

**УДК 622.54-112/550.46**

БЕЛЯЕВ К.В., студент гр. МТБ-20 (СибГИУ), ГАССМАН А.А., студент гр. МТ-20 (СибГИУ), ГАШНИКОВА А.О., студент гр. ММЭ-22 (СибГИУ), ПАНФИЛОВ В.Д., студент гр. ГП-18 (СибГИУ)  
Научный руководитель СТЕРЛИГОВ В.В., к.т.н., доцент (СибГИУ)  
г. Новокузнецк

**СНИЖЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ  
ШАХТНОГО МЕТАНА В КУЗБАССЕ**

Мировое потребление и производство энергии является необходимым элементом развития экономики. Однако появление множества потенциальных рисков загрязнения окружающей среды, истощение топливно-энергетических ресурсов и учащение природно-техногенных катастроф вызывают обеспокоенность как у государств, так и у мирового сообщества в целом. В то же время необходимо понимать, что современное общество развивается очень интенсивно именно благодаря новым технологиям, которые изменяют нашу жизнь и оказывают влияние на экономические процессы.

Так как человечество переходит на так называемую «Индустрию 4.0» различные производственные процессы становятся автономными и приобретают всё более массовый характер; это считается экономически целесообразным и выгодным решением, причём в первую очередь с точки зрения повышения качества жизни. При этом такая система может привести к понижению стабильности, изменению определённых свойств реальности, индивидуализации общества, исчезновению уже известных профессий (таких как почтальон или бухгалтер), а также нарушению политического баланса, который в данный момент делает основную ставку на средний класс рабочих.

Так происходит уже на протяжении многих столетий, начиная ещё с первой промышленной революции, начавшейся в последней трети 18 века в Англии. Её первоочередной причиной послужил переход от аграрной экономики к промышленному производству. Именно в тот период впервые появились различные устройства на паровом двигателе и фонари газового освещения, начали формироваться текстильная промышленность и металлургия; кроме того, развивался транспорт и создавались первые электронные средства передачи информации. Вместе с этим происходила активная урбанизация городов, что создавало проблемы для ремесленников и часто приводило к банкротству мелких производителей, а также повлекло за собой резкое увеличение численности населения. Так, если за 13 веков до этого численность европейцев не превышала 180 млн человек, то с 1801 по 1914 годы она составила уже 460 млн.

Кроме того, если в 1800 году мировое потребление энергии составляло меньше 6 ТВт/ч, то через 100 лет этот показатель увеличился в два раза. Рост мирового потребления энергии в 2021 году составил 5,8%, а в 2022 году он приблизился к отметке в 2% и вернулся к средним показателям 2018-2019 года,

составив 2,8% в год. По данным мировой энергетической статистики Enerdata, показанным на рисунке 1, общий объём внутреннего потребления электроэнергии в 2022 году составил почти 25 ТВт/ч.

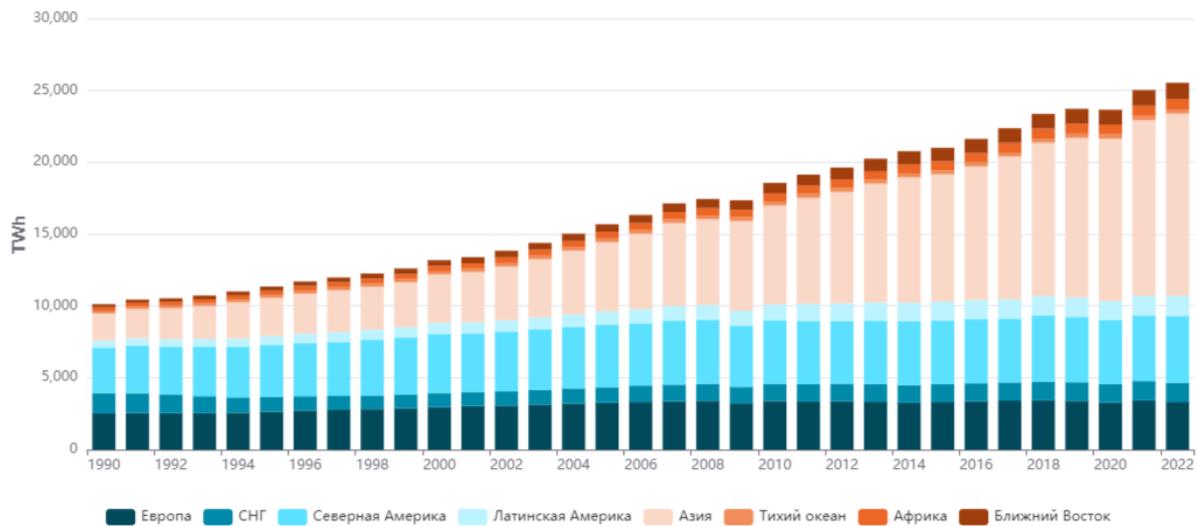


Рисунок 1. Тенденции роста потребления с 1990-2022 гг.

По данным ЕЭС, за последние 5 лет (с 2018 г. по 2023 г.) установленная мощность увеличилась на 1,79% — с 243 до 243,2 МВт. Кроме того, потребление электроэнергии в России за 5 лет тоже выросло — на 4,8% с 1 055,6 млрд кВт·ч (см. рис. 2) [1].

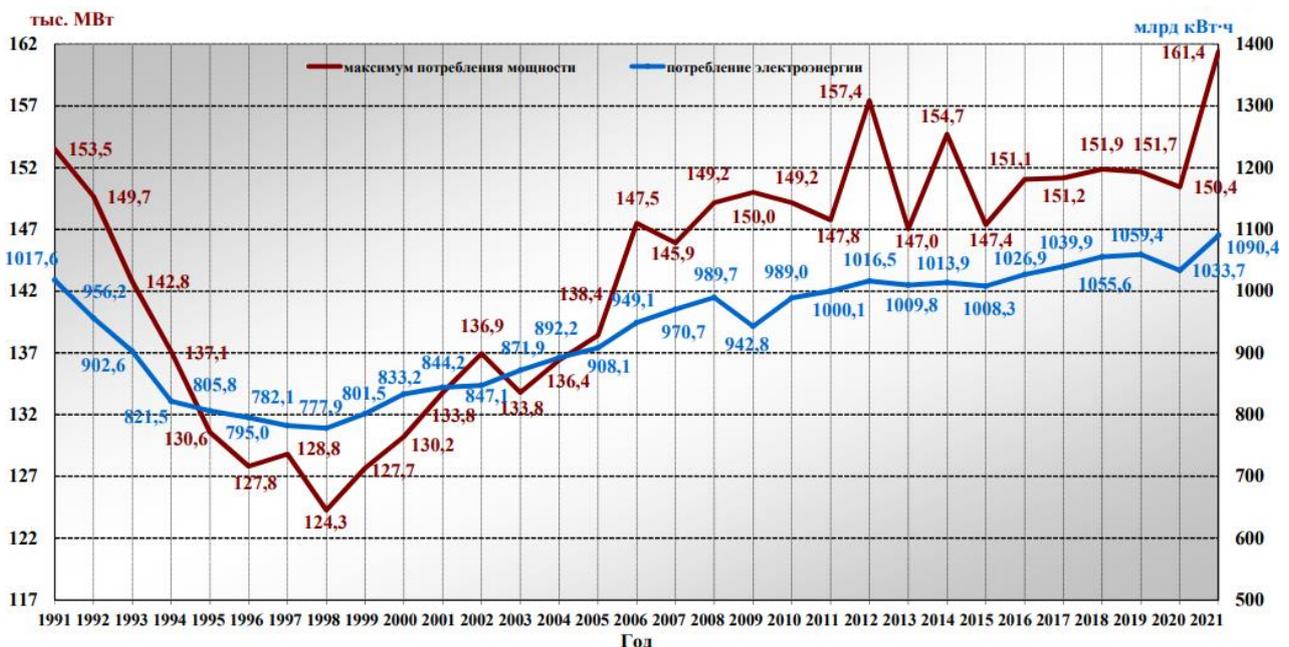


Рисунок 2. Динамика потребления электроэнергии в России

Основным показателем потребления, транспортировки и добычи энергоресурсов России является её топливно-энергетический комплекс (ТЭК). Российская Федерация обладает огромными запасами угля (причём 53% от этих

запасов составляют бурые угли), а также нефти и природного газа. В структуре ТЭК 55% от объёма энергии занимают природный газ и уголь, 20% отводится нефти и углеводородам, в том числе продуктам перегонки, как мазут; наконец, ещё 17% составляет топливо на АЭС, а остальные 8% приходятся на возобновляемые источники энергии. В таблице 1 представлены данные по добыче и экспорту нефти, угля и газа за 2022 год.

Таблица 1. Показатели добычи и экспорт энергоресурсов

Ресурс	Добыча, млн т	Экспорт, млн т
Уголь	443,6	210,9
Нефть	535, 2	242
Газ	673,8	184,4

Ситуация на российском энергетическом рынке на данный момент является неоднозначной в связи с тем, что в феврале 2023 года РФ ввели санкции на запрет покупки нефтепродуктов странам ЕС. В настоящее время Россия стремится найти новых потребителей этой продукции и развивает стратегическое партнерство с странами Латинской Америки и Африки, а также активно импортирует уголь и нефть в Китай и Индию. Тем не менее, объёмы таких закупок несопоставимы с прежними огромными показателями импорта в страны Европы. Дело в том, что Китай и Индия сами способны перерабатывать нефть и продавать на европейский рынок; они закупают нефтепродукты из России по небольшим ценам лишь для того, чтобы повысить собственное производство топлива. Однако, по словам заместителя Правительства РФ Александра Новака, российский ТЭК всё же продолжает стабильное развитие, а темпы его роста повышаются, несмотря на влияние санкций со стороны иностранных компаний [2].

Следует также отметить, что за последние несколько лет наблюдается тенденция к газификации, которая берёт своё начало ещё в 2000-х гг. Так, на 1 января 2023 года средний уровень газификации составил 73%. Однако при рассмотрении этой темы стоит учитывать, что такой показатель, как средний уровень газификации страны, не отражает реальную ситуацию в регионах. Так, в Центральном, Южном, Приволжском и Северо-Кавказском федеральных округах к 2020 году уровень газификации разнится от 82% до 86%. При этом на Дальнем Востоке средний показатель составляет 24%. В Сибирском федеральном округе и вовсе наблюдается странная неоднородность. По данным за 2020 год, средний уровень газификации в округе составляет 25% — однако при этом значительно большая её степень наблюдается в Томской, Новосибирской и Омской областях, где уровень сетевой газификации превышает отметку в 50%. При этом, к примеру, в Кемеровской области он составляет лишь 20%. Хуже всего обстоят дела в таких республиках как Тыва, Бурятия или Хакасия: их уровень газификации находится на отметке от 0% до 5%.

Одной из основных причин перехода на такой источник энергии, как газ, является международная политика по предотвращению неблагоприятного

воздействия выбросов продуктов горения на климат нашей планеты. В первую очередь это касается Парижского Соглашения, которое ратифицировано в России Постановлением Правительства РФ и подтверждено несколькими законодательными документами; данное соглашение провозглашает задачу снижения карбонового следа к 2060 году. Политика декарбонизации особо остро стоит для тех регионов, чья хозяйственная деятельность, приносящая основной доход, основана на добыче и производстве угля. Ярким примером такого региона является Кузбасс — пожалуй, главный угольный бассейн страны. В его случае отказаться от угольного топлива попросту невозможно, так как в именно добыче угля заключается изначальная суть региона. Тем не менее, существуют некоторые способы снизить влияние угледобычи на окружающую среду.

Если обратить внимание на усредненные выбросы метана при добыче угля в шахтах и при последующем обращении с этим ресурсом ( $15,1 \text{ м}^3/\text{т}$  и  $3 \text{ м}^3/\text{т}$  соответственно), а также учесть введенный в 1997 году в Киотском протоколе коэффициент воздействия парниковых газов на глобальное потепление, то можно заметить, что в прогнозе на 100 лет влияние метана в 25 раз превышает влияние углекислого газа. Как следствие, в теории можно представить значительный положительный эффект от извлечения и сжигания метана, продуктом горения которого будет диоксид углерода [3].

Кроме того, удаление метана из угольных месторождений и его последующее использование также помогают решить некоторые государственные проблемы:

- создание безопасных условий труда шахтеров, а также предотвращение взрывов метана и угольной пыли;
- повышение эффективности использования фронта горных работ на шахтах и снижение на этой основе издержек производства;
- увеличение экономической эффективности каптируемого метана, применяемого в качестве дополнительного ресурса топлива и химического сырья.

Именно в Кемеровской области в своё время произошли самые тяжелые за всю человеческую историю катастрофы на шахтах; эти бедствия в основном стали результатом взрывов метано-воздушной смеси. Всего в Кузбассе с начала XXI в. случилось 11 взрывов, ставших причиной гибели 418 шахтеров и горноспасателей. Общая статистика таких аварий по стране представлена на рисунке 3 [4]. Как правило, все взрывы происходили на высокопроизводительных участках, где устаревшие системы вентиляции и дегазации технически не соответствовали установкам мощных угледобывающих комплексов.

Дата	Шахта	Город/Область	Вид аварии	Количество жертв
24.11.1992	шахтучасток № 32 Карачаевского шахтоуправления	п. Оджонкидзевской, Карачаево-Черкессия	взрыв метана и угольной пыли	13
01.12.1992	Шахта имени Шевякова	г. Междуреченск, Кемеровская область	пожар и взрыв метана <sup>[1]</sup>	25
07.10.1993 19.11.1993	Шахта «Центральная»	г. Колейск, Челябинская область	взрыв метана <sup>[2]</sup>	28
31.03.1995	Шахта «Воркутинская»	Воркута	взрыв метана <sup>[3]</sup>	10
04.09.1995	Шахта «Первомайская»	г. Березовский, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[4]</sup>	15
18.09.1997	Шахта п. Баренцбург	п. Баренцбург, о. Шлициберген	взрыв метана <sup>[5]</sup>	23
02.12.1997	Шахта «Заряновская»	Новоузенск, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[6]</sup>	67
18.01.1998	Шахта «Центральная»	Воркута	пожар и взрыв метана и угольной пыли <sup>[7]</sup>	27
21.03.2000	Шахта «Комсомолец»	Ленинск-Кузнецк, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[8]</sup>	12
13.01.2002	Шахта «Воркутинская»	Воркута	взрыв метана	5
16.06.2003	Шахта «Зиминка»	Прокольевск, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[9]</sup>	12
23.10.2003	Шахта «Западная-Капитальная»	Новошахтинск, Ростовская область	прорыв воды из подземного озера <sup>[10]</sup>	2
29.10.2003	Шахта «Центральная»	Партизанск, Приморский край	взрыв метана	6
10.01.2004	Шахта «Сибирская»	Анжеро-Судженск, Кемеровская область	взрыв метана и последующий экологичный пожар	6
10.04.2004	Шахта «Тайжон»	Осинники, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[11]</sup>	47
28.10.2004	Шахта «Листвянская»	Белово, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[12]</sup>	13
09.02.2005	Шахта «Есаулская»	Новоузенск, Кемеровская область	пожар и взрыв метана <sup>[13]</sup>	25
08.09.2005	Шахтоуправление «Анжерсов»	Анжеро-Судженск, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[14]</sup>	5
07.09.2006	Шахта «Центральная»	Вершино-Дарасунский, Читинская область	пожар <sup>[15]</sup>	25
19.03.2007	Шахта «Юбилейная»	Новоузенск, Кемеровская область	взрыв метана и угольной пыли <sup>[16]</sup>	110
24.05.2007	Шахта «Юбилейная»	Новоузенск, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[17]</sup>	39
30.05.2008	Шахта им. Ленина	Междуреченск, Кемеровская область	обрушение пород кровли <sup>[18]</sup>	5
11.12.2008	Расувморской рудник	Кировск, Мурманская область	несанкционированный взрыв <sup>[19]</sup>	12
23.12.2009	Шахта «Естонинская»	Нижний Тагил, Свердловская область	взрыв алмаонта <sup>[20]</sup>	9
8-9.05.2010	Шахта «Распадская»	Междуреченск, Кемеровская область	взрыв метана <sup>[21]</sup>	91
20.01.2013	Шахта № 7	Киселевск, Кемеровская область	взрыв метана	8
22.02.2013	Шахта «Воркутинская»	Воркута	взрыв метана	19
25.02.2016 28.02.2016	Шахта «Северная»	Воркута	взрыв метана	36
04.08.2017	Шахта «Мир»	Мирный, Республика Саха (Якутия)	затопление	8
22.12.2018	Шахта СКРУ-3 ПАО «Уралвагонмаш»	Соликамск, Пермский край	пожар	9
8.02.2019	Разрез «Распадский»	Междуреченск, Кемеровская область	падение вагонки с борта разреза	6
25.11.2021	шахта «Листвянская»	Белово, Кемеровская область	взрыв метана	51

Рисунок 3. Аварии на шахтах России

Одним из эффективных способов обеспечения безопасности шахтёров, а также решения проблем с шахтным метаном, является заблаговременная дегазация угольных пластов. Этот метод может быть основным инструментом для уменьшения количества газа в угольных пластах шахт, которые не были перед этим разгружены от горного давления. Эффективность данного способа подтверждает мировой опыт — в частности, практика американских и австралийских компаний. Согласно этому опыту, возможно извлечь 60-80% сорбированного газа с концентрацией более 90% из неразгруженных угольных пластов в течение 5-7 лет. После этого разработка таких запасов может продолжаться на месторождении с использованием разгрузочного действия на свиту угольного пласта, который был заблаговременно дегазирован. С этой целью применяются некоторые инструменты — к примеру, скважины для заблаговременной и текущей дегазации. Модель разработки углегазовых месторождений представлена на рисунке 4.



Рисунок 4. Модель разработки углегазовых месторождений

Практика показывает, что успешность проектов по добыче метана из угольных пластов зависит от качественного подхода к увеличению скорости бурения, росту дебита скважин и снижению затрат. Для создания коммерчески рентабельного производства в течение нескольких лет необходимо иметь опытных буровых подрядчиков, собственные сервисные подразделения, а также квалифицированный персонал, способный постоянно оптимизировать методы работы.

Примером успешной реализации этой технологии на юге Кузбасса является шахта «Ерунаковская VIII», принадлежащая ПАО «Распадская угольная компания». На этой шахте впервые в России была введена в опытно-промышленную эксплуатацию инновационная технология заблаговременной дегазации угольных пластов с помощью плазменного-импульсного воздействия (ПИВ). Благодаря ей метан начинают добывать уже за несколько лет до начала горных работ. На шахте используется «пласт 48», где осуществляются мероприятия по эффективному извлечению метана с возможностью его последующей переработки. В рамках программы, разработанной правительством Кузбасса, также реализуется строительство завода по производству сжиженного природного газа в регионе [5].

Существуют проверенные методы и технологии (к примеру, котлы) для совместного сжигания угля и метана с целью использования их в производстве тепловой и электрической энергии. Однако вышеназванный процесс усложнен наличием нескольких необходимых шагов подготовки метана, включающих сушку и удаление примесей других газов, а также поддержание его непрерывного поступления в камеру сжигания [6]. Еще одним возможным способом получения тепловой энергии от метана является сжигание его по циклу Аллама с полным секвестрированием углекислого газа, что позволяет достичь КПД порядка 51%. В этом случае выбросы карбоносодержащего газа могут не поступать в атмосферу благодаря возможности его накопления.

#### Список литературы:

1. Акционерное общество «Системный оператор Единой энергетической системы»: [сайт]. – URL: <https://www.so-ups.ru/about/> (дата обращения: 10.11.2023).
2. Новак Александр РОССИЙСКИЙ ТЭК 2022: ВЫЗОВЫ, ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ // ЭП. 2023. №2 (180). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/rossiyskiy-tek-2022-vyzovy-itogi-i-perspektivy> (дата обращения: 10.11.2023).
3. Тайлаков, О.В. Фугитивные выбросы метана и технологии их сокращения при угледобыче в Кузбассе / О.В. Таклаков, Е.А.Уткаев, М.П. Макеев // Горная промышленность. – 2022. – №6. – С. 54-59

---

4. Аварии на шахтах России. [Электронный ресурс]. URL: [https://miningwiki.ru/wiki/Список:Аварии\\_на\\_шахтах\\_России](https://miningwiki.ru/wiki/Список:Аварии_на_шахтах_России) (дата обращения: 15.11.2023)

5. Каркашадзе Г.Г. Обоснование и разработка метода дегазации угольного пласта на основе циклического газодинамического воздействия // Диссертация - Москва 2017- [Электронный ресурс]. URL: <https://misis.ru/files/2766/hautiev-disser.pdf> (дата обращения 16.11.2023).

6. Стерлигов, В. В. Подготовка шахтного метана для использования в качестве металлургического топлива / В. В. Стерлигов, С. Г. Коротков, Д. А. Размахнин // Металлургия: новые технологии, управление, инновации и качество : Труды Всероссийской научно-практической конференции, Новокузнецк, 07–10 октября 2008 года / Под редакцией Е.В. Протопопова. – Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2008. – С. 417-419.