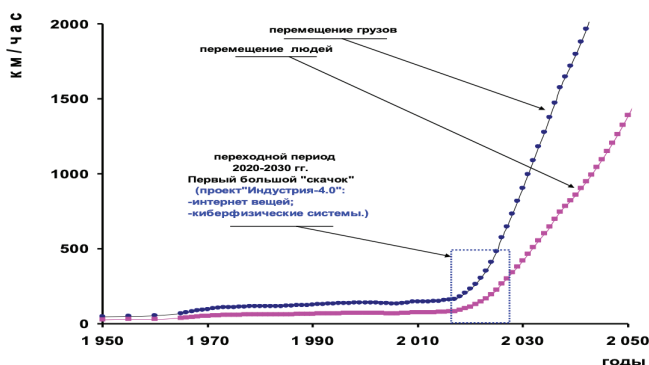
Реализация этой закономерности позволила осуществить прогноз будущих технологических «скачков».

### Большие технологические «скачки» XXI века

Оценка средней скорости перемещения в мировой экономике фактически позволяет оценивать уровень технологического развития, достигаемый в перспективном периоде.

Зависимость средней скорости перемещения от величины калорийного эквивалента позволила оценить ее прогнозную динамику в предстоящем периоде.

Проведенные расчеты показывают, что примерно в 2025–2030 гг. средняя скорость перемещения должна резко повыситься (см.: [4]). Это означает, что в этот период должен быть достигнут существенный рост производительности труда и уровня технологического развития (рис. 5).



**Рис. 5**  
Прогнозная динамика средней скорости перемещения в экономике на период до 2050 г.  
Составлено по данным ИНЭИ РАН

**Fig. 5**  
Forecast of the average speed of movement in the economy up to 2050  
Compiled based on data of the Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences

Фактически речь идет о предстоящем технологическом «скачке». Отметим, что этот период многие эксперты связывают с 4-й промышленной революцией, осуществление которой будет сопровождаться реализацией мирового проекта «Индустрия-4.0» (см.: [6–9]). Показательно, что лидер мирового проекта «Индустрия-4.0» – Германия, «понимая», что технологический «скачок» нельзя осуществить на основе плотности энергии традиционных источников энергии, разработала и с июля 2020 г. приступила к реализации важного стратегического документа «Водородная стратегия ФРГ».

Применение водородных технологий позволяет в 2 раза (по сравнению с природным газом) увеличить плотность энергии применяемых энергоисточников.

Переходя к анализу второго периода роста плотности энергии (калорийного эквивалента) и, соответственно, увеличения средней скорости перемещения в экономике в период 2055–2065 гг., нельзя обойти вниманием возможный уровень развития искусственного интеллекта. Это является вполне очевидным, так как цифровизация роботизированных систем, активное применение которых намечается при первом технологическом «скачке», будет совершенствоваться за счет увеличения глубины интеллектуализации во всех сферах жизнедеятельности общества.

Примерно к 2060 г. искусственный интеллект, вероятнее всего, достигнет «очень сильного» уровня, при котором он

будет обладать абстрактным мышлением, позволяющим полностью, без участия Человека, управлять сложными роботизированными системами и самостоятельно планировать производственно-хозяйственную деятельность предприятий. Проведенными нами расчетами установлено, что именно в этот период, вероятнее всего, будет достигнут второй существенный рост средней скорости перемещения грузов и людей (см.: [4]).

Это означает, что период 2055–2065 гг. будет характеризоваться вторым большим технологическим «скачком», предусматривающим еще больший, чем при первом «скачке», рост производственного труда. Вероятнее всего, этот большой технологический «скачок» будет связан с реализацией мирового проекта «Общество-5.0», предусматривающего глубинную интеллектуализацию всех сфер деятельности Человека за счет применения роботизированных систем 2-го и 3-го поколений, самостоятельно принимающих производственно-хозяйственные решения, и «умных технологий», обеспечивающих самодиагностику, саморегулирование, самоорганизацию производственных систем.

И первый, и второй большие технологические «скачки» обеспечивают существенный рост производительности труда в экономике.

Применение «умных роботизированных технологий» подтверждает четвертую закономерность развития глобальной энергетики: рост производительности труда в экономике сопровождается переходом на энергоисточники с более высокой плотностью энергии.

Это означает, что чем выше скорость перехода на более производительные технологии, тем больше темпы вытеснения из хозяйственного оборота мировой экономики традиционных источников энергии: угля, нефти, газа, обладающих невысокими значениями калорийных эквивалентов.

### Закономерность образования углеродного «капкана»

Интеллектуализация предприятий значительно расширяет возможности применения «умных» технологий, базирующихся на использовании процессов, обеспечивающих самодиагностику, саморегулирование, самоорганизацию производственных систем. Это в значительной мере приводит к сокращению издержек производства, снижению цены предложения на энергоресурсы и повышению производительности труда в топливобывающих отраслях.

Высокая скорость цифровизации и роботизации, характеризующаяся значительным ростом производительности труда, обеспечивается более высоким уровнем калорийного эквивалента применяемых энергоисточников.

Топливобывающие отрасли с развитием роботизации попадают в своеобразный углеродный «капкан»: с одной стороны, нельзя не осуществлять цифровизацию и роботизацию в экономике и этих отраслях, а с другой – реализация такого процесса будет приводить к снижению объемов потребления продукции, производимой этими отраслями.

Образование углеродного «капкана» – это пятая закономерность развития глобальной энергетики. Осуществляемая роботизация способствует более быстрому отказу в экономике от модели экспортно-сырьевого развития. Снижение объемов потребления традиционных энергоресурсов, вероятнее всего, приведет к планомерному снижению среднегодовых уровней мировой цены нефти.

По нашим расчетам, примерно к 2040 г. цена нефти (среднегодовая) может опуститься до отметок менее 20–25 долл./бар.

## Заключение

В соответствии с принятыми международными обязательствами РФ разрабатывает и реализует эффективную государственную политику и меры, направленные на сокращение объема антропогенных выбросов в атмосферу парниковых газов и на смягчение климатических изменений.

Применение трансграничного углеродного налога может негативно повлиять на бюджет страны. Приведены установленные авторами пять закономерностей развития глобальной энергетики, тормозящих рост объемов добычи в горнодобывающих отраслях ТЭК.

Первая закономерность глобальной энергетики – возрастающая плотность энергии применяемых источников энергии – подтверждает, что последовательное использование энергоисточников (дров, угля, нефти, газа) приводит к росту среднего калорийного эквивалента в глобальной энергетике.

Вторая закономерность глобальной энергетики обуславливает «энергетический переход» в мировой экономике, обеспечивающий применение более производительных машин и оборудования, обуславливающих более высокий уровень производительности труда в мировой экономике.

Третья закономерность глобальной энергетики – воздействие «локальных энергетических переходов» на мировое технологическое развитие формирует технологические этапы (промышленные революции) развития мировой экономики (см.: [4]).

Рост плотности энергии и производительности труда – четвертая закономерность глобальной энергетики.

Образование углеродного «капкана» – пятая закономерность развития глобальной энергетики; ее реализация способствует более быстрому отказу от модели экспортно-сырьевого развития.

Выполнение Парижского соглашения значительно расширяет эффекты воздействия базовых закономерностей глобальной энергетики на развитие топливдобывающих отраслей и приводит к сокращению потребления угля и других традиционных энергоисточников. Это серьезная угроза для развития горнодобывающих отраслей ТЭК и в первую очередь угольной промышленности России.

Действующая «Программа развития угольной промыш-

ленности России на период до 2035 года» не учитывает будущих условий развития мировой экономики<sup>4</sup>.

Необходима Программа 2-й реструктуризации угольной промышленности России [10], в рамках которой должна быть подготовлена новая Стратегия развития угольной отрасли России на период до 2050 г. (далее – Стратегия).

Новая Стратегия, по мнению авторов, должна включать в себя подготовку «стресс-сценария», учитывающего возможное снижение объемов потребления угля за счет воздействия базовых закономерностей глобальной энергетики, декарбонизации мировой экономики к 2050 (60) гг. и реализации многими странами мира к этому периоду программ развития водородной энергетики.

Особое внимание должно быть уделено оценке экспортных возможностей угольной отрасли. При этом в рамках «стресс-сценария» необходимо оценить прогнозную динамику среднеотраслевых показателей эффективности отрасли, что позволит расквалифицировать все предприятия угольной отрасли на три группы.

В I группу должны войти предприятия, которые могут достигнуть показателей, превышающих среднеотраслевые значения. Эта группа предприятий способна выдержать предстоящую конкуренцию на «сужающемся» внешнем рынке. Она составит основу развития угольной отрасли на перспективу.

Во II группу войдут предприятия, которые не смогут достигнуть среднеотраслевых показателей отрасли (эта группа кандидатов на возможное планомерное «сужение» производства).

III группа – предприятия, для которых уже в настоящий период должны быть предусмотрены ликвидационные работы.

Для предприятий II и III групп в рамках государственно-частного партнерства должны быть разработаны тройственные Договоры между угольными компаниями, с одной стороны, а с другой – Правительством РФ (можно в лице Минэнерго РФ) и Администрациями соответствующих угольных регионов, для реализации проектов диверсификации угольной отрасли, осуществляемой в рамках Программы 2-й ее реструктуризации.

4 Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года: утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 июня 2020 г. №1582-п

## Список литературы

1. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А. Парижское соглашение по климату, Covid-19 и водородная энергетика – новые реалии добычи и потребления угля в странах ЕС и Азии в период до 2040 г. *Горная промышленность*. 2021;(1):83–90. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-83-90>
2. Плакиткина Л.С., Плакиткин Ю.А., Дьяченко К.И. Водород против угля: как повлияет развитие водородной энергетики на угольную промышленность. *Горный журнал*. 2021;(7). (В печати).
3. Clark M.A., Domingo N.G.G., Colgan K., Thakrar S.K., Tilman D. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets. *Science*. 2020;370(6517):705–708. <https://doi.org/10.1126/science.aba7357>
4. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. *Энергия и прогнозы мирового развития: тенденции и закономерности*. М.: Издательский дом МЭИ; 2020. 220 с.
5. Plakitkin Yu. Energy of Virtual and Real Reality in Post-Crisis “Future” Projects. *E3S Web of Conferences*. 2020;209:01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020901004>
6. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Мировой инновационный проект «Индустрия-4.0» – возможности применения в угольной отрасли России. 1. Программа «Индустрия-4.0» – новые подходы и решения. *Уголь*. 2017;(10):44–50. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2017-10-44-50>
7. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Программы «Индустрия-4.0» и «Цифровая экономика Российской Федерации» – возможности и перспективы в угольной промышленности. *Горная промышленность*. 2018;(1):22–28. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-1-137-22-28>

8. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. «Цифровизация экономики угольной промышленности России – от «Индустрии-4.0» до «Общество 5.0». *Горная промышленность*. 2018;(4):22–30. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-4-140-22-30>
9. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. От цифровизации к «Индустрии-4.0» и «Обществу 5.0» – возможности адаптации угольной промышленности России, прогнозы развития отрасли до 2040 г. *Горная промышленность*. 2018;(5):56–61. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-5-141-56-61>
10. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С. Назрел ли второй этап реструктуризации угольной отрасли. *Уголь*. 2016;(6):65–68. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2016-6-65-68>

### References

1. Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A. Paris Agreement on Climate Change, Covid-19 and Hydrogen Energy – New Realities of Coal Mining and Consumption in the EU and Asia in the Period until 2040. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2021;(1):83–90. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2021-1-83-90>
2. Plakitkina L.S., Plakitkin Yu.A., Dyachenko K.I. Hydrogen vs. Coal: How Hydrogen Energy Development will Affect the Coal Industry. *Gornyi Zhurnal*. 2021;(7). (In press). (In Russ.)
3. Clark M.A., Domingo N.G.G., Colgan K., Thakrar S.K., Tilman D. Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2° C climate change targets. *Science*. 2020;370(6517):705–708. <https://doi.org/10.1126/science.aba7357>
4. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Energy and Forecasts of Global Developments: Trends and Patterns. Moscow: Moscow Power Engineering Institute; 2020. 220 p. (In Russ.)
5. Plakitkin Yu. Energy of Virtual and Real Reality in Post-Crisis “Future” Projects. *E3S Web of Conferences*. 2020;209:01004. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020901004>
6. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. The Industry-4.0 global innovation project’s potential for the coal industry of Russia. 1. Industry-4.0 Program – new approaches and solutions. *Ugol = Russian Coal Journal*. 2017;(10):44–50. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2017-10-44-50>
7. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Programs Industry-4.0 and Digital Economy of the Russian Federation – Opportunities and Horizons in the Coal Sector. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(1):22–28. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-1-137-22-28>
8. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Digitization of the Russian coal sector economy – from Industry 4.0 to Society 5.0. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(4):22–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-4-140-22-30>
9. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S., Dyachenko K.I. From digitalization to Industry-4.0 and Society 5.0: opportunities of the Russian coal sector adaptation; forecast of the sector development for the period up to 2040. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(5):56–61. (In Russ.) <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2018-5-141-56-61>
10. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S. Has the second coal industry restructuring stage become imminent? *Ugol = Russian Coal Journal*. 2016;(6):65–68. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2016-6-65-68>

### Информация об авторах

**Плакиткин Юрий Анатольевич** – доктор экономических наук, профессор, академик АГН, академик РАЕН, руководитель Центра инновационного развития отраслей энергетики, Институт энергетических исследований Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: [uplak@mail.ru](mailto:uplak@mail.ru)

**Плакиткина Людмила Семеновна** – кандидат технических наук, член-корреспондент РАЕН, руководитель Центра исследований угольной промышленности мира и России, Институт энергетических исследований Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: [luplak@rambler.ru](mailto:luplak@rambler.ru)

### Information about the authors

**Yury A. Plakitkin** – Doctor of Science (Economics), Full Professor, Member of Academy of Mining Sciences, Member of Russian Academy of Natural Sciences, Head of Centre for Innovative Development of Power Industries, The Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: [uplak@mail.ru](mailto:uplak@mail.ru)

**Lyudmila S. Plakitkina** – Candidate of Science (Engineering), Corresponding Member of Russian Academy of Natural Sciences, Head of Centre for Studies of Global and Russian Coal Mining Industry, The Energy Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation; e-mail: [luplak@rambler.ru](mailto:luplak@rambler.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 31.05.2021  
Поступила после рецензирования: 12.07.2021  
Принята к публикации: 15.07.2021

### Article info

Received: 31.05.2021  
Revised: 12.07.2021  
Accepted: 15.07.2021