

УДК 622.33 © Ю.А. Плакиткин<sup>1</sup>, Л.С. Плакиткина<sup>2</sup>,  
К.И. Дьяченко<sup>2</sup>, 2026

UDC 622.33 © Yu.A. Plakitkin<sup>1</sup>, L.S. Plakitkina<sup>2</sup>,  
K.I. Dyachenko<sup>2</sup>, 2026

<sup>1</sup> Центр анализа и инноваций в энергетике ИНЭИ РАН,  
117186, г. Москва, Россия

<sup>1</sup> Center for Analysis and Innovation in the Energy Sector, ERI RAS,  
Moscow, 117186, Russian Federation

<sup>2</sup> Центр исследования угольной промышленности мира  
и России ИНЭИ РАН, 117186, г. Москва, Россия

<sup>2</sup> Center of Research of World and Russian Coal Industry, ERI RAS,  
Moscow, 117186, Russian Federation

✉ e-mail: luplak@rambler.ru

✉ e-mail: luplak@rambler.ru

# Основные направления научно-технологического развития угольной промышленности России на период до 2060 г.

## Main directions of scientific and technological development of the Russian coal industry for the period up to 2060

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2026-3-38-46>

### ПЛАКИТКИН Ю.А.

Доктор экон. наук, профессор,  
академик РАЕН, академик АГН,  
руководитель  
Центра анализа и инноваций  
в энергетике ИНЭИ РАН,  
117186, г. Москва, Россия,  
e-mail: uplak@mail.ru

### ПЛАКИТКИНА Л.С.

Канд. техн. наук, член-корр. РАЕН,  
руководитель Центра исследования  
угольной промышленности мира  
и России ИНЭИ РАН,  
117186, г. Москва, Россия,  
e-mail: luplak@rambler.ru

### ДЬЯЧЕНКО К.И.

Канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
Центра исследования  
угольной промышленности  
мира и России ИНЭИ РАН,  
117186, г. Москва, Россия,  
e-mail: eriras@mail.ru

На протяжении всей истории развития отрасли инвестиции, направляемые в основной капитал предприятий, обеспечивали рост производительности труда. Однако примерно начиная с 2008 г. рост производительности труда, связанный с повышением объемов отраслевых инвестиций, подошел к своему пределу и остановился. Возникла «патовая» ситуация: сколько инвестиций не вкладывай, производительность труда все равно не повышается. Это предопределило необходимость перехода отрасли на новый этап технологического развития, при котором отрасль должна была приступить к использованию технологий более высокого уровня. Анализ прошедших и прогнозных технологических импульсов, реализованных в угольной промышленности России, и их влияние на рост производительности труда позволили сформировать технологический облик будущего из возможных технологических направлений, которые могут быть реализованы в угольной промышленности России в период до 2060 г. С учетом этих технологических направлений в статье представлен сформированный пакет комплексных технологий с детальным анализом сроков их внедрения и реализации, возможных затрат и получаемых экономических эффектов.

**Ключевые слова:** уголь, потенциал технологического развития, производительность труда, инвестиции, патентные заявки, цены угля, технологические импульсы, комплексные технологии, затраты, срок эксплуатации, сценарии развития, двухконтурная модель научно-технологического развития.

**Для цитирования:** Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Основные направления научно-технологического развития угольной промышленности России на период до 2060 г. // Уголь. 2026;(3):38-46. DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-38-46.

**Abstract**

Throughout the history of the industry's development, investments made in the fixed assets of companies ensured growth in labor productivity. However, starting from around 2008, growth in labor productivity associated with an increase in the industry investment reached its upper limits and stopped. A stalemate situation has taken place, i.e. no matter how much you invest, the labor productivity still remains unchanged. This has predetermined the need for the industry to move to a new stage of technological development, at which the industry had to start using higher-level technologies.

An analysis of the past and projected technological pulses implemented in the Russian coal industry and their impact on the labor productivity growth made it possible to form a technological vision of the future based on possible technological trends that can be implemented in the Russian coal industry in the period up to 2060.

With these technological directions in mind, the article presents a package of integrated technologies with a detailed analysis of the timelines for their introduction and implementation, possible costs, and economic benefits.

**Keywords**

Coal, potential for technological development, labor productivity, investments, patent applications, coal prices, technological pulses, Integrated technologies, costs, service life, development scenarios, two-loop model of scientific and technological development.

**For citation**

Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S., Dyachenko K.I. Main directions of scientific and technological development of the Russian coal industry for the period up to 2060. *Ugol'*. 2026;(3):38-46. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2026-3-38-46.

**ВВЕДЕНИЕ**

Современное состояние угольной промышленности России характеризуется исчерпанием потенциала технологического развития. Угольная отрасль «подошла» к пределу роста производительности труда, зависящей от объемов вкладываемых инвестиций [1].

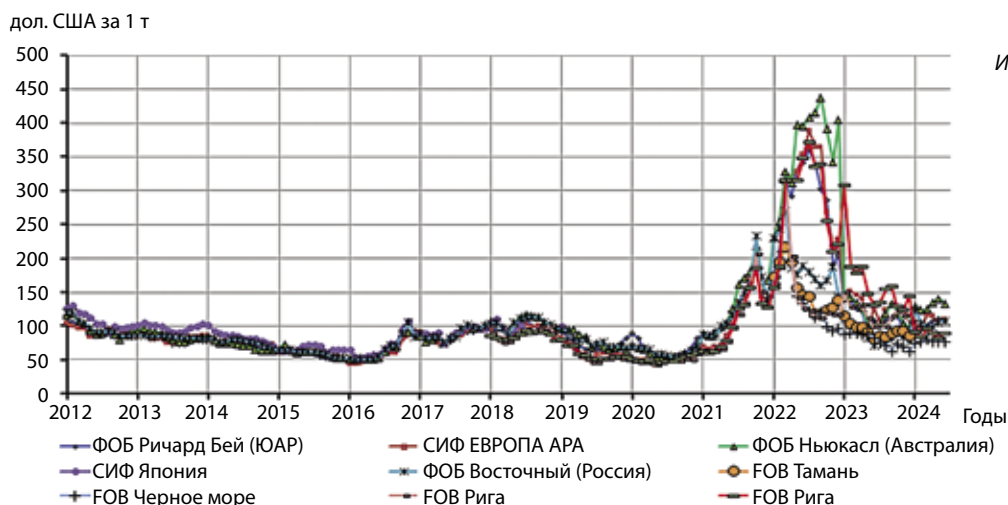
Возникла ситуация, при которой даже весьма масштабные инвестиции больше не в состоянии будут обе-

спечивать рост производительности труда в отрасли. Инвестиции стали неэффективными. Наступил предел технологического развития отрасли. Со всей очевидностью перед ней встала проблема проведения модернизации, основанной на использовании высокоэффективных отечественных технологий.

**ФАКТОРЫ РОСТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

Рост производительности труда в отрасли – это базовый показатель ее научно-технологического развития. Из всех отраслей ТЭК угольная промышленность – самая трудоемкая. Рост производительности труда обеспечивает снижение издержек производства в отрасли. Без ее повышения усиление конкурентоспособности отрасли на внешнем и внутреннем рынках представляется весьма проблематичным. Следует отметить, что существующий уровень производительности труда в российской угольной промышленности не менее чем в 2-3 раза ниже, чем у ее ближайших стран-конкурентов, активно действующих на внешнем угольном рынке (Австралия, Индонезия, США). Эти страны в силу более высокой производительности труда обладают более значимым потенциалом для снижения издержек в добыче угля, что усиливает уязвимость конкурентных позиций российских углеэкспортеров, особенно в условиях отсутствия ожидаемого повышения цен на уголь. Анализ ценового ряда на уголь показывает, что надежда на повышение цен, связанная с их цикличностью, может оказаться достаточно чрезмерной (рис. 1).

За последние 15-17 лет всплеск повышения цен на уголь был единственным. Он в основном связан с кризисными тенденциями ковидного периода. Вероятнее всего, в ближайший 15-летний период не стоит ожидать реализации повышательного ценового тренда. В этих условиях проведение объемной технологической модернизации отрасли, нацеленной на значительный рост ее эффективности и снижение затрат, является практически безальтернативным условием повышения ее выживаемости на внешнем и внутреннем рынках будущего периода. Фактически угольной промышленности необходимо под контролем государства проведение второй реструктуризации – тех-



Источники: ИНЭИ РАН

Рис. 1. Динамика цен на энергетический уголь на мировых угольных рынках  
Fig. 1. Dynamics of thermal coal prices in the global coal markets



Рис. 2. Динамика уровня инновационно-технологического развития, оцененная по накопленному объему мировых патентных заявок

Fig. 2. Dynamics of the level of innovation and technological development, assessed by the cumulative volume of global patent applications

нологической реорганизации отрасли. Эта реорганизация в обязательном порядке должна соответствовать главным трендам и этапности реализации мирового технологического процесса.

На основе анализа динамики мировых патентных заявок установлено, что примерно в 2035-2040 гг. мировое инновационно-технологическое развитие, вероятнее всего, «выйдет» в зону сингулярности (рис. 2) [2].

В указанном периоде будут осуществляться слом и замена всех ранее устоявшихся технологических тенденций, что фактически означает реализацию мирового технологического перехода. В этой связи, если примерно до 2030 гг. проблема импортозамещения для отрасли еще может быть актуальной, то за пределами 2035-2040 гг. необходимо сосредоточиться исключительно на новых, более эффективных технологических направлениях.

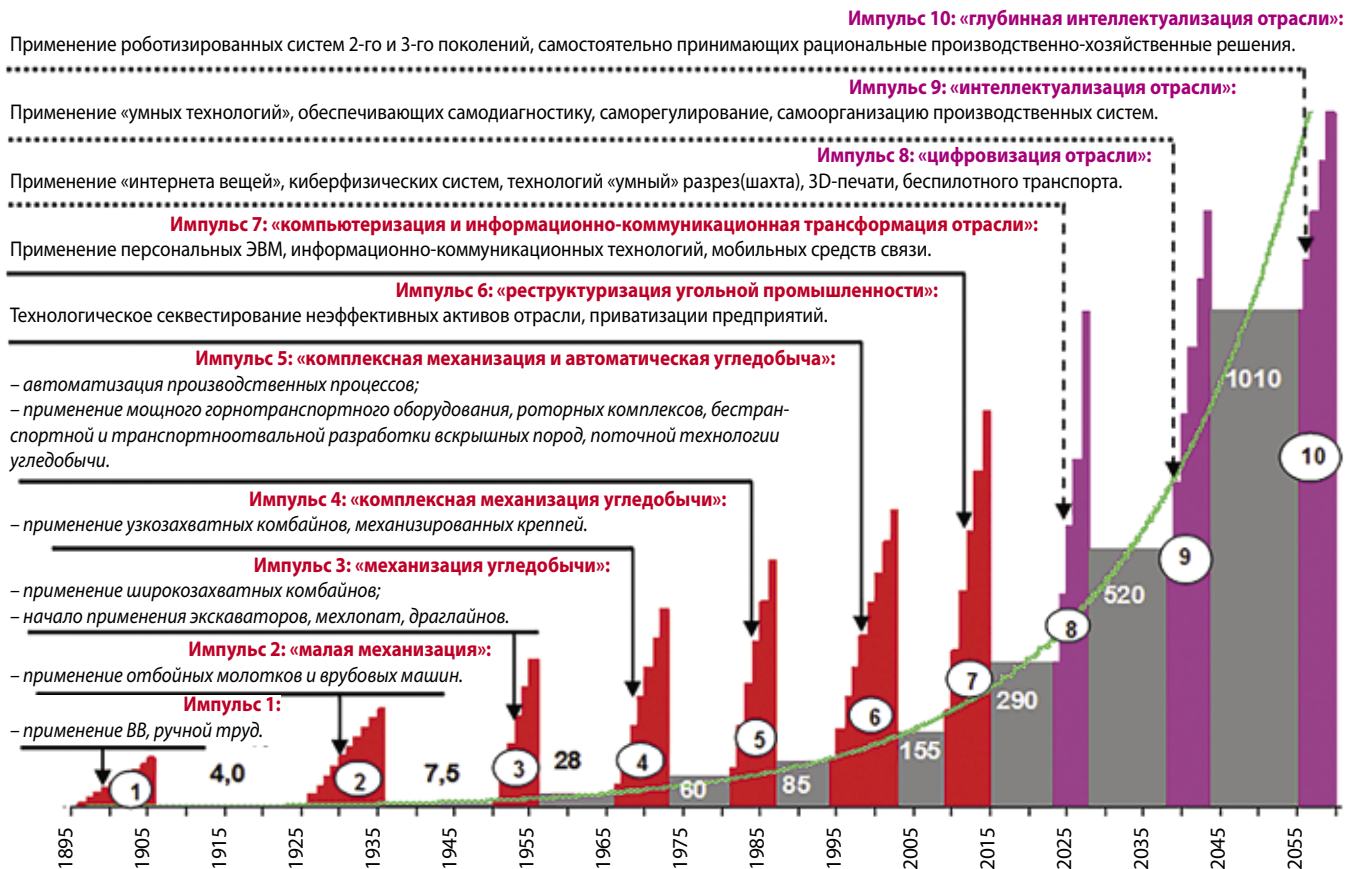


Рис. 3. Динамика технологических импульсов и производительности труда в угольной отрасли России (2000 г. = 100%) после их реализации

Fig. 3. Dynamics of the technological pulses and labor productivity in the Russian coal industry (2000 = 100%) upon their implementation

В соответствии с вышеприведенным, при формировании основных направлений научно-технологического развития угольной отрасли принята двухфазовая модель ее развития, соответственно, первый период – до 2040 г. и второй – 2040-2060 гг.

Для формирования основных направлений технологического развития угольной промышленности России в ИНЭИ РАН разработана методология технологических импульсов, реализуемых в процессе ее исторического развития (рис. 3).

Каждый технологический импульс – это формирование нового качества используемых технологий и одновре-

менно обеспечиваемый ими полутора-двухкратный рост производительности труда [3, 4]. На протяжении всего развития угольной промышленности были реализованы семь технологических импульсов. В период до 2060 г. предстоит реализовать еще три технологических импульса. В этой системе импульсов цифровизация отрасли и беспилотные системы – это только начальный этап будущего ее развития. Дальнейшие этапы связаны с углублением интеллектуализации отрасли, применением киберфизических систем, обеспечивающих самодиагностику, саморегулирование и самоорганизацию.

Таблица 1

**Состав конкурирующих комплексных технологий в угольной промышленности**  
Composition of competing integrated technologies in the coal industry

Наименование комплексных технологий	Состав процессов, оборудования, продуктов в комплексной технологии
Роботизированные технологии подземной добычи угля первого этапа развития	Обеспечивают проведение работ без постоянного присутствия людей в очистном забое с применением методов дистанционного управления
Роботизированные технологии подземной добычи угля второго этапа развития	Обеспечивают проведение работ без присутствия людей в подземном пространстве с применением методов автоматизированного управления интеллектуально-роботизированными системами 2-го и 3-го поколений, в т.ч. основанных на иных физико-химических принципах воздействия на угольный массив
Роботизированные технологии проведения горных выработок первого этапа развития	Базируются на создании нового класса горнопроходческих машин, в т.ч. геохопов, и применении дистанционных методов управления без постоянного присутствия людей в подготовительных забоях
Роботизированные технологии проведения горных выработок второго этапа развития	Базируются на создании интеллектуально-роботизированных горнопроходческих машин, геохопов, в т.ч. основанных на иных принципах воздействия на массив горных пород, осуществляющих производственные операции с применением методов автоматизированного управления без присутствия людей в подземном пространстве
Роботизированные технологии открытой добычи угля первого этапа развития	Основаны на применении дистанционного управления роботизированным добычным оборудованием, роботизированными автосамосвалами и «умными» вагонами с бортовой телеметрией
Роботизированные технологии открытой добычи угля второго этапа развития	Основаны на применении автоматизированного управления интеллектуально-роботизированным добычным оборудованием, интеллектуально-роботизированными автосамосвалами и «умными» вагонами с бортовой телеметрией
Технологии геоинформационного обеспечения открытой и подземной добычи угля	Позволяют на основе 3D-моделирования геологической среды вести учет запасов, осуществлять геолого-маркшейдерские и пространственно-планировочные работы, а также проводить мониторинг и контроль состояния горного массива
Технологии автоматизированного управления производственными процессами горных работ	Позволяют обеспечивать контроль за эксплуатационными характеристиками горнотранспортного оборудования и осуществлять геолокацию, проводить в автоматизированном режиме комплексную диспетчеризацию производственных процессов, в т.ч. добычи, подготовки запасов к выемке, транспортировки угля и горной массы
Технологии многофункциональной системы безопасности открытых и подземных горных работ	Позволяют обеспечить контроль за геомеханическими, сейсмическими, газодинамическими процессами и состоянием атмосферы горных выработок, ведением горных работ, эксплуатационными характеристиками горно-транспортного оборудования, а также осуществлять геолокацию персонала и движущегося оборудования
Технологии глубокой переработки угля и углекислоты	Позволяют производить сорбенты, углеродные наноматериалы, гуминовые кислоты, синтетические жидкие топлива, синтез-газ из угля и подземной газификации запасов угольных месторождений, искусственный белок из углекислого газа, квалифицированное топливо для населения и другие продукты
Технологии рециклинга отходов горного производства первого этапа развития	Позволяют за счет переработки отходов горного производства получать полезные компоненты для вторичного ввода их в хозяйственный оборот экономики
Технологии рециклинга отходов горного производства второго этапа развития	Позволяют осуществлять интеллектуально-роботизированными системами добычу и переработку полезных компонентов из технологических запасов минерально-сырьевых ресурсов, находящихся в отходах горного производства для вторичного их ввода в хозяйственный оборот экономики

### КОМПЛЕКСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Используемая методология позволила сгенерировать двенадцать комплексных технологий (направлений) научно-технологического развития угольной промышленности на период до 2060 г. (табл. 1).

Актуальность представленного перечня технологий была подтверждена результатами проведенного экспертного опроса, в котором участвовали ведущие специалисты угольных компаний, отраслевых научно-исследовательских организаций, органов государственного управления и РАН.

В представленном технологическом портфеле базовыми комплексными технологиями являются роботизированные технологии подземной и открытой добычи угля, проведения горных выработок. Их разработка осуществляется в два этапа: первый до 2040 г., второй в 2040-2060 гг.

На втором этапе предполагается, что эти роботизированные технологии должны представлять собой киберфизические системы 2-го и 3-го поколений, основанные на применении сетевого «интернета вещей» и осуществляющие самодиагностику, саморегулирование и самоорганизацию [5].

В соответствии с модельными расчетами, приведенные технологии должны отвечать требованиям экономической эффективности и промышленной безопасности. На первом этапе они призваны обеспечивать рост производительности труда – не менее чем в 1,5-1,7 раза, снижение себестоимости – не менее, чем на 10-20% и количества несчастных случаев со смертельным исходом – не менее, чем в два раза.

На втором этапе такими требованиями являются: рост производительности труда – не менее, чем в 4,5-4,8 раза, снижение себестоимости – не менее, чем на 35% и уровня травматизма – не менее, чем в четыре раза. На втором этапе развития этих технологий также предусматривается необходимость применения иных, более современных физико-технических способов воздействия на угольный пласт и породный массив.

Среди заявленных технологий следует отметить технологии автоматизированного управления производственными процессами. Они должны обеспечивать комплексную диспетчеризацию, синхронизирующую во времени реализацию всех основных и вспомогательных процессов горного производства – от подготовки запасов до материально-технического снабжения и поставок угольной продукции потребителям.

В представленной систематизации важная роль принадлежит технологиям глубокой переработки угля. Однако главным препятствием в реализации этих технологий является необходимость достижения конкурентоспособности с соответствующими технологиями, существующими в нефте- и газохимическом производстве. Кроме того, следует в обязательном порядке уточнить потенциальные возможности рынка продуктов углехимии. По предварительным данным, он может быть ориентирован на использование примерно 20-25 млн т угля в год. Это составляет всего 5-6% от современной добычи угля в России.

Новацией представленного пакета комплексных технологий является включение в него технологий рециклинга. По расчетам ИНЭИ РАН, в угледобывающих регионах за последние 25 лет образовалось около 35 млрд т отходов горных пород и еще около 0,5 млрд т золошлаковых отходов. В этих отходах находится значительное количество ценных минерально-сырьевых ресурсов, включая редкие и редкоземельные металлы, актуальные для использования в прогнозном периоде [6]. Цена этих металлов – от 1 до 30 тыс. раз выше цены угля [7]. В этой связи у угольных компаний, заинтересованных в их разработке, может быть сформирован значительный бюджет, в том числе для осуществления мер по экологической реабилитации последствий угледобычи.

Кроме этого, учитывая, что производство редких и редкоземельных металлов является весьма электроемким, в угледобывающих регионах может возникнуть мультиэффект, связанный с необходимостью увеличения выработки электроэнергии и, соответственно, с дополнительной потребностью в добыче угля.

Реализация вышеприведенных комплексных технологий требует решения важных задач научно-технологического развития угольной промышленности.

На первом этапе (до 2040 г.) необходимо решение примерно, 45 научно-технических задач. На втором этапе требуется решение еще 23 задач. Всем сформированным задачам специалисты, участвовавшие в экспертном опросе, дали самые высокие оценки значимости. В целом представленные задачи характеризуют собой сопутствующие и сквозные технологии, без разработки которых невозможна реализация заявленных комплексных технологий.

Учет рисков срыва сроков разработки комплексных технологий, в том числе по факторам возможного уменьшения объемов добычи угля и неподготовленности аппаратно-вычислительной базы искусственного интеллекта, соответствующего уровню второго этапа развития, позволил разработать двухскоростную модель научно-технологического развития угольной промышленности до 2060 г. Она реализована в двух используемых сценариях: «ускоренного» и, соответственно, «инерционного» научно-технологического развития (табл. 2).

Сценарий «ускоренного» развития предусматривает максимальные объемы добычи и экспорта угля, представленные в утвержденной «Энергетической стратегии России на период до 2050 г.» [8]. Сценарий «инерционного» развития соответствует возможной реализации варианта (до 2050 г.) «критического» экспорта и объемов добычи угля. При этом скорость научно-технологического развития в сценарии «ускоренного» развития примерно, в два раза выше, чем в сценарии «инерционного» развития.

### ОЦЕНКА ФИНАНСОВЫХ ЗАТРАТ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Разные скорости научно-технологического развития требуют соответствующих объемов финансовых затрат, в том числе из бюджетных источников, необходимых на его осуществление (табл. 3).

Таблица 2

**Оценка сроков эксплуатации новых технологий после их серийного производства в сценариях «ускоренного» (макс) и «инерционного» (мин) развития**

Estimated service life of new technologies upon their mass production in the scenarios of 'accelerated' (max) and 'inertial' (min) development

Комплексные технологии	Годы										
	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2040	2045	2050	2055	2060
Технология 1.1 максимум											
Технология 1.1 минимум											
Технология 1.2 максимум											
Технология 1.2 минимум											
Технология 2.1 максимум											
Технология 2.1 минимум											
Технология 2.2 максимум											
Технология 2.2 минимум											
Технология 3.1 максимум											
Технология 3.1 минимум											
Технология 3.2 максимум											
Технология 3.2 минимум											
Технология 4											
Первая очередь максимум											
Вторая очередь максимум											
Третья очередь максимум											
Первая очередь минимум											
Вторая очередь минимум											
Третья очередь минимум											
Технология 5											
Первая очередь максимум											
Вторая очередь максимум											
Третья очередь максимум											
Первая очередь минимум											
Вторая очередь минимум											
Третья очередь минимум											
Технология 6											
Первая очередь максимум											
Вторая очередь максимум											
Первая очередь минимум											
Вторая очередь минимум											
Технология 7											
Первая очередь максимум											
Вторая очередь максимум											
Первая очередь минимум											
Вторая очередь минимум											
Технология 8.1 максимум											
Технология 8.1 минимум											
Технология 8.2 максимум											
Технология 8.2 минимум											

Таблица 3

**Затраты на научно-технологическое развитие угольной отрасли, млрд руб., 2024 г.**

Costs of scientific and technological development in the coal industry, billion rubles (2024)

Направления затрат	Затраты, всего	В том числе: бюджетные затраты
<b>Сценарий «ускоренного» развития</b>		
Всего	2806	689,6
На НИОКР	355	85,1
На организацию науки и укрепление научно-технической базы	176	43,2
На разработку и внедрение технологий и оборудования	2275	561,4
<b>Сценарий «инерционного» развития</b>		
Всего	1629	400,3
На НИОКР	201	48,2
На организацию науки и укрепление научно-технической базы	107	26,3
На разработку и внедрение технологий и оборудования	1321	326

Прогнозная динамика представленных выше затрат по сценариям научно-технологического развития приведена на рис. 4.

Как показали проведенные расчеты, реализация сценария «ускоренного» научно-технологического развития предусматривает осуществление двух базовых пятилетних финансовых импульсов в размере от 650-800 млрд руб. (за пятилетку) и еще двух менее объемных (примерно по 500 млрд руб.) поддерживающих пятилетних финансовых импульсов.

В отличие от этого сценария, сценарий «инерционного» научно-технологического развития потребует осуществления в основном двух базовых пятилетних финансовых импульсов объемом примерно 550-650 млрд руб. (2024 г.) Оцененные затраты в годовом исчислении составляют на начальных пятилетках не более 3,5-6% от годовой выручки угольной отрасли. Это вполне соответствует применяемым мировым практикам финансирования научно-технологических разработок. Так, высокотехнологические компании на эти цели тратят от 15-20% выручки, среднетехнологические компании – 10-15%, а компании более низкого технологического эшелона – 3-10%. Представленные оценки затрат по угольной отрасли можно отнести к разряду довольно «щадящих».

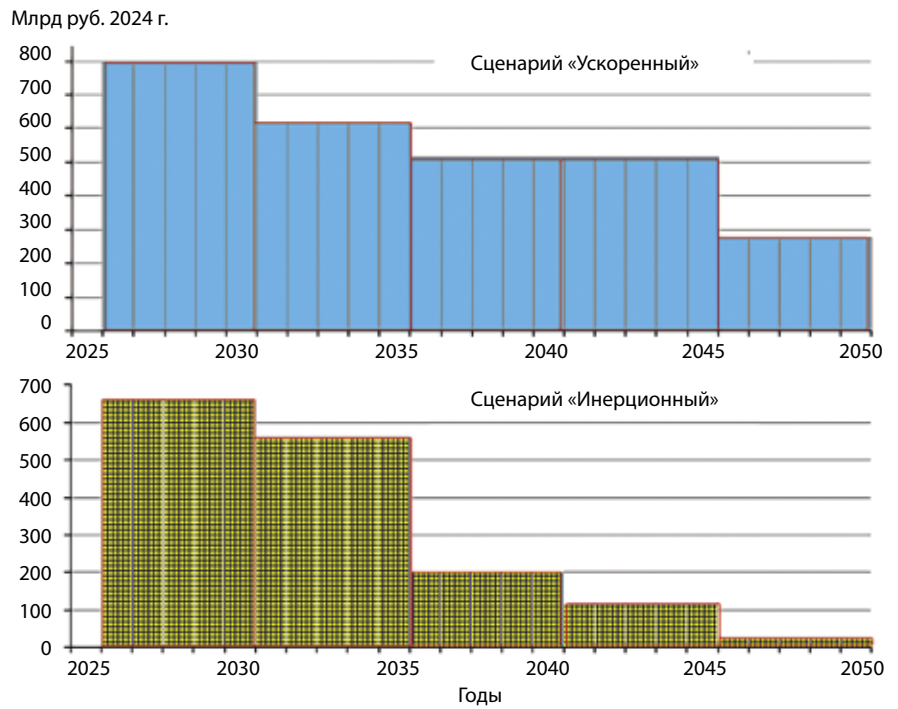


Рис. 4. Прогнозная динамика затрат (по пятилетним периодам) на создание новых технологий в угольной промышленности России

Fig. 4. Forecast dynamics of costs (in five-year periods) for creation of new technologies in the Russian coal industry

### ЭФФЕКТЫ ОТ ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Разработанные сценарии научно-технологического развития угольной промышленности обладают разными достигаемыми эффектами (рис. 5).

В соответствии с представленными данными, сценарий «ускоренного» развития позволяет увеличить произво-

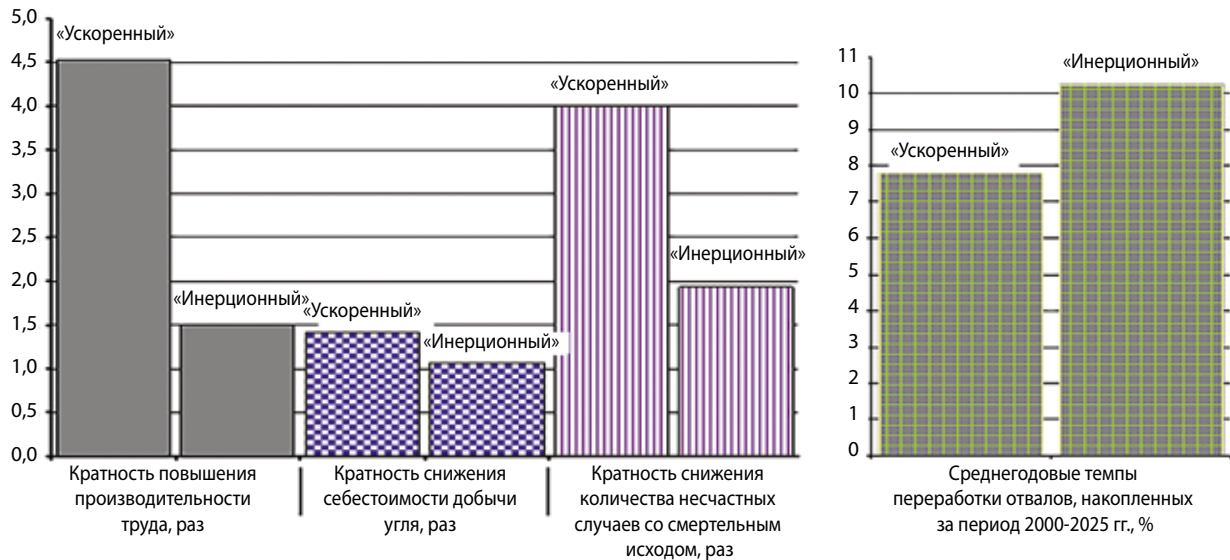


Рис. 5. Эффекты, достигаемые в 2060 г. (относительно 2024 г.) в сценарных вариантах научно-технологического развития угольной промышленности России

Fig. 5. Effects to be achieved in 2060 (relative to 2024) in the scenario options for the scientific and technological development of the Russian coal industry

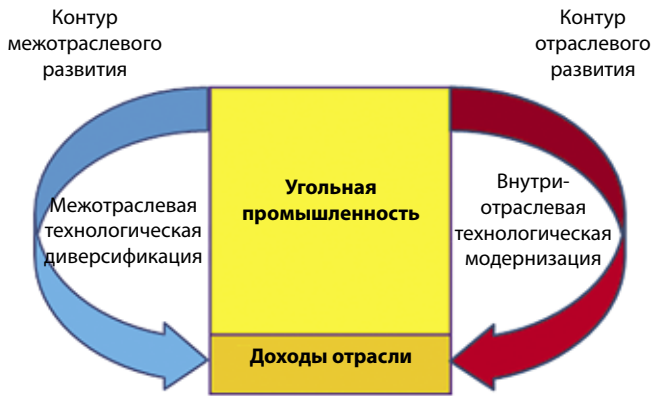


Рис. 6. Двухконтурная модель научно-технологического развития угольной промышленности

Fig. 6. A two-loop model of scientific and technological development of the coal industry

длительность труда в отрасли в 4-5 раз и в 1,5 раза снизить себестоимость добычи угля. Сценарий же «инерционного» развития предусматривает рост производительности труда примерно в 1,5 раза и снижения себестоимости добычи на уровне 10-20%.

Немаловажным эффектом является сокращение количества несчастных случаев со смертельным исходом. В сценарии «ускоренного» развития достигается четырехкратное снижение такого травматизма, а в сценарии «инерционного» развития – только двухкратное.

Высокая неопределенность спроса и цен на уголь в долгосрочном периоде времени снижает вероятность реализации более эффективного сценария – сценария «ускоренного» научно-технологического развития. Скорее всего, на практике будет реализован вариант, представляющий собой комбинацию из «ускоренного» и «инерционного» сценариев.

В этой связи для повышения устойчивости функционирования угольной промышленности в условиях будущей неопределенности целесообразно использование двухконтурной модели научно-технологического развития (рис. 6).

Базовый контур этой модели (контур отраслевого развития) представляет собой комплексные технологии, взятые из сценариев развития угольной отрасли и направленные на ее внутриотраслевую технологическую модернизацию. Реализация таких технологий позволит даже в условиях падения спроса и цен на угольную продукцию повысить эффективность добычи угля, что обеспечит в этот период ее более устойчивое функционирование. Однако реализация только внутриотраслевой технологической модернизации в вышеназванных условиях может оказаться недостаточной для формирования бюджета безубыточной работы отрасли. Для «купирования» такой ситуации представляется целесообразным дополнительное включение в работу второго контура – контура межотраслевого развития, в рамках которого должны реализовываться проекты межотраслевой технологической диверсификации угольной промышленности.

В этот контур целесообразно включать технологические направления, связанные с проникновением отрасли в

другие, более перспективные сектора экономики. Следует иметь в виду, что среди таких направлений самыми актуальными для отрасли являются направления, реализация которых одновременно может способствовать повышению потребления угля в угледобывающих регионах. Мировая практика показывает, что такими направлениями диверсификации угольной отрасли могут быть:

- создание при участии угольных компаний крупных дата-центров, в том числе размещаемых на закрываемых шахтах [9];
- реализация проектов рециклинга отходов горного производства с целью промышленной добычи и переработки находящихся в них минерально-сырьевых ресурсов, в том числе редкоземельных металлов [10];
- организация производства искусственного белка из углекислого газа, полученного от сжигания угля [11, 12];
- участие в проектах разработки и использования объектов малой углегенерации и системы обеспечения их квалифицированным топливом для локальных зон тепло- и электропотребления и др.

Все вышеприведенные направления диверсификации отрасли в настоящее время успешно реализуются в угледобывающем секторе экономики КНР. Они, по предварительным оценкам, могут на 10-20% повысить уровень потребления угля в угледобывающих регионах страны, что является значимым фактором функционирования отрасли в случае возможного снижения спроса на уголь.

Таким образом, использование второго контура модели в условиях неопределенности будущего развития может являться существенным источником дохода угольной отрасли. Чем ниже скорость отраслевой технологической модернизации (сценарий «инерционного» развития), тем выше должна быть скорость межотраслевой технологической диверсификации. Два контура научно-технологического развития, дополняя друг друга, позволяют отрасли не только улучшить свои позиции на угольном рынке, но и одновременно, за счет диверсификации, повысить экономический потенциал угольных компаний. В этом случае отрасль вполне может стать драйвером развития новых секторов экономики и создания рабочих мест в угледобывающих регионах страны.

Представленные сценарии научно-технологического развития дают возможность для формирования вариантов долгосрочного образа будущего угольной промышленности России и нацеливает органы государственной, законодательной и исполнительной власти на необходимость разработки Программы технологического обновления угольной промышленности на период до 2060 г., призваннойкратно повысить эффективность ее функционирования, в т.ч. путем диверсификации в смежные секторы экономики угледобывающих регионов страны.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существующий уровень производительности труда в российской угольной промышленности не менее, чем в 2-3 раза ниже, чем у ее ближайших стран-конкурентов на внешнем рынке – Австралии, Индонезии, США. Проведенный анализ цен на энергетический уголь показал, что надежда на их повышение может оказаться чрезмерной.

Вероятнее всего, в ближайший 15-летний период не стоит ожидать реализации повышательного ценового тренда. В этих условиях проведение объемной технологической модернизации отрасли, нацеленной на значительный рост ее эффективности и снижение затрат, является практически безальтернативным условием повышения ее выживаемости на внешнем и внутреннем рынках будущего периода. Фактически угольной промышленности необходимо под контролем государства проведение второй реструктуризации – технологической реорганизации отрасли.

### Список литературы • References

1. Ежегодные статистические показатели работы угольной отрасли ЦДУ ТЭК. Технично-экономические показатели. 2010-2025 гг.
2. World Intellectual Property Report 2024. The Geography of Innovation: Local Hotspots, Global Networks. <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4467>.
3. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Технологические импульсы, генезис и перспективы технологического развития угольной отрасли России. 1. Характеристика технологических импульсов, реализованных в угольной отрасли // Уголь. 2020;(6):15-20. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-6-15-20. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S., Dyachenko K.I. Technological impulses, genesis and prospects of technological development of the coal industry in Russia. 1. Characterization of technological pulses implemented in the coal industry. *Ugol'*. 2020;(6):15-20. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-6-15-20.
4. Плакиткин Ю.А., Плакиткина Л.С., Дьяченко К.И. Технологические импульсы, генезис и перспективы технологического развития угольной отрасли России. 2. Прогнозируемые технологические импульсы в угольной отрасли России в среднесрочной и долгосрочной перспективе // Уголь. 2020;(7):51-56. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-51-56. Plakitkin Yu.A., Plakitkina L.S., Dyachenko K.I. Technological impulses, genesis and prospects of technological development of the coal industry in Russia. 2. Predicted technological impulses in the Russian coal industry in the medium and long term. *Ugol'*. 2020;(7):51-56. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-7-51-56.
5. Marina Crnjac Zizic, Marko Mladineo, Nikola Gjeldum, Luka Celent. From Industry 4.0 towards Industry 5.0: A Review and Analysis of Paradigm Shift for the People. *Organization and Technology Energies*. 2022;15(14):5221. <https://doi.org/10.3390/en15145221>.
6. Редкие элементы в отходах углепереработки Кузбасса / Т.Г. Черкасова, Е.В. Черкасова, А.В. Тихомирова и др. // Уголь. 2023;(3):65-68. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-65-68. Cherkasova T.G., Cherkasova E.V., Tikhomirova A.V., Golovachev A.A. Rare earth elements in Kuzbass coal processing wastes. *Ugol'*. 2023;(3):65-68. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-3-65-68.
7. Saptarshi Das, Gabrielle Gaustad, Ashok Sekar, Eric Williams. Techno-economic analysis of supercritical extraction of rare earth elements

from coal ash. *Journal of Cleaner Production*. 2018;(189):539-551. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.252/>.

8. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2050 года, утверждена Распоряжением Правительства Российской Федерации от 12 апреля 2025 г. № 908-р.
9. How one Pennsylvania company is using waste coal to mine Bitcoin. Boen Wang. 2022, November 7. <https://www.alleghenyfront.org/stronghold-digital-mining-bitcoin-waste-coal-power-plant-pennsylvania>.
10. Gairola S.U., Khanduri A.K., Bhuvanewari V. Sustainable mining: reducing waste and enhancing resource efficiency. *Discov Civ Eng*. 2025;2(75). <https://doi.org/10.1007/s44290-025-00233-9>.
11. Салаватов Т.Ш., Байрамова А.С., Воробьев К.А. Использование диоксида углерода в качестве химического сырья // Вестник Евразийской науки. 2021. № 2. <https://esj.today/PDF/03NZVN221.pdf>. Salavatov T.Sh., Bayramova A.S., Vorob'ev K.A. Using carbon dioxide as a chemical raw material. *Vestnik Evrazijskoj nauki*. 2021;(2). <https://esj.today/PDF/03NZVN221.pdf>. (In Russ.).
12. Van Peteghem L., Sakarika M., Matassa S., Pikaar I., Ganigué R., Raebaey K. Corrigendum to "Towards new carbon-neutral food systems: Combining carbon capture and utilization with microbial protein production" [Bioresour. Technol. 349 (2022) 126853]. *Bioresource Technology*. 2024;(395):130362.

### Authors Information

**Plakitkin Yu.A.** – Doctor of Economic Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Academician of Academy of Mining Sciences, Head of the Center for Analysis and Innovation in the Energy Sector, ERI RAS, Moscow, 117186, Russian Federation, e-mail: [uplak@mail.ru](mailto:uplak@mail.ru)

**Plakitkina L.S.** – PhD (Engineering), Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Head of the Center of Research of World and Russian Coal Industry, ERI RAS, Moscow, 117186, Russian Federation, e-mail: [luplak@rambler.ru](mailto:luplak@rambler.ru)

**Dyachenko K.I.** – PhD (Engineering), Senior Researcher of the Center of Research of World and Russian Coal Industry, ERI RAS, Moscow, 117186, Russian Federation, e-mail: [eriras@mail.ru](mailto:eriras@mail.ru)

### Информация о статье

Поступила в редакцию: 30.10.2025

Поступила после рецензирования: 17.02.2026

Принята к публикации: 27.02.2026

### Paper info

Received October 30, 2025

Reviewed February 17, 2026

Accepted February 27, 2026